

Т В О Й К Р У Г О З О Р

А. Н. Томилин

ТАЙНЫ РОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД И ПЛАНЕТ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

ТАЙНЫ РОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД И ПЛАНЕТ

А. Н. Томилин





Т В О Й К Р У Г О З О Р

А. Н. Томилин

ТАЙНЫ РОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД И ПЛАНЕТ

Иллюстрации С. П. Тюнина

М О С К В А

« П Р О С В Е Щ Е Н И Е »

2 0 0 8

УДК 087.5:52
ББК 22.6
Т56

Серия «Твой кругозор» основана в 2007 году



Томилин А. Н.

Т56 Тайны рождения звезд и планет: [для ст. школ. возраста] / А. Н. Томилин; ил. С. П. Тюнина. — М. : Просвещение, 2008. — 176 с. : ил. — (Твой кругозор). — ISBN 978-5-09-019853-0.

Попытки объяснить происхождение и развитие небесных тел и их систем предпринимались начиная с глубокой древности, однако небо продолжает скрывать в себе множество тайн. Сначала объяснения заключались в мифах о сотворении мира. Затем за дело взялись философы. Развитие науки о небе шло параллельно с развитием общества. Одна теоретическая концепция сменяла другую, и все-таки ни одна не могла считаться истинной. А человек продолжал наблюдать за небом и задавать себе вопросы: что же там? С началом космической эры появилась возможность выдвигать более достоверные гипотезы. Эта книга рассказывает о том, как люди объясняли себе происхождение планет, звезд и галактик, а также о современных исследованиях в этом направлении.

**УДК 087.5:52
ББК 22.6**

ISBN 978-5-09-019853-0

© Издательство «Просвещение», 2008
© Издательство «Просвещение»,
оформление, дизайн серии, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| Глава первая. МИР В РУКАХ МУДРЕЦОВ И ФИЛОСОФОВ | 10 |
| Простой и понятный мир предков | 10 |
| Первые сомнения | 12 |
| О чем думали философы | 12 |
| Господь Бог, Птолемей и проблема алгоритма | 14 |
| Глава вторая. КОГДА ЕВРОПА ПРОСНУЛАСЬ | 16 |
| Да здравствуют монахи-вольнодумцы и просто вольнодумцы — не монахи | 16 |
| Рене Декарт, который называл себя Cartesius | 18 |
| Сэр Исаак, конечно, гений, но... консерватор | 20 |
| Глава третья. НАЧАЛО ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ МИРА | 22 |
| Жорж Луи Леклерк граф де Бюффон | 22 |
| Отделить «басни от физики» | 23 |
| «Когда б вы знали из какого сора...» | 25 |
| Небулярная гипотеза Иммануила Канта | 27 |
| Об одной «простенькой» математической задаче | 29 |
| Хотите разделить славу с Ньютоном? | 30 |
| О некоторых трудностях математических решений физических задач | 31 |
| Глава четвертая. КАК ОПАСНО, КОГДА ГАРМОНИЮ ПОВЕРЯЮТ АЛГЕБРОЙ | 34 |
| Великолепная пятерка | 34 |
| «Сколь ничтожно то, что мы знаем, по сравнению с безграничной областью непознанного» | 36 |
| Популярное «Изложение» без чертежей и формул | 37 |
| «Платон мне друг, но истина дороже» | 40 |

| | |
|---|-----|
| Первые «подводные камни» в фарватере небулярной гипотезы | 41 |
| На помощь приходит гипотеза Фаи | 42 |
| Дуэль Джорджа Говарда Дарвина и Александра Михайловича Ляпунова | 43 |
| Последний толчок и крах небулярной гипотезы | 47 |
| Глава пятая. ПЛАНЕТНАЯ КОСМОГОНИЯ | 49 |
| Автор просит извинения за небольшое отступление | 49 |
| Планетезимали Мультона и Чемберлина | 50 |
| «Сигара» Джинса | 52 |
| Добавление Джеффриса | 55 |
| Генри Рессел — разрушитель поневоле | 55 |
| В поисках новых путей | 58 |
| На службе космогонии — геохимия | 60 |
| Солнечная система, век XXI | 63 |
| Особенности особенностей | 66 |
| Глава шестая. СВЕЖИЕ ТЕЧЕНИЯ В КОСМОГОНИИ | 69 |
| Гипотеза Вейцзеккера | 69 |
| Гипотеза Шмидта | 70 |
| Гипотеза Гамова | 75 |
| Гипотеза Оорта | 76 |
| Гипотеза Койпера | 78 |
| Гипотеза Эпика | 79 |
| Гипотеза Альвена и Хойла | 80 |
| Гипотеза Всехсвятского | 82 |
| Время строить и время разрушать... | 84 |
| Глава седьмая. ЗВЕЗДНАЯ КОСМОГОНИЯ | 87 |
| Две концепции | 87 |
| Рядовая звезда — Солнце | 88 |
| Энтропия и «тепловая смерть Вселенной» | 90 |
| Солнце без гипотез | 93 |
| «Откуда дровишки?..» | 95 |
| Химчистка на служении астрофизики | 99 |
| Звезды в ассортименте | 102 |
| Звездные типы и классическое направление звездной космогонии | 107 |
| Астрофизическая бомба, подложенная под основу основ классической гипотезы | 112 |
| Новые мехи для нового вина | 114 |
| «Черные и белые дыры» Вселенной | 120 |

| | |
|---|-----|
| Так как же все-таки рождаются звезды? | 125 |
| Катастрофы среди звезд | 129 |
| Глава восьмая. КОСМОГОНИЯ ГАЛАКТИК | 131 |
| Туманности или галактики | 131 |
| Как должны бы рождаться нормальные галактики? | 135 |
| Теория Линдблада | 138 |
| Гипотеза Лебединского и Гуревича | 139 |
| Предложения Агеяна и Цвикки | 139 |
| Магнитные колыбели нормальных галактик | 140 |
| А как рождаются галактики «ненормальные»? | 145 |
| Теоретические споры... и бутылка виски | 148 |
| Идеи бюраканской школы Амбарцумяна | 151 |
| «Машина времени» Вселенной | 154 |
| Его величество Время по Николаю Козыреву | 158 |
| Тень «царицы мира» | 162 |
| Так как же все-таки галактики рождаются? | 164 |
| Новая техника на службе теории | 168 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ «ЗАВИСТНИКА» | 171 |

ВВЕДЕНИЕ

Знаете ли вы, дорогой мой читатель, что такое КОСМОГОНИЯ?

Как вы уже, безусловно, догадались, состоит оно из двух греческих слов. (Вы ведь, конечно, знакомы с греческим языком? Ученые страсть как любят соединять и смешивать греческие и латинские названия. Даже капли от насморка зашифровывают так, что то и дело приходится обращаться к грамматике эллинской поры.)

Во избежании ошибки, я напомним: взято греческое слово *κοσμος* (космос), означающее Мир или Вселенную, и греческое же слово *γενη* — рождение. Сложили оба, и получилось — *κοσμογονια*. И, согласно названию, она должна заниматься происхождением и развитием космических тел и их систем. Просто, правда?..

Но самое главное то, что космогония — часть Великой, самой Интересной, самой Замечательной, Фантастической и Таинственной науки Астрономии; науки о небесных телах, об их рождении и о происхождении целых систем небесных тел, об их развитии, строении и движении.

А что мы подразумеваем под небесными телами? Ну, например, Солнце и солнечная система со всеми планетами, кометами, астероидами и прочим-прочим; звезды и звездные скопления (когда-то их называли «звездными кучами»). А в космосе есть еще туманности, галактики и множеств «невидимок». (По законам физики они вроде бы должны быть, но пока их никто не видел.) А еще, еще...

Стоп, стоп! Мы увлеклись. Если Астрономия столь всеохватна, то что же остается на долю нашей космогонии? Впрочем, теперь, я думаю, это понятно из самого названия. Мы знаем с вами, что истина рождается в спорах. И я смело утверждаю, что, пожалуй, ни одна другая наука не может похвастаться столь острым интересом к своим открытиям и таким количеством дискуссий, как космогония.

Даже странно. Казалось бы, какая разница нам с вами, как получилась Земля? Кусок ли это, отвалившийся от Солнца или самостоятельное небесное тело, сформировавшееся из разного «космического мусора»?.. А сколько жарких споров происходило и происходит вокруг этого вопроса! И не только о Земле. Достаточно вспомнить яростные дискуссии по поводу каналов Марса: «Есть ли жизнь на Марсе, нет ли жизни на Марсе?» Или по поводу таинственных радиосигналов из космоса. А дискуссии о не очень понятных квазарах, пульсарах и еще менее понятных черных дырах, о загадочной «темной материи», или о предполагаемых «белых дырах», или...

Догадки и спекуляции по их поводу можно перечислять и перечислять. Кое о чем из вышеназванного вы прочтете и в этой книге, если, конечно, одолеете ее страницы. Ну, а если не одолеете и если вам (в отличие от остального Человечества) вообще все это «до лампочки» и неинтересно, тогда что поделаешь? Тогда читайте «гламур-р-р» и упивайтесь рекламой с экрана «телека».

ГЛАВА ПЕРВАЯ

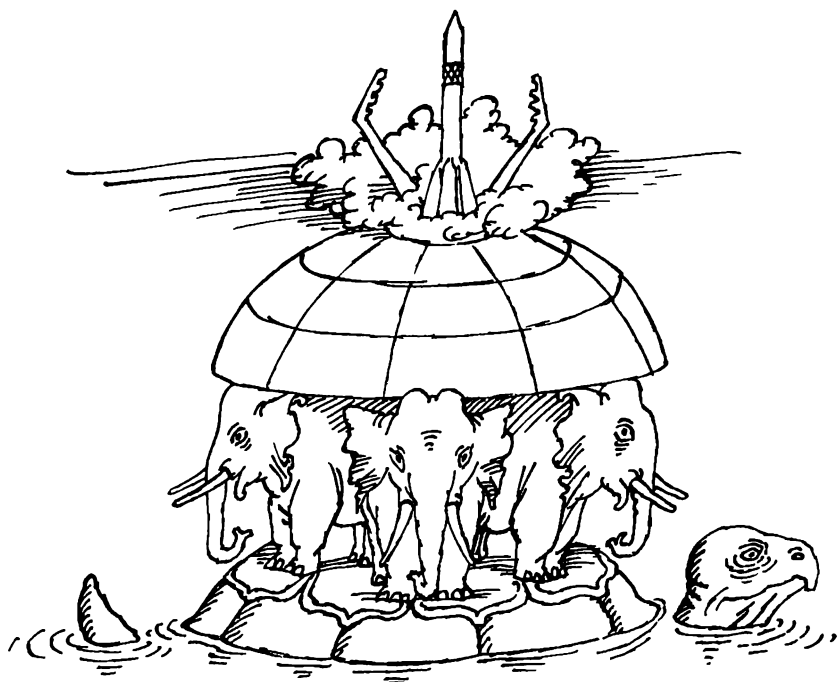
МИР В РУКАХ МУДРЕЦОВ И ФИЛОСОФОВ

Простой и понятный мир предков

Прежде всего напомним, что в древности Мир (сиречь Вселенная) состоял из Земли и Неба с Солнцем, Луной и светящимися, как жуки-светлячки, точками-звездами. В то время люди не совершали далеких путешествий, и представления о Море складывались из практики и здравого смысла повседневной жизни. Например, поселения древних египтян лежали в узком ущелье, среди горячих песков Ливийской пустыни. Кто сотворил Землю? Конечно, Бог. Человеку такая работа не под силу. А где мог поместить Бог свое творение? Это и древнему фараону ясно — только в центре мира. Там Земля прогнулась, чтобы приготовить достойное ложе великой реке Нилу.

У жителей островов Вселенная была в виде острова, плавающего в безбрежном океане. А как бы вы представили себе мир, имея перед глазами лишь ничтожную его часть?.. Помните притчу, когда трех слепых попросили описать представленного им слона? Один пощупал хобот и сказал, что слон похож на толстую змею. Другой, прикоснувшись к слоновьему боку и сказал, что слон похож на большой камень-валун, нагретый солнцем. А третьему достался хвост. Каким он представил себе слона — подумайте сами?

Хорошо, согласимся, что Земля со всеми ее горами и лесами, реками и океанами находится в центре мира, а на чем она там держится? Детский вопрос, не так ли? Все дети (кроме полных дураков) любознательны от природы. И часто они задают своим дедам такие вопросы, на которые ни один мудрец не ответит. Так, возможно, было и в данном случае? Дети спрашивали. Старики не



любят, когда не могут ответить на какой-нибудь вопрос, они начинают придумывать, рассказывают сказки.

Кроме простых «стариков-дедов» были в древности старики — «мудрецы-философы» (сейчас они как-то повывелись) А профессия мудрецов-философов — думать. Вот они и ломали себе головы, как придумать механизм, позволяющий понять законы природы без божественной помощи. Вы спросите: «Зачем? Кому небожители помешали?» Все дело в заключалось в противоречиях между богами и законами..

Что такое древние боги — понятно! А что такое закон? Это — непреложное правило. То есть: вот так и никак иначе. Хоть для нас с вами, хоть для начальников. (Во всяком случае, так по идее должно бы быть.) И так все и происходит в природе: Солнце встает и заходит по расписанию, Луна тоже не нарушает своего графика. Звезды, галактики, туманности — все на своих местах. Все по закону. Но если боги всемогущи и своенравны, то о каких законах может идти речь? Как и что захотели, то так и сделали? Чувствуете противоречие? Особенно в области крупных и постоянных небесных явлений. Ну, а поскольку были все-таки и какие-то случайные, «беззаконные» случаи, вроде падения метеоритов или затмений, то и богов обижать не стоило. Но законы природы найти все же хотелось. И потому «старики — мудрецы-философы» любили думать.

Первые сомнения

Пока боги строили и благоустраивали Мир, дел им хватало. Но когда все было устроено согласно мифам, боги принялись заниматься мелкими для небожителей людскими делами. Они стали вмешиваться в людские распри и ссориться между собой, потом мириться, воевать и пировать, празднуя победы. В конце концов компания, например, греческих и римских богов стала носить довольно безалаберный характер.

И у мудрецов возникли сомнения: могут ли боги управлять миром? Ведь Солнце и Луна, как и прочие небесные тела вели себя точно и аккуратно, независимо от делишек, которыми занимался бог Гелиос. И Луна — хранительница ночи — преисправно вела календарь, вовсе не заботясь о чувствах богини Селены, вздыхающей, согласно мифам, по красавцу Эндимиону.

Получалось непреодолимое противоречие. С одной стороны, довольно бестолковая компания небожителей, занятых своими сварами, с другой — стройная и четкая система мироздания с извечными нерушимыми законами движения светил. Немудрено, что кое у кого из философов укреплялось сомнение: «А могла ли вообще эта “небесная публика” создать и управлять таким стройным и целесообразным миром, как Вселенная?»

Тут-то мы с вами и оказываемся на пороге космогонии и, более того, — космологии (но о том в следующей книжке). Конечно, еще впереди у сомневающихся безбожников отступления, виражи и зигзаги мысли. Еще поднимутся к ясному небу языки костров инквизиции? Но семя сомнения всегда дает такие всходы, что никакие святые гербициды не помогут. Вслед за временем мифов неизбежно приходит пора их отрицания.

О чем думали философы

Не нужно считать древних мудрецов глупее нас с вами только потому, что жили они тысячи лет назад, не носили штанов и, не зная автомобиля и Интернета, предпочитали ходить пешком, и, завернувшись в тоги писали на восковых табличках. Они прекрасно понимали все преимущества гипотезы о божественном происхождении мира. Боги всемогущи и непознаваемы. И потому их божественную волю, как точку, можно всегда поставить на любое сомнение. За богами стоит непоколебимая вера в абсолют.

Таким образом, любые мифы удобны прежде всего для объяснения непонятного. «Это-де по воле бога», — и весь сказ. Очень удобно, особенно для тех, кто не может или не хочет думать сам, кто нуждается в простых и готовых истинах, кто готов верить, а



не мучиться сомнениями. Для истинного же понимания любого явления нужны знания, нужна наука.

В той же Греции, в ее малоазиатской части, а еще точнее — в городе Милете жил философ Фалес, который своим ученикам старался объяснить Мир без помощи богов. У его учеников, были свои ученики, у тех — свои. Возникла натурфилософия — интерес к законам природы, без помощи потусторонних сил. Опиралась она на наблюдения и на их толкования.

От древних халдеев, бывших прекрасными наблюдателями, древние греки получили множество сведений о поведении небесных тел. Однако даже составляя таблицы их движений, жрецы-халдеи, по-видимому, не испытывали потребностей проникнуть в «механизм» самого движения и его объяснить. Жреческая наука у восточных народов была консервативной и занималась в основном констатацией фактов. Иначе обстояли дела у греков.

С самого начала греческие философы стремились понять и объяснить наблюдаемые явления. Почему, например, вообще Солнце восходит и заходит, почему бывают затмения и фазы Луны? По каким причинам столь своенравно петляют между «неподвижными» звездами блуждающие планеты и в чем причина точного, как часы-клепсидры, упорядоченного вращения всего звездного неба?.. И, наконец, вопрос вопросов: как устроен Мир?

Я не стану вас утомлять перечислением множества остроумных древнегреческих гипотез на этот счет. Их можно найти в разных (на мой взгляд — интереснейших) книгах по истории астрономии. Ограничимся, скажем, александрийским периодом развития греческой науки (это примерно II век нашей эры) и подведем некоторый итог космогоническим знаниям той поры. Перейдем сразу к устройству мира по представлению великого Клавдия Птолемея.

Господь Бог, Птолемей и проблема алгоритма

Астроном, математик и астролог Клавдий Птолемей собрал воедино работы своих предшественников, изучил их и, опираясь на физику несравненного философа Аристотеля, изложил геоцентрическую систему мира с неподвижной Землей в центре. Птолемей отказался от хрустальных концентрических сфер, по которым двигались небесные тела, по мнению предшественников, и построил свою модель, используя комбинацию эксцентров (окружностей со смещенными центрами) с наложенными на них эпициклами. Сейчас я объясню, что это такое. Эпицикл — это вспомогательная окружность, по которой движется планета в геоцентрической системе мира. Тоже не очень вразумительно? Легче всего это понять, если посмотреть на рисунок системы Птолемея.

Астрономы давно заметили, что Солнце и Луна вовсе не равномерно, как считали раньше, совершают свой путь. Но этого не могли допустить даже крайние вольнодумцы. Только равномерное движение по окружности считалось «божественно совершенным». А Мир и Вселенная не могли быть несовершенны. Опять, уже который раз, факты пришли в противоречие с мнением, и люди отдали предпочтение предрассудку. «Факты не соответствуют теории? Что ж, тем хуже для фактов» — сколько раз этот девиз догмы звучал в науке.

Задачей Птолемея было создать модель мира, наиболее близко иллюстрирующую наблюдаемое движение небесных тел по небосводу и при этом не нарушить три важнейших принципа. А они по-прежнему гласили:

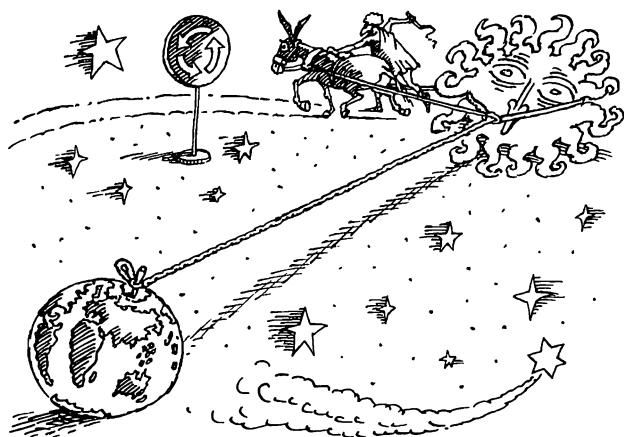
1. Земля неподвижна и покоится в центре Вселенной.
2. Движения небесных тел могут происходить только равномерно и только по идеальным окружностям.

В этом принципе все же было сделано некоторое послабление. Оно гласило: если же наблюдаемое движение таковым не является, это значит лишь то, что центр идеальной окружности равномерного движения смещен относительно наблюдателя.

Последний принцип — третий — заключался в утверждении:

3. Сфера неподвижных звезд совершает один оборот в сутки, сообщая свое движение остальным небесным телам.

Чтобы сохранить нерушимыми признанные всеми постулаты, Птолемей составил сложную схему, из множества вспомогательных окружностей-эпициклов, по которым движутся планеты. И, хотя многие его допущения были явно искусственны и противоречили законам природы, непревзойденный математический алгоритм позволял предвычислять наблюдаемые положения светил на ночном небе. Птолемей был великолепным математиком и использовал для расчетов по своей схеме достижения всех математиков ан-



тичной эпохи. Чего еще оставалось желать астрономам? Для своего времени это была прекрасная схема.

Победившую к началу нашей эры христианскую идеологию, а позже и ислам, модель Птолемея тоже, в общем, устраивала. И, после греческих вольнодумств, двойная догма о геоцентризме (неподвижности Земли в центре мира), тесно связанная с антропоцентризмом, вошла в каноны основных мировых религий.

Напомню, «антропоцентризм» — это составной термин, означающий, что человек есть высшая и конечная цель мироздания (по-гречески *anthropos* — «человек», *centrum* по-латински — «центр»).

Религиозное учение об антропоцентризме отрицает возможность существования других обитаемых планет, утверждает сверхъестественное целевое создание (Бог задумал и создал Землю и Мир) и конечную судьбу человечества и Вселенной — «Конец Мира». Не вступая в религиозные споры, согласимся, что каждое начало имеет и свой конец, но что все дело здесь во времени.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КОГДА ЕВРОПА ПРОСНУЛАСЬ

Да здравствуют монахи-вольнодумцы и просто вольнодумцы — не монахи

Труд Птолемея стал венцом достижений античной астрономии. Последующие века были периодом падения науки и возврата к мифам. Так часто бывает в результате революций, социальных катаклизмов и захватов власти малограмотными политиками и олигархами.

Вы спросите: «А как же народ?...» Увы, народ, как правило, с радостью отказывается от трудных и малопонятных достижений науки и кидается в такие простые и ласковые объятия мифов и суеверий.

Все было забыто! Космогонические представления европейцев Средних веков поражают своей наивностью и даже какой-то преднамеренной глупостью. Словно и не было никаких античных философов. Даже Птолемей на фоне новых идей казался слишком революционным.

Примерно с VIII века поднялись и стали набирать силу страны ислама. В них начала бурно развиваться наблюдательная астрономия. И хотя никаких оригинальных моделей строения Вселенной в них не возникло, арабы сохранили геометрические построения Птолемея. Спасибо им за это, ибо трудно сказать, что осталось бы от завоеваний человеческого ума, не сохрани арабские ученые, математики и астрономы достижений греков.

Но сколько бы ни длилась ночь, рассвет все равно наступит. Это непреложный закон природы. Постепенно и в Европе, все еще охваченной мглой невежества, начинали наливаться соком сомнения ядовитые плоды догмы. Сначала толкуя, а затем и критикуя их, европейские философы заново учились самостоятельно мыслить.

К эпохе Возрождения из пыли забвения извлекли на свет случайно сохранившиеся от костров инквизиции сочинения древних авторов. С каким восхищением они читались!...

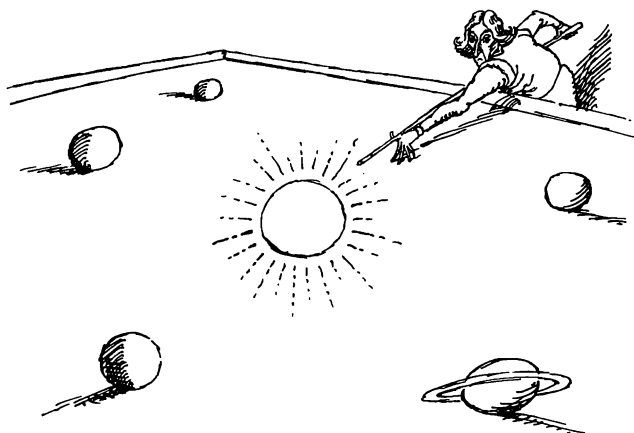
И вот в 1543 году в типографии города Нюрнберга из-под прессы был вынут последний лист тысячного экземпляра книги с длинным латинским названием, которое в переводе означало: «Шесть книг об обращениях небесных сфер Николая Коперника из Торуни».

Польский мыслитель и католический монах Николай Коперник предлагал в ней новую систему мира. Она состояла из тех же концентрических планетных сфер, что были и у древних греков. Но в центре находилась не Земля, а... Солнце. Так ли это было ново? То же утверждали Пифагор и Аристарх Самосский... А ведь у отца Николая даже обожествленные круговые движения и сфера неподвижных звезд остались в его системе неизменными. Отчего же так всполошились отцы церкви?

Причина была в том, что «Коперник столкнул Землю со своего места» и она стала одной из планет. Вот что переположило святых отцов: «А как же Бог?.. Как же Священное Писание, как же непререкаемые догматы Книги Книг — Библии?..»

Успокаивало только то, что в год выхода «богопротивной» книги ее автор, едва коснувшись первых напечатанных листов, скончался. И еще — результаты предвычислений по его новой модели были отнюдь не лучше, чем расчеты по добрым старым правилам Птолемея. Скорее всего, отец Николай был скверным математиком.

Главная идея польского астронома заключалась в том, что видимые движения небесных тел не истинны, а лишь кажутся таковыми наблюдателям с поверхности Земли. Кажутся, ибо сам он (наблюдатель) уносится вращающимся и летящим вокруг Солнца



земным шаром. Коперник писал, что он не раз обращался в поисках лучшего объяснения планетным движениям к различным авторам, пока не нашел у древних философов мнения о движении самой Земли. Его-то он и принял к руководству, разрабатывая математически и астрономически новую систему.

Судя по тексту сочинения, задача, которую Коперник ставил перед собой, была проста — создать новый алгоритм, не более. Отец Николай вовсе не был атеистом и вольнодумцем. Возможно, что вначале немногие даже из наиболее просвещенной публики понимали, какой громадной силы философский и гносеологический заряд был заложен в невинном алгоритме.

Современники Николая Коперника со многими выводами из утверждения о движении Земли не могли согласиться. Действительно, каким образом такому огромному, массивному телу, как Земля, удавалось бы лететь, не вызывая ураганного ветра на поверхности?..

Книга польского астронома была написана очень трудным языком. И потому, несмотря на революционность ее содержания, даже самые ортодоксальные современники восприняли его сравнительно спокойно. Прочли немногие люди. Поняли из прочитавших — еще меньше. Понадобилось немало времени и драматических событий, прежде чем человечество отвело трактату Коперника надлежащее место в истории. Вспомним еще раз о «семени сомнения».

Блестящим популяризатором и пропагандистом нового учения стал итальянский монах Джордано Бруно, провозгласивший множественность обитаемых миров. А когда Иоганн Кеплер доказал, что орбиты планет вовсе не идеальные окружности, а эллипсы, и открыл два основополагающих закона, теория Коперника получила мощное подкрепление.

Примерно в то же время Галилей, направив зрительную трубу на небо, увидел спутники Юпитера, повторяющие в миниатюре схему гелиоцентрической системы. Более того, Галилей сумел описать процесс движения математически и подкрепил результаты расчетов наглядными опытами. Фактически, оттолкнувшись от идей Коперника, итальянский ученый создал первый образец новой науки, которую мы сегодня называем физикой.

Рене Декарт, который называл себя *Cartesius*

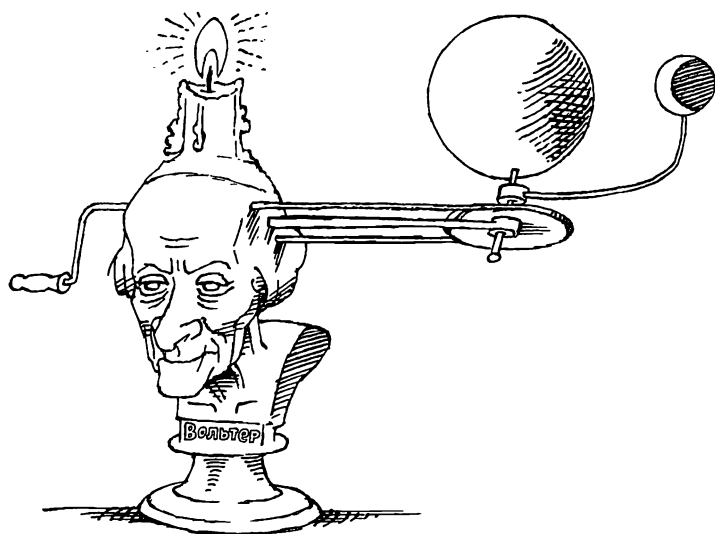
«Дайте мне точку опоры, и я переверну мир!» Кто это хвастался? Вы, конечно, помните — старина Архимед. Мир он не перевернул, но мысль была правильной. Во всяком революционном перевороте нужна надежная основа, на которую можно с уверенностью опереться.

Философам после критики библейской легенды о сотворении понадобилось заменить Бога не менее надежной творческой силой. И в парижских кругах появился молодой Рене Декарт. (На латинский лад он называл себя «Картезиусом». Это было модно, как сегодня модно Ивану называться «Джоном», а Игорю — «Гарри».)

Картина мира, построенная французским философом, выросла тоже на фундаменте учения Коперника. Был в ней и Бог, но уже не такой всемогущий. Картезий был осторожным человеком: «Конечно, — говорил он, — Бог создал материю, Бог дал ей «первый толчок». Но дальше солнечная система развивалась естественным путем, обусловленным свойствами самой материи и движением ее разнородных частиц». Примерно так. Автор не силен во французском.

Теория Коперника гласила, что все планеты, все небесные тела обращаются вокруг Солнца? Прекрасно! Декарт выдвигает гипотезу о том, что вихревое движение вообще является главной формой движения космической материи. И под его пером возникает красивая и убедительная картина самообразования мира. «Позвольте, — спрашивали оппоненты, — а как же Бог?» Философ вежливо пожимал плечами. Возможно, отвечал: «Создав материю и толкнув ее, Бог свое дело сделал».

А дальше, как писал Шиллер в трагедии «Заговор Фиеско в Генуе», — «мавр сделал свое дело, мавр может уйти». В вихревом кругообразном движении частицы сами, соприкасаясь друг с дру-



гом, слипались и образовывали сгустки, которые со временем превращались в звезды и планеты?

Картина Декарта получалась очень наглядной. Жаль только, что никакие количественные соотношения не были в ней выведены. Индуктивному методу исследования природы английского ученого Френсиса Бэкона — от отдельных фактов к общему выводу — Картезиус противопоставил дедуктивный метод: от общего к частному. Он считал, что только из общей предпосылки путем строгих логических заключений человечество получает истинное знание. Конечно, не имея надежной математической основы, его философия была довольно противоречивой. Но она делала шаг вперед по сравнению с умозрениями предшественников.

Сэр Исаак, конечно, гений, но... консерватор

Вслед за Декартом идет, как известно, Ньютон, хотя его космогонические воззрения особой оригинальностью не отличались. В гениальном трактате «Математические начала натуральной философии» Ньютон показал огромное теоретическое и прикладное значение выведенных им законов. Его труд, как и работа Коперника, был написан, сложным языком. Но в нем сэр Исаак дал решение ряда важнейших практических задач механики и астрономии. Его «Начала» явились глубоким обобщением всей современной Ньютону физики.

Сегодня мы настолько привыкли к классической формулировке, гласящей, что «любые две материальные частицы притягивают друг друга с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними», что это кажется таким же естественным, как то, что Земля — шар и что этот шар вращается вокруг своей оси и облетает Солнце.

Но с ньютоновской картиной мира дела обстояли значительно сложнее, чем со Вселенной Декарта. Посудите сами: в трудах французского философа пространство было заполненным тонкой материей, в которой бушевали вихри. Вихри передавали усилие от одной частицы к другой, от другой к третьей, и это было так же понятно, как толчок в бок. В работах Ньютона пространство оказывалось пустым и силы тяготения действовали на расстоянии. Это вызывало недоумение. Ведь даже Господу Богу, чтобы поразить человека, надо было послать в него молнию.

В теории Ньютона людям XVII столетия не хватало материального носителя силы. Кроме того, Вселенная сэра Исаака была вечной и неизменной. А у Декарта она развивалась с помощью внутренних сил природы. И этот взгляд был куда более прогрес-

сивным, чем английский консерватизм. Наконец, изящный язык, которым были написаны работы французского философа, ни в какое сравнение не шел с тяжеловесной латынью его английского коллеги.

Все это приводило к тому, что, склоняя головы перед математической точностью «Начал», философы предпочитали более расплывчатую французскую концепцию. Все с благоговением соглашались, что Ньютон научил людей вычислять движения небесных тел. Но Рене Декарт давал возможность размышлять. «Принципы» Ньютона нуждались в популяризации.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

НАЧАЛО ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ МИРА

Жорж Луи Леклерк граф де Бюффон

По прошествии менее чем десяти лет после кончины английского физика его взгляды «переплыли Ла-Манш». Вышла в свет работа «Элементы философии Ньютона», написанная на хорошо известном европейскому читателю французском языке. Автором книги был философ Вольтер. Его сочинение сыграло огромную роль в популяризации новых идей. И примерно с середины XVIII столетия ньютоновские принципы и ньютоновская механика стали безраздельно господствовать в европейской науке. Они явились той «точкой опоры», на которую можно было опереться, чтобы «перевернуть мир».

Благодаря широкому распространению взглядов Ньютона человечество созрело для новой гипотезы. Теперь должен был найтись ее творец.

Первая гипотеза, описывающая сотворение Земли и планет на основании законов Ньютона, была детищем француза, что отнюдь не случайно. Именно во Франции, бурлящей ненавистью к королю и дворянам, в обстановке приближающейся революции закономерно возник интерес к космогонии, отвергающей вмешательство высших сил. И вот перед нами первый создатель космогонической гипотезы Жорж Луи Леклерк граф де Бюффон...

Он выходит из дверей собственного дома. Высокий рост, атлетическое телосложение — куда ни кинь, видный и представительный мужчина. Небольшой белый парик под треугольной шляпой, камзол-жюстокар с широкими манжетами. На плечах темный плащ, прикрывающий достаточно длинную шпагу. Парижские

улицы небезопасны. Шелковые чулки и туфли на красных каблуках, какие носят щеголи, дополняют его костюм. Бюффону 33 года. Он не женат. Ни одной из его многочисленных подруг пока не удалось заковать сердце атлета цепями Гименея. Его больше привлекает «Теория ракет и способы их усовершенствования», которыми он как раз сейчас занимается, и почти оконченный перевод «Метода флюксий» несравненного Исаака Ньютона.

Полные губы его шевелятся. Остановившись на пороге дома, он говорит слуге, что отправляется в медицинскую академию на бульвар Сен-Жермен и вернется под утро...

Гм, это на ночь-то глядя? Слуга ухмыляется...

Отделить «басни от физики»

Бюффон шагает по мостовой той улицы, которая в будущем станет носить его имя. Красные каблуки уверенно ступают на землю, пером своей шляпы он задевает звезды. Его мысли заняты движениями планет. Он словно перелистывает снова и снова «Начала» Ньютона, размышляя о «силе импульса», то есть того толчка, который заставил планеты двигаться вокруг Солнца. У англичанина, как и у француза Декарта эта сила — Бог.

Но давайте попробуем записать часть его размышлений: «...Сила импульса была, конечно, сообщена светилам рукою Бога, когда Он пускал в ход Вселенную... — В этих мыслях пока нет ничего нового. Так писал Декарт, так писал и говорил Ньютон... Но вот кое-что новенькое в рассуждениях нашего героя. Он пишет: «...но поскольку физике следует по мере возможности воздерживаться от обращения к причинам, находящимся вне природы, мне кажется, что и силу импульса в Солнечной системе можно объяснить достаточно правдоподобно, не прибегая к помощи Всевышнего».

Здорово, правда? Немного старомодно по форме, но как свежо по содержанию. Не забывайте, что это всего лишь середина XVIII века.

В его размышлениях заметно еще очень осторожное, но недвусмысленное стремление отделить теологию от механики или «басни от физики», как говаривал временами он сам. Позже он так и напишет об этом в своем сочинении. А пока...

Он неторопливо шествует по улицам старого латинского квартала — квартала ученых и студентов. Бюффон с усмешкой думает о том, что каждый мэтр в окружении учеников — это такая же система, как Солнце со своими планетами, связанные сложными законами взаимного тяготения...

Жорж Луи шагает мимо церкви, покровительницы города — святой Женевиевы. Через несколько лет на ее месте повелением

короля Людовика XV будет заложено колоссальное здание Пантеона, где упокоится прах многих выдающихся людей французской науки. Что делать, люди смертны.

Когда-то считалось, что кометы предвещали смерть тиранам. Хроники полны описаниями их появления в роковой для правителя год. Ну а если кометы не появлялись, а король все-таки умирал? Тогда небесное тело изобреталось журналистом-хроникером. Тираны все-таки смешные люди! Они часто до кончины уверены, что чем-то отличаются от прочих смертных. Бюффон улыбается своим мыслям. Он вспоминает страницы придворной хроники, написанные всего пятьдесят лет назад. «В 1680 году небо Земли посетила комета, какой еще не видели в новейшие времена... В городе царит большой страх: робкие люди видят в этом светиле предзнаменование нового потопа, потому что, как они утверждают, наводнение всегда предвещается огнем...»

Комета 1680 года! Она прошла, по расчетам англичанина Галлея, друга Ньютона, так близко от Солнца, что едва не задела великое светило. И хорошо, что не задела. Согласно общему мнению кометы — это массивные тела, блуждающие в космосе. Опасные встречи с ними уже не раз предсказывались и Солнцу, и Земле. Почтенные мэтры Сорбонны (просьба не путать с мерами длины) собирались, чтобы обсудить опасность, которую несло блуждающее небесное тело. Той самой знаменитой Сорбонны, мимо которой сейчас шел Бюффон и где несколько лет спустя будет осужден его трактат как еретический и противоречащий Священному Писанию. Но все это еще впереди.



Пока Жорж-Луи спокойно пересекает бульвар Сен-Мишель — «Бульмиш», как по сей день называют его веселые парижские студенты. Путь его лежит мимо старой церкви святого Сюльпиция к рынку Сен-Жермен...

«Когда б вы знали из какого сора...»

Мы все еще в Париже. Уже поздний вечер, но возле устричных лотков воткнуты факелы, и торговцы ловко вскрывают раковины кривыми ножами. Привезли свежий товар. Тянет дымом жаровен.

«Каштаны, каштаны, сладкие жареные каштаны», — кричат торговки. А вон возле длинного прилавка — тележка с дынями на высоких колесах. Шлеп, шлеп — золотисто-желтые плоды перелетают из ладоней в ладони. Огородники разгружают товар. Ночь коротка. Скоро наступит новый день, и «чрево Парижа» потребует пищи. Много пищи: фруктов, овощей, мяса и хлеба. Боже милосливый, как много надо людям!.. Один из огородников стоит на повозке и кидает дыни. Другой ловит их и укладывает в пирамиду. Гора растет. Что этим людям до комет? Они вряд ли даже слышали о грозных предзнаменованиях.

Бюффон вспоминает диспут, на который он был приглашен во время своего пребывания в Лондоне. Один из спорящих — астроном — пугал своего противника последствиями встречи кометы с Землей. «Грозное небесное тело наскочит на Землю сзади, замедлит движение планеты и изменит ее путь. Земля подойдет близко к Солнцу и загорится... Пройдет много лет, прежде чем, возродившаяся огнем, сделается она вновь обитаемой по воле Божьей. И наступит тогда на ней царство святых. Через тысячу лет это царство окончится, и Земля столкнется еще с одной кометой. Орбита Земли растянется, и, обратившись сама в холодную комету, Земля вновь станет безжизненной».

Какой великолепный салат из астрономии, мистики и теологии! Впрочем, астроном и геодезист Пьер Луи Мопертюи — с Бюффоном они приятели — тоже считает, что, ежели Земля встретила бы с кометой, удар переместил бы полюса на экватор. А уж его, физика, не заподозришь в склонности к мистицизму. Но вернемся к мысли о встрече кометы с Солнцем.

Р-раз! Один из огородников промахнулся и не поймал брошенной дыни. Круглый плод звучно врезался в дыню, уложенную на верхушке пирамиды, и расколол ее. Брызги спелого сока и семечки заставили Бюффона отскочить в сторону. Торговцы захохотали.

Небольшой инцидент перебил мысли. Бюффон миновал рынок и зашагал по бульвару Сен-Жермен. Так о чем же он думал? О Солнце и о встрече светила с кометой?.. Проклятая дыня! Хо-

тя — а почему бы и комете не исторгнуть из великого светила часть его вещества? И почему бы из этого вещества не образоваться планетам?.. Прекрасная идея! Эпизод с дыней придал ей наглядность и убедительность.

Буйное воображение Бюффона снабжает картину подробностями. Пройдет время, и он напишет, как подлетела к Солнцу огромная комета, как она на бреющем полете едва каснулась раскаленной поверхности светила и сшибла с него часть вещества. При этом гигантский язык солнечной материи должен был вытянуться в сторону. Постепенно, под действием сил притяжения в соответствии с законом сэра Исаака Ньютона, в струе материи образуются сгущения и разрежения. Струя разделилась на части. И из каждой частит образовалась планета. Вращение придало ей форму шара. Остывая, планеты покрылись корочкой.

Такое же рождение претерпевает и Земля. Внутри у нее образуется ядро. Конденсируются пары, получается атмосфера. Из туч выпадают сильные ливни. Всю поверхность новорожденной Земли покрывает горячий, клокочущий океан. Волны его размывают, разламывают хрупкую корку, перемалывают ее в песок...

Как хорошо все у него получается — очень эмоциональное «действие»! Объясняется даже одинаковое направление движения всех планет и почти равный наклон их орбит.

Когда это могло случиться? Согласно библейской хронологии, Божий Мир был сотворен за 5508 лет до рождения Христа. С таким сроком Бюффон согласиться не может. Процесс формирования планеты должен занимать, по крайней мере... десятки тысячелетий!

Ах, Жорж Луи Леклер граф де Бюффон! На что вы, мсье, поднимаете руку? Осиное гнездо католической церкви загудит, зажужжит — «вот мы его!!!».

Кто знает, не преследования ли служителей Божьих привлекли к его гипотезе внимание и симпатии читателей? За короткое время она приобрела широчайшую известность. Правда, у астрономов возникло немало сомнений. Виновницей оказалась та же комета Галлея. В 1759 году она снова появилась на небосклоне. Но ее движение, по расчетам астрономов, несколько изменилось под действием притяжения Сатурна и Юпитера. Сами же планеты остались на своих орбитах. А раз так, значит, масса кометы не могла идти ни в какое сравнение с массой планет, не то что с солнечной. Значит, кометы нельзя считать массивными небесными телами, способными при столкновении исторгнуть часть солнечной материи?

Пожалуй, философам стоит поискать какой-нибудь другой путь образования планетной системы?..

Небулярная гипотеза Иммануила Канта

В предисловии к самому первому изданию своих «Начал» Ньютон писал, что он видит цель физики в том, чтобы «по явлениям движения распознавать силы природы, а затем по этим силам изъяснять остальные явления». Прекрасная программа действий! Может быть, изучив движения небесных тел, удастся в конце концов прийти и к расшифровке главного вопроса о происхождении Земли, Солнечной системы и, наконец, мира?

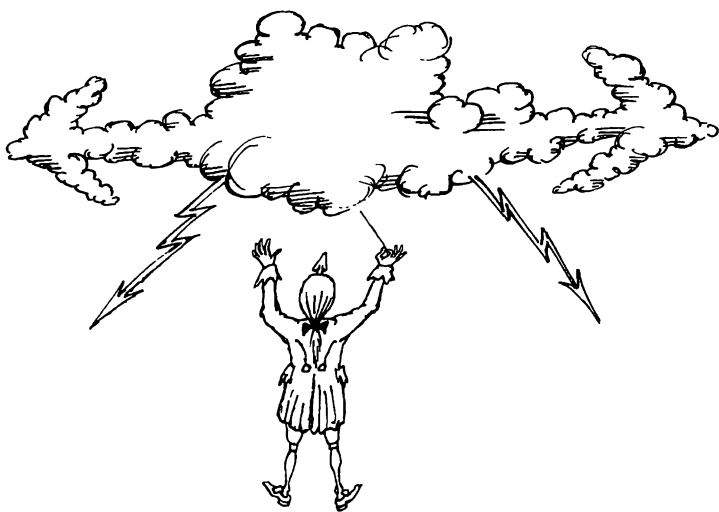
В 1755 году в Кенигсберге появилась безымянная работа «Общая естественная история и теория неба», снабженная подзаголовком: «Опыт об устройстве и механическом происхождении всего мироздания на основании ньютоновских законов».

Это был определенный прогресс по сравнению с гипотезой Бюффона, который использовал только идею притяжения. Кроме того, в гипотезе француза причина, обусловившая возникновение Солнечной системы, диктовалась случайностью — катастрофой в результате столкновения двух небесных тел. Не случись ее, Земли и планет могло бы и не существовать.

В анонимной кенигсбергской работе случайности исключались. Подобно древнегреческим философам, автор считал, что мир родился из хаоса — огромного облака беспорядочно двигающихся в разных направлениях частиц. Сталкиваясь друг с другом, притягиваясь, они изменяли направления своих движений, объединялись. Под действием сил притяжения самые тяжелые из них устремлялись к центру, создавая ядро облака — будущее Солнце. Из других сгустков формировались планеты.

Анонимным автором этой материалистической гипотезы был молодой философ Иммануил Кант. Пораженный до глубины души четкостью и математической строгостью законов Ньютона, Кант хотел применить их к тому, чего не сделал сам Ньютон, — объяснить механизм творения. «Если закон всемирного тяготения позволяет объяснить состояние планетной системы сегодня, он должен объяснить и ее происхождение», — говорил он себе.

Темными осенними ночами молодой философ подолгу смотрел на небо. И в туманной полосе Млечного Пути виделись ему другие солнца и другие планетные системы. Он был убежден, что небесные тела, входящие в единую систему, должны быть объединены и общим происхождением. Земля, Луна, Марс, Юпитер — все они образовались одновременно с Солнцем. Иначе, как объяснить, что, разделенные пустыми просторами космоса, не связанные друг с другом ничем, кроме сил взаимного притяжения, они от века обращаются в ту же сторону, в которую кружится вокруг своей оси и само Солнце?



Но если первозданное облако состояло из частиц, хаотически двигавшихся в разные стороны, то как заставить их начать кружиться в одном направлении? Из законов Ньютона, известных Канту, такого упорядочивания движений не получалось. И тогда на помощь математике пришла философия. Он вводит, в дополнение к ньютоновым силам притяжения, силы взаимного отталкивания. Именно они должны помочь сначала частицам, а потом и образовавшимся телам приобрести «свободное круговое движение».

Вы, пожалуй, спросите: откуда он выкопал эти «силы отталкивания»? Световое давление во времена Канта открыто еще не было, силы электрического отталкивания приспособить для космогонических целей тоже еще никому в голову не приходило. Какова же природа этого отталкивания?

Скорее всего, мысль о них возникла у Канта из древней как мир философской идеи диалектики о взаимодействии противоположностей, как о всеобщем законе движения мира. Ведь и занимаясь естествознанием, Кант ни на мгновение не переставал быть философом.

Правда, биографы пишут, что некоторое время, еще будучи студентом в университете, он питал склонность к точным наукам. Но тут же оговариваются, что в значительной степени это была просто реакция «на избыток религиозного образования в школе». В двадцать два года он даже написал реферат «Мысли об истинном измерении живых сил», в котором подробно разобрал спор Декарта с Лейбницем. Работа студента философского факультета была написана живо и носила явные признаки самостоятельности мышления, но... не более.

И вот, после окончания университета и девяти лет гувернерства в частных домах (жалкой роли, занимающей промежуточное положение между лакеем и бедным родственником-приживалой), он пишет ряд блестящих статей о космогонических проблемах. Он лишает Бога права даже на «первый толчок» и вводит принцип развития космоса. Того самого космоса, который, согласно общему мнению, был единожды сотворен и неизменен от века.

Для XVIII века это был очень смелый вывод. Фактически, впервые было поколеблено мнение о том, что природа неизменна и не имеет никакой истории во времени...

Но современники знали Иммануила Канта лишь как философа — автора критического метода и создателя новой критической философии. Его натурфилософские сочинения никто и не вспоминал, как, впрочем, и он сам.

Со временем критики вернулись к ним, разобрали с физико-математических позиций и доказали, что никакие внутренние силы не могут привести во вращение всю туманность. Это было бы так же невозможно, как, схватив себя за волосы, перенести через реку...

В чем же тогда ценность этой не замеченной в свое время гипотезы и почему мы столько лет спустя не забыли о ней, как забыли о многих иных, стоящих куда ближе к истине сегодняшнего дня?

Можно говорить о том, что гипотеза Канта — первая среди целого класса более поздних космогонических гипотез происхождения небесных тел из туманностей. Все они получили общее название «небулярных», от латинского слова *nebula* — туманность. Но не это главное. Нет! Гораздо важнее то, что Кант рассматривал развитие мира как результат противоположных сил притяжения и отталкивания и возвел этот метод в принцип!

Об одной «простенькой» математической задаче

В науке нельзя все время делать открытия. Время от времени ученые должны останавливаться, осматриваться вокруг — чего напридумывали — и накапливать знания дальше, чтобы потом снова устремляться вперед, в неизвестное.

Когда физики, астрономы и математики, (а в «добрые старые времена» все указанные ипостаси умудрялись уживаться в одном лице) как следует вчитались в несравненные ньютоновские «Начала», они обнаружили в них немало неожиданного. В этой поразительной книге оказалась масса незавершенных идей и множество задач. Одни из них были сформулированы и решены, другие решены приближенно, а третьи остались лишь с намеченным путем для решений. Вот где был простор для последователей.

Например, закон всемирного тяготения позволил Ньютону сформулировать и решить «задачу двух тел», как стали называть математический расчет движения двух притягивающихся материальных частиц. Эта задача была особенно важна для астрономии, поскольку позволяла вычислять, к примеру, движение Луны в поле земного тяготения или движения любой планеты в зависимости от притяжения Солнца.

Решение «задачи двух тел» позволяло подтвердить справедливость двух первых законов Кеплера и внести уточнение в третий закон. Однако решение уравнений движения отдельной планеты в поле тяготения Солнца без учета притяжения остальных небесных тел оказывалось справедливым лишь временно, для коротких промежутков. От года к году к такому результату добавлялись ошибки из-за неучтенных малых сил притяжения других планет. Из-за этого планеты отклонялись от кеплеровских эллиптических орбит, и астрономические таблицы приходилось постоянно пересматривать и вычислять заново.

Таким образом «задача двух тел» оказывалась слишком приближенной математической моделью.

Хотите разделить славу с Ньютоном?

В начале XVIII века астрономы насчитывали в солнечном семействе восемнадцать законных членов. Это были: само Солнце, затем шесть планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн — и десять известных спутников (Луна, 4 спутника Юпитера и 5 спутников Сатурна. Сегодня, естественно, и число планет и спутников значительно возросло). Последним самостоятельным членом Солнечной системы считалось кольцо Сатурна, природа которого была в те времена астрономам неизвестна. И вся эта компания оказывалась связанной между собой узами тяготения. И силы взаимного притяжения определяли их перемещения. В общем, все это было уже неплохо изучено человечеством. Для окончательной уверенности в беспредельном могуществе математики как метода познания, а физической теории — как библии этого метода оставалось только решить задачу.

Сформулируем ее так: «Дано — 18 небесных тел, положения и движения которых в данный момент известны. Требуется — создать алгоритм для определения положения и движения каждого тела для любого заданного момента. При этом желательно, чтобы результаты вычислений достаточно точно согласовались бы с наблюдениями». Ну как?.. По-моему, вполне изящно составлено. Как говорится, «простенько, но со вкусом». Согласны?

Эх, если бы в те незабвенные (докомпьютерные) годы вам, дорогой мой читатель, удалось решить оную задачу, благодарное человечество могло бы почтить на лаврах, а светлый лик Вседержителя переписать на двойной портрет — ваш и... сэра Исаака Ньютона.

О некоторых трудностях математических решений физических задач

Представляете ли вы себе, что значит «решить задачку движения 18 небесных тел, взаимосвязанных силами притяжения»? Для примера я попробую перечислить только некоторые (далеко не все) трудности.

Прежде всего — у нас 18 членов Солнечной системы. Каждый из них, если считать его абсолютно твердым, обладает несколькими степенями свободы. Ведь они могут не только двигаться в трех различных направлениях, но и вращаться вокруг трех взаимно перпендикулярных осей. Следовательно, для определения положения тела в пространстве мы должны в каждый момент времени задавать еще и числовые значения трех координат и трех углов поворота. Получается для составления уравнений движения уже шесть неизвестных.

Но и сам процесс движения характеризуется скоростью изменения во времени всех этих шести величин. Значит, еще столько же неизвестных. Помножив 12 неизвестных на 18 членов солнечного семейства, мы получаем миленькую системку уравнений с 216 неизвестными.

А теперь пусть читатель вспомнит, как прогрессировали трудности и регрессировали отметки в дневнике, когда он в школе от решения уравнения с одним неизвестным переходил к решению системы уравнений с двумя неизвестными, потом с тремя... По образованию я — физик-теоретик и математику (как точный инструмент науки) люблю и уважаю. Но у меня рука не поднималась (и не поднимается) всыпать сыну Митьке за частокोल изящных единиц (и не менее изящных двоек) в классном журнале и в дневнике именно в период изучения систем уравнений со многими неизвестными...

А ведь в нашем случае планеты испытывают и взаимопритяжение. Вообще, количеством указанных неизвестных неприятности далеко не исчерпываются. Для точного решения желательно учесть еще и то, что ни одно из небесных тел не является абсолютно твердым. И изменения его фигуры, как то приливы и отливы, меняют как скорость его вращения, так и направления осей вращения. Следовательно, должна меняться сила взаимного притяже-

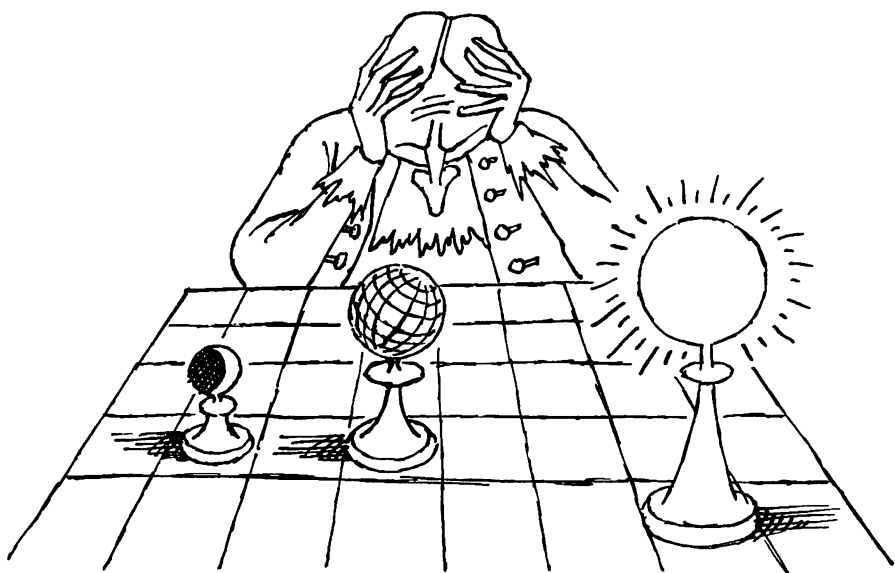
ния и нарушаться орбиты спутников. Кроме того, во Вселенной существуют еще электрические и магнитные силы. Солнце ежеминутно теряет массу, которую приобретают планеты. Влияет межпланетная среда и суммарное гравитационное воздействие звезд Галактики...

Поверьте, дорогой читатель на слово, перечисленное выше еще далеко не все, что оказывает влияние на «положение и движение небесных тел в любой момент времени».

Вы можете мне возразить: дескать, сейчас у нас имеются компьютеры, которые вмиг рассчитают любую задачу! Согласен. Только даже для самого мощного «компа» эту задачу нужно грамотно сформулировать, то есть составить программу, а потом ее решить... Ваш друг компьютер ПОМОЖЕТ это сделать, но не более.

Тем более что в XVIII веке компьютеров не было, и половина даже из указанных мною причин ученым людям была неизвестна. Поэтому решение сформулированной задачи представляло собой непреодолимые трудности. Какой же мог быть выход? Надо было найти упрощенный вариант и самой задачи, и ее решения. С одной стороны, этот упрощенный вариант должен был быть более близок к истине, чем «задача двух тел», а с другой — практически разрешим. (В математике такие задачи называются «модельными».)

В нашей планетной системе главной силой, определяющей движения тел, является, конечно, притяжение Солнца. Из влияний планет стоит, пожалуй, учитывать только Юпитер: он наи-



более массивен. Остальными возмущениями для случая «модельной задачи» можно пренебречь. Так теоретики пришли к «задаче трех тел».

Но и ее общее решение оказалось тоже настолько сложным, что до начала XX столетия существовало мнение о невозможности его получения. Почти все крупные математики, астрономы и механики пробовали свои силы на этой задаче. И не безрезультатно. Для частных упрощенных случаев были получены очень интересные решения. И они сыграли свою роль в развитии науки. Причем особенно много в этом направлении сделали пять выдающихся математиков, живших примерно в один исторический период.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КАК ОПАСНО, КОГДА ГАРМОНИЮ ПОВЕРЯЮТ АЛГЕБРОЙ

Великолепная пятерка

Прежде всего членом великолепной пятерки математиков XVIII столетия был, конечно, гениальный Эйлер, член Императорской Санкт-Петербургской академии наук. За ним следуют французы — члены Парижской академии: Клеро, Лерон, принявший по достижении совершеннолетия фамилию д'Аламбер, и Лагранж. Все четверо с тем или иным успехом занимались решением «задачи трех тел» (Солнца, Земли и Луны в приложении к теории Луны).

Последним членом «Великолепной пятерки» был великий Лаплас. С него начался новый период в космогонии, и потому на жизни и деятельности этой колоритнейшей фигуры бурной эпохи французской революции я хотел бы остановиться подробнее.

Пьер Симон Лаплас родился на севере Франции в крестьянской семье. Выдающиеся способности мальчика побудили состоятельных соседей помочь ему окончить школу Ордена бенедиктинцев (были же добрые богачи, не то что ныне — жадины). Трудно сказать, какие знания вынес Пьер из заведения святых отцов. Но то, что именно после школы он стал убежденным атеистом, — в этом сомнений нет ни у кого из биографов.

В 17 лет он стал преподавателем высшей школы в родном городе Бомон и написал несколько математических статей. Затем, заручившись рекомендательным письмом, отправился в Париж к д'Аламберу. Однако известный математик скептически отнесся к провинциальной протекции.

Тогда Лаплас за несколько дней написал работу по основам механики и послал ее д'Аламберу снова. Справедливость восторжест-

вовала, и молодой честолюбец был принят в штат преподавателей Парижской высшей школы.

Едва утвердившись, Лаплас одну за другой пишет и посылает в Парижскую академию наук свои работы. Редкая настойчивость, в сочетании с определенным математическим талантом, привели к тому, что в 24 года он стал адъюнктом, а в 36 лет — действительным членом академии. Лаплас умел выделить главное в любой проблеме. (Ах, если бы этим «мерилом таланта» обладали и наши «великие современники!»). Лаплас, как никто, умел представить сложные явления природы в строгой математической форме, сформулировать условия задачи и подобрать оригинальный метод ее решения. Перечислить его работы трудно — настолько их много и так они разнообразны. Однако, несмотря на фундаментальные исследования в области математики и физики, основная часть его работ относится к астрономии.

Лаплас доказал устойчивость строения Солнечной системы, то есть постоянство орбит и неизменность средних расстояний планет от Солнца. Открыл причины периодических неравенств в движении Юпитера и Сатурна и решил для этого один из частных случаев знаменитой «задачи трех тел». Рассматривая теорию движения спутников Юпитера, он вывел законы, получившие его имя, и существенно дополнил лунную теорию. Можно сказать, что Лаплас фактически ее закончил, дав полный теоретический расчет движения Луны. Конечно, закончил на том уровне, который допускало состояние современной ему науки.

Как итог его астрономических работ следует назвать пятитомный «Трактат о небесной механике». В нем он объединил работы Ньютона, Эйлера, д'Аламбера и Клеро и дал полное математическое объяснение движению тел Солнечной системы.

«В конце прошлого века, — пишет он в предисловии к первому тому, — Исаак Ньютон опубликовал свое открытие всемирного тяготения. С тех пор математикам удалось все известные явления мироздания свести к этому великому закону природы и таким образом достичь в астрономических теориях и таблицах неожиданной точности. Моя цель состоит в том, чтобы представить с единой точки зрения теории, рассеянные по разным работам, соединив вместе все результаты по равновесию и движению твердых и жидких тел, из которых построена наша Солнечная система и подобные системы, раскинутые в просторах Вселенной, и таким путем построить небесную механику»...

Ничего себе претензия: «построить *небесную механику*»! — то над чем трудились не покладая рук величайшие умы человечества — от древних греков и до крестьянского сына по имени Пьер Симон Лаплас.

**«Сколь ничтожно то, что мы знаем, по сравнению
с безграничной областью непознанного»**

Трактат Лапласа еще при жизни автора стал классикой. И до наших дней многие идеи великолепной работы лежат в основе теоретической астрономии, а метод изложения служит образцом подхода к решению теоретических задач.

Пьер Симон Лаплас, безусловно, был выдающимся ученым и великим математиком. Как жаль, что оценка его личности и человеческого достоинства не может быть оценена теми же словами.

У Лапласа был пренеприятнейший характер. Исключительно тщеславный, заносчивый по отношению к людям, стоящим ниже него по общественной лестнице, и грубый с коллегами. Он терпеть не мог деликатного Лагранжа и ссорился с Лавуазье. Пожалуй, единственный человек в академии, к которому он относился более или менее прилично, был д'Аламбер.

Лаплас поддерживал Республику, превознося свободу, равенство и братство. Но когда Наполеон стал первым консулом, дальновидный математик выпросил у него должность домашнего секретаря. Уволенный через шесть недель за неспособность к этой работе, он был в утешение назначен членом сената. Лаплас посвятил Наполеону, как «Героическому умиротворителю Европы», третий том своей «Небесной механики». И когда Наполеон стал императором, добился от него графского титула.



Через несколько лет он без зазрения совести проголосовал за низложение поверженного кумира и радостно встретил восстановление Людовика XVIII на французском престоле... Готовый признать и отрицать все что угодно ради очередной орденской ленты, он получил от короля звание маркиза и титул пэра Франции.

Так что математиком и астрономом он был великолепным, а вот человеком — довольно паршивым. Что важнее — выбирайте сами...

Популярное «Изложение» без чертежей и формул

Содержание «Изложения» Лапласа разбито на пять книг. В конце — ряд коротеньких примечаний. В последнем — седьмом — излагается гипотеза о происхождении Солнечной системы. Автор трактата говорит, что «это догадки об образовании звезд и Солнечной системы — догадки, которые я излагаю со всем сомнением, которое должно нам внушать все, что не является результатом наблюдения или вычислений».

Лапласа всегда поражали некоторые особенности Солнечной системы. Прежде всего — почему все планеты, открытые наблюдателями, обращаются вокруг Солнца в одном направлении? А также почему их орбиты лежат почти в одной плоскости? Спутники (известные в его время) тоже почему-то движутся вокруг своих планет в прямом направлении, и орбиты их лежат в близких плоскостях. Эксцентриситеты всех планетных и спутниковых орбит чрезвычайно малы, и, следовательно, их орбиты близки к окружностям. В то же время орбиты комет очень вытянуты и могут почему-то иметь любые углы наклона к плоскости солнечного экватора и планетных орбит. Нуждалось в объяснении, по его мнению, и то, почему само Солнце и его планеты со спутниками вращались вокруг своих осей также в одну сторону. Все эти особенности словно подталкивали его к мысли, что в основе созидания должна лежать единая причина, единый принцип... И академик делает вывод, что «различные небесные тела, образующие Солнечную систему и связанные общими правилами движения, не могут собраться случайно. Они должны быть объединены общностью происхождения».

Критикуя гипотезу своего соотечественника Бюффона (о существовании гипотезы Канта Лаплас, скорее всего, не знал), он говорит, что механизм, придуманный Бюффоном, в состоянии объяснить лишь первую особенность Солнечной системы — общность движения планет — и никак не объясняет оставшиеся особенности. Более того, тот факт, что орбиты планет — почти окружности, говорит о малой начальной скорости веще-

ства Солнца, вырванного кометой. А в таком случае сгусток должен был вернуться и упасть снова на поверхность светила. Нет, делает заключение Лаплас, гипотеза Бюффона неверна.

Но каким же можно тогда представить себе механизм образования Солнечной системы? И перед читателем разворачивается в строгой логической последовательности новая небулярная гипотеза — образование небесных тел из первозданной туманности, быстро вращающейся вокруг своей оси.

«Как? — спросит читатель. — Еще одна небулярная гипотеза?» Увы, да! И не последняя, скажем прямо, забегая вперед по времени.

Свою гипотезу Лаплас начинает с предположения, что некогда на месте всей Солнечной системы существовала раскаленная туманность, вращавшаяся в прямом направлении вокруг оси, проходившей через ее центр. Естественно, что под действием центробежных сил, согласно законам механики, туманность сплющивалась в огромную лепешку, края которой заходили далеко за орбиту Урана (последней из известных в его время планет). Постепенно туманность охлаждалась. А охлаждаясь — сжималась. Но, поскольку ее количество движения оставалось прежним, то, сжимаясь, она вращалась все быстрее и быстрее. Так фигуристы, желая ускорить вращение, крепко прижимают руки к груди, и, наоборот, стоит им их раскинуть, как скорость вращения сразу падает.

С увеличением скорости вращения туманности, ее области, наиболее удаленные от оси, начинали испытывать все возрастающую центробежную силу. И в некоторый момент эта сила для самого отдаленного слоя туманности оказывалась больше силы притяжения. Тогда от общего плоского туманного облака отделялось кольцо. Со временем центральная часть оказалась окруженной, как мишень, целым роем концентрических вращающихся колец. Медленно-медленно (с позиций быстротечной человеческой жизни) из центральной массы образовалось Солнце, а кольца распались на отдельные сгущения, из которых образовались планеты и их спутники.

Иногда, правда очень редко, считал Лаплас, могут возникнуть обстоятельства, когда сгущение в газовом кольце происходит без распада его на отдельные части. Тогда образуется сплошное жидкое или твердое кольцо, типа кольца Сатурна (природа кольца Сатурна в те времена была еще неизвестна).

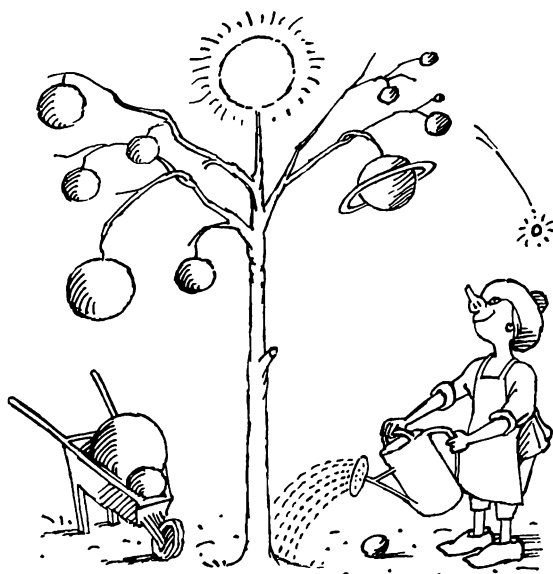
Кометы, обладающие вытянутыми орбитами с большими эксцентриситетами, нарушали его стройные рассуждения. Но кто мешал предположить, что они являются гостями «со стороны», захваченными Солнцем? Лаплас так и предположил, и его гипотеза стала объяснять все известные в ту пору особенности Солнечной системы.

Не так, правда, благополучно обстояло дело с объяснением прямого направления вращения планет. Согласно третьему закону Кеплера, скорость частиц в пределах кольца должна быть чем дальше от центра, тем меньше. Получалось, что все образовавшиеся планеты должны вращаться как раз в обратную сторону, а не в прямую... Это легко понять из рисунка, которого, к сожалению, не сделал Лаплас. Впрочем, не исключено, что сам он знал этот изъян собственной гипотезы и поэтому поспешил предположить, что за счет трения частиц материя на внутренней границе кольца теряет большую часть скорости, чем находящаяся на внешней части. В результате все кольцо, будь оно твердым, должно вращаться с одинаковой угловой скоростью. Такое предположение вполне обеспечивало прямое вращение планет.

В своей основе гипотеза Лапласа идентична гипотезе Канта. И потому спустя много лет ее так и стали называть — *«гипотезой Канта — Лапласа»*.

На долю книги «Изложение системы мира» выпал огромный успех. У математика Лапласа оказался редкий дар популяризатора. Он сам для себя сыграл ту же роль, которую в свое время Вольтер исполнил для Ньютона. И, как это часто случается в истории, мир запомнил его не как создателя великой «Небесной механики», а как автора «Системы мира» и творца небулярной гипотезы. Ну что же, у истории на этот счет свои критерии. Нам они не всегда могут казаться справедливыми.

Почему же все-таки именно небулярная точка зрения привлекла внимание Лапласа? Его современником был Вильям Гершель,



прославленный английский астроном-наблюдатель. Гершель много внимания уделял туманностям и, составляя их каталог, делал много рисунков. Он заметил, что все туманности в своих серединках обладают различной степенью сгущения. Эти центральные яркие ядра Гершель считал нарождающимися звездами. Он писал: «Эта точка зрения проливает новый свет на устройство неба. Оно мне теперь представляется великолепным садом, в котором находится масса разнообразнейших растений, посаженных в различные ряды и находящихся в различных стадиях развития».

Лаплас хорошо знал труды Гершеля и не имел оснований сомневаться в достоверности его наблюдений. Выводы английского астронома-наблюдателя оказали большое влияние на взгляды французского астронома-теоретика. Но верил Лаплас только тому, что можно было сначала рассчитать, а потом проверить по наблюдениям. А как увидеть строение Солнечной системы в целом? Поэтому свою гипотезу он оформил лишь в виде «догадок и сомнений». Делом последователей было подвести под нее фундамент фактов и расчетов. И последователи нашлись.

«Платон мне друг, но истина дороже»

Эту поговорку приписывают Аристотелю.

В середине XIX века французский математик Эдвард Рош своими расчетами подтвердил, что туманность, как и предсказывал Лаплас, охлаждаясь, действительно должна вращаться все быстрее и быстрее. При этом она обязательно сплющится под действием центробежной силы и приобретет чечевицеобразную форму. При дальнейшем вращении с ребра «чечевицы» может начаться отрыв и отделение вещества.

Однако если представить себе оторвавшееся от туманности кольцо как сплошной газовый диск, то плотность его окажется столь незначительной, что причин собираться его веществу в более плотное образование — в планету — нет никаких. Сила притяжения между рассеянными частицами оказывается слишком мала.

Рош уважал авторитет Лапласа, но был и хорошим математиком. Чтобы обойти возникшее затруднение, он предположил, что в плоской туманности отделение вещества происходит отдельными узкими «внутренними» кольцами. Мысль была превосходной не только потому, что снимала указанное затруднение, но и потому, что впервые более или менее удовлетворительно объясняла прямое вращение планет.

Но в мемуаре Роша содержалось существенное противоречие Лапласу. Автор утверждал, что кольцо Сатурна не остаток первоначальной туманности, а скорее бывший спутник, неосторожно

приблизившийся к поверхности планеты и «разорванный» силами ее тяготения.

Сближаясь с планетой, спутник постепенно начинает деформироваться. В экваториальной области у него образуются приливные горбы. Чем ближе спутник сближается с планетой, тем приливные волны, бегущие по его поверхности, становятся больше... Все на спутнике приходит в движение. И на каком-то пределе планета своим притяжением разрывает неосторожное небесное тело.

Рош вывел минимальное расстояние, на которое жидкому спутнику еще можно безопасно подойти к планете. Прекрасной была работа Роша, хотя она должна была служить лишь некоторым подспорьем гипотезе Лапласа. Но рядом с блестящим трудом Лапласа ее как-то подзабыли, хотя, в отличие от Великой небесной механики «предел Роша» существует и ныне. То есть он пережил саму гипотезу, для которой был создан.

Первые «подводные камни» в фарватере небулярной гипотезы

Долгие годы гипотеза Лапласа пользовалась исключительной популярностью. Но чем более популярна идея, тем большее внимание критики она привлекает. Помните, рассуждения Лапласа начинались с перечисления особенностей Солнечной системы. Затем он выдвинул гипотезу, которая, как ему казалось, наилучшим образом объясняла все указанные качественные и некоторые количественные особенности рождения и формирования Солнечной системы из первозданного облака. Но именно с перечисленных Лапласом особенностей и начались у небулярной гипотезы неприятности.

Еще его современник астроном Гершель обнаружил, что два спутника только что открытого им Урана обращаются вокруг своей планеты в обратном направлении, а плоскости их орбит почти перпендикулярны плоскости орбиты самой планеты.

Это явно противоречило основам гипотезы. Но ее создатель, готовя книгу к переизданиям (а надо отметить, что только при жизни Лапласа она переиздавалась пять раз), словно бы решил не обращать внимания на досадную новость. Между тем обратным движением, как оказалось, обладали и некоторые другие, недавно открытые спутники планет. Более того, сам Уран летел по орбите «лежа на боку и даже чуть ли не «вниз головой». Значит, и он обладал как бы обратным вращением. Такое же подозрение высказывали наблюдатели и по поводу Нептуна. Это был уже скандал...

А тут скоро выяснилось, что и кольцо Сатурна не сплошное, а составное и внутренние его части вращаются быстрее самой пла-

неты... Спутник Марса — «малыш Фобос» — тоже обгонял свою планету.

Такого груза несоответствий механизм образования Солнечной системы, предложенный Лапласом, выдержать не мог. Среди астрономов начались яростные дискуссии. В орбиту споров оказались втянуты не только проблемы небесной механики, но и астрофизики. Короче говоря, небулярную гипотезу следовало спасать! Для этого сторонниками Лапласа было предпринято много героических попыток. Расположить их все в хронологическом порядке почти невозможно, настолько они переплелись. Но на главных идеях стоит остановиться, очень уж они интересны.

На помощь приходит гипотеза Фаи

Французский астроном, член Парижской академии наук Жерве Огюст Этьен Фаи был преисполнен намерений укрепить гипотезу Лапласа. Для этого следовало прежде всего узаконить обратное движение планет. Но он увлекся и вместо простых дополнений к взглядам мэтра выступил со своим вариантом небулярной гипотезы глобального характера.

Прежде всего Фаи допустил «предвечное существование хаоса» в виде единой холодной и темной туманности. Но если Лапласа вопрос, откуда она взялась, не волновал, то Фаи, как он сам писал, решил «попросить у Бога, как это сделал Декарт, рассеянную материю и силы ею управляющие». Дальше дело должно было идти само собой. По мере сжатия материя нагревалась и начинала светиться, как это и наблюдается у туманностей.

Фаи полагал, что при этом «хаос» еще и пронизывают «потoki летящей материи». Одни из них, встретившись, образуют вихри. Из одних получаются спиральные туманности, которые открыл английский наблюдатель Парсонс (лорд Росс). Другие вихри превращаются в звездные системы. И лишь там, где встречные потоки материи прошли стороной, облака «мелких раскаленных телец» сгущаются, образуя планетные системы.

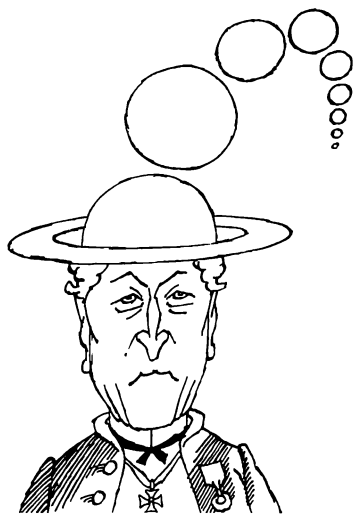
Фаи придумал такой механизм планетообразования: сначала в хаотическом вихре постепенно-постепенно образовывались ближние планеты — от Меркурия до Сатурна. А в центре зарождалось будущее Солнце. Ближние планеты нормально обращались вокруг своего светила в одну сторону. Но когда громадина Солнца сформировалась, закон сил, действовавших в системе, должен был измениться. Стало преобладать центральное притяжение. Оставшиеся частицы перестали двигаться как составные части единого целого, а полетели по кеплеровским орбитам. Скорость их с удалением от центра падала. И сформировавшиеся в более позднюю

эпоху дальние планеты должны были получить обратное вращение...

Вы можете возразить, как это не раз делали и коллеги Жерве Огюста, что при таком «раскладе» Земля и пять ее собратьев-планет оказывались старше Солнца, а Уран и Нептун — моложе... Ну и что? Почтенного космогониста Фаи это даже радовало. Ведь и в Библии говорится, что Земля была сотворена раньше Солнца...

Надеюсь, что умные и прозорливые читатели уже догадались, что перед ними чистая спекуляция с придуманными для данного случая логическими построениями.. Гипотеза Фаи не только не смогла освободить небулярный принцип от недостатков лапласовой теории, но и внесла в него умозрительные допущения и свои трудности.

Большинство философов и астрономов понимали, что эпоха подобных рассуждений заканчивалась и наступало время строгих математических моделей.



Дуэль Джорджа Говарда Дарвина и Александра Михайловича Ляпунова

Интересно отметить, что династия Дарвинов возвела служение науке в традицию рода. Первый из них — Эразм Дарвин, известный шотландский поэт — был одновременно неплохим естествоиспытателем. Затем — Чарлз Дарвин — бородатый (судя по школьным портретам) джентльмен, который, объехав на корабле «Бигль» земной шар, подарил человечеству теорию видов и утверждение, что человек произошел от обезьяны. Работа Джорджа Говарда Дарвина — сына Чарлза — была посвящена вопросам эволюции двойной планеты «Земля — Луна».

Младший из клана — внук и тезка бородатого джентльмена — вполне достойный представитель английской физики. Но вернемся к нашим планетам.

Джордж Говард задался целью выяснить влияние приливов, порождаемых Луной в недрах Земли и тех, которые Земля вызывает в Луне. Эти волны, направленные в сторону, противоположную вращению Земли, тормозят нашу планету и понемногу удлиняют ее сутки. Согласно вычислениям, за сто тысяч лет мы теряем примерно одну секунду. Такое замедление кажется пустяком, но

именно торможение за счет внутренних приливов было выдвинуто в качестве одного из средств спасения гипотезы Лапласа. С помощью механизма приливов Дарвин пытался объяснить изменение в направлении вращения дальних планет.

Он предположил, что первоначально все планеты имели обратное вращение. Тогда, по общему мнению, они находились в жидком, расплавленном состоянии. Естественно, что в жидком теле, приливные процессы должны происходить во много раз сильнее, чем в твердом. Приливные волны так могли тормозить молодые небесные тела, что те в конце концов почти останавливались в своем вращении. Повернувшись одной стороной к Солнцу, они делали один оборот вокруг своей оси за год. Если к этому времени планета охлаждалась и затвердевала, то характер ее движения мог сохраниться на долгое время. Если же процесс охлаждения и сжатия ее все продолжался, то, по законам механики, скорость ее вращения должна была продолжать расти...

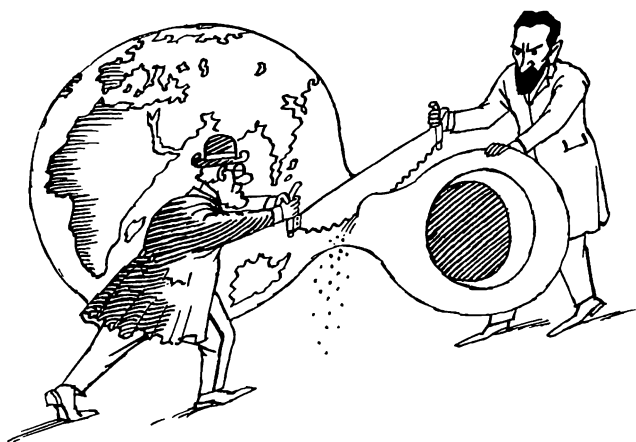
Из вышесказанного Дарвин делал вывод, что указанный механизм заставил вращаться в прямом направлении планеты, ближайшие к Солнцу, тогда как удаленные от него могли сохранить первичное направление вращения в обратную сторону.

Работа Дарвина была, пожалуй, самой серьезной поддержкой небулярной гипотезы. Некоторые из ее выводов справедливы для ближайших к Солнцу планет — Меркурия и Венеры.

Далее, рассматривая проблему эволюции системы «Земля — Луна», Дарвин пришел к выводу, что некогда довольно большое раскаленное до жидкого состояния небесное тело, имеющее форму груши идвигающееся по орбите нашей Земли, разорвалось на две части. Большая часть образовала Землю, меньшая — Луну. Согласно этой теории, деление грушевидной фигуры на две части возможно лишь в том случае, если фигура была устойчива. В противном случае она должна разлететься вдребезги. Дарвин произвел математические вычисления, которые показали, что грушевидная фигура устойчива.

Однако, поскольку расчеты Дарвина были слишком приближенными, полностью согласиться с этим утверждением математикам было трудно. А строгое исследование проблем устойчивости, пригодное для космогонических целей, оказалось чрезвычайно трудоемким. (Напомню еще раз, что считали тогда люди с помощью карандаша и бумаги, а не быстродействующих машин.) Провести такие расчеты удалось лишь нашему соотечественнику, замечательному математику Александру Михайловичу Ляпунову.

Ляпунову было 27 лет, когда он защитил в Петербургском университете магистерскую диссертацию *на степень магистра прикладной математики*.



Работа была посвящена трудной проблеме выяснения устойчивой формы небесных тел. В то время предполагалось, что все твердые небесные тела обязательно прошли через жидкую фазу, и значение мемуара русского математика для космогонии трудно было переоценить. К сожалению, работы, написанные на русском языке, с трудом находили дорогу к западным читателям. Пребывала в малой известности и диссертация Ляпунова.

Сдав магистерские экзамены в 1882 году Александр Михайлович много раз говорил с Чебышевым, который в конце концов порекомендовал ему заняться решением задачи равновесия в гравитационном поле равномерно вращающейся жидкой однородной массы. По закону Ньютона, она могла сохранять форму эллипсоида, пока угловая скорость вращения не станет больше определенного предела. В противном случае сохранение эллипсоидальной фигуры равновесия становятся невозможными.

В 1900 году А. М. Ляпунов был избран членом-корреспондентом Императорской Академии наук, а в 1901 году — ординарным академиком по кафедре прикладной математики, вакантной после смерти Чебышева.

В 1902 году Ляпунов переехал в Петербург и целиком отдался научной работе — исследованию форм равновесия равномерно вращающихся жидких небесных тел.

Примерно в те же годы сходным теоретическим вопросом занимался и выдающийся французский математик Анри Пуанкаре. Он независимо от Ляпунова пришел к тому же выводу, что и русский коллега. Но, в отличие от диссертации Ляпунова, работа Пуанкаре произвела огромное впечатление на научный мир. Дарвин был в восторге. Еще бы, мало того, что теория Пуанкаре подтверждала его гипотезу, а затем и теорию, она позволяла английскому астроному выдвинуть еще и свое предположение об образовании двойных звезд. Но конечный вывод дарвиновских рас-

четов противоречил результатам Ляпунова. По его расчетам, фигура в условиях поля тяготения не могла быть устойчивой. Значит, есть ошибка и в гипотезе Дарвина. Его «груша» не могла разделиться на два тела, а должна была рассыпаться.

Александр Михайлович опубликовал свои результаты на французском языке. И между ним и Дарвином завязалась многолетняя полемика. Чтобы убедить мир в своей правоте, Ляпунов в одиночку предпринял гигантскую вычислительную работу. Лишь к 1914 году титанический труд был закончен и справедливость его выводов доказана. Увы, ни Пуанкаре, ни Дарвина уже не было в живых.

Ляпунов посвятил науке всю жизнь. О его работоспособности ходили легенды. Большинство коллег знали его как хмурого, сурового и чрезвычайно замкнутого человека. О его лаконичности ходили анекдоты. Он жил почти без друзей и имел очень ограниченный круг знакомых. Единственным другом была двоюродная сестра Наталия Рафаиловна, ставшая его женой. Никто и представить себе не мог, что под сухой и педантичной оболочкой билось верное, очень нежное сердце.

В конце июня 1917 года Ляпунов вместе с женой, у которой обострился туберкулез легких, уехал в Одессу к брату Борису. Но состояние здоровья Наталии Рафаиловны в невероятно трудных условиях жизни приезжих ухудшалось.

Политическая обстановка в городе была кошмарной. В январе 1918 власть в Одессе захватили большевики. Начался красный террор — грабежи, экспроприации, аресты и расстрелы. 14 марта в Одессу вошли австро-германские войска. Несмотря на громогласные заявления о намерении защищать Украину, оккупанты за первую же неделю вывезли без малого семьсот вагонов хлеба, сахара, сырья и оборудования. Когда революция в Германии вынудила немецкие войска покинуть Одессу, на смену им в порту высадились тысячи англо-французских интервентов, а из Екатеринограда прибыла отступающая армия Деникина.

Ситуация в семье Ляпуновых усугублялась катастрофическим ухудшением зрения у самого Александра Михайловича. Сознание близости смерти жены и наступающая слепота являлись причинами чрезвычайно мрачного состояния духа Ляпунова.

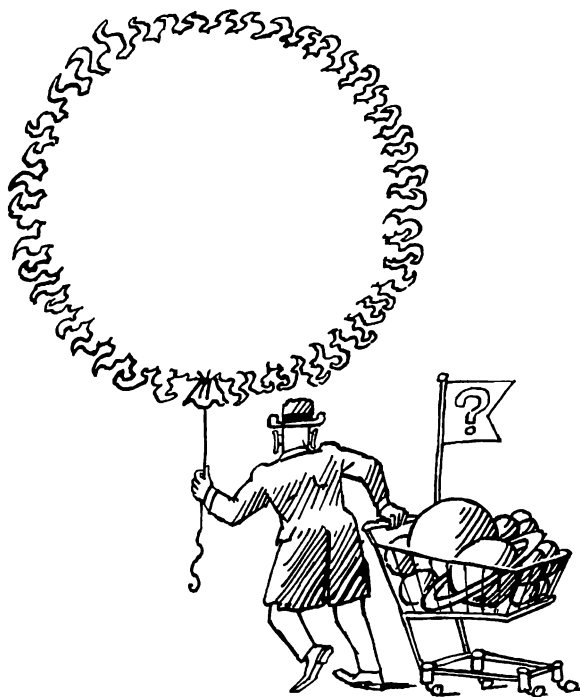
Тем не менее, в сентябре 1918 года, по приглашению физико-математического факультета Новороссийского (Одесского) университета он начал на основе своих последних работ читать курс «О форме небесных тел» Но прочитал всего несколько лекций. 31 октября Наталия Рафаиловна Ляпунова скончалась. Александр Михайлович не смог пережить ее кончины. В тот же день, оставив в завещании просьбу похоронить его вместе с нею, он зарядил револьвер и выстрелил себе в сердце...

Один из лучших учеников Чебышева, академик Александр Михайлович Ляпунов состоял почетным членом Петербургского, Харьковского и Казанского университетов. Был почетным членом Харьковского математического общества, иностранным членом Академии в Риме, членом-корреспондентом Парижской академии наук.

Последний толчок и крах небулярной гипотезы

К 1900 году противоречий в небулярной гипотезе Лапласа накопилось столько, что стало очевидно: наступает время ее замены! Однако для этого нужен был какой-то толчок, какой-то факт, который, будучи всем абсолютно ясным, не находил бы объяснения в рамках существующей гипотезы. И таким фактом оказалось распределение моментов количества движения в Солнечной системе.

Что такое «момент количества движения»? Прежде всего — одна из важнейших динамических характеристик движения материальной точки или механической системы. Особенно важно это понятие при изучении вращения тел, например планет.



Я напомним: произведение массы на скорость в физике называется количеством движения. А векторное произведение количества движения небесного тела на радиус орбиты дает момент количества движения.

Знаю, что понять непросто, но что поделать: физика и современные естественные (да и не только естественные) науки без математики сегодня — «сухая лапша». Так что, если у вас нет ни времени, ни охоты к расчетам, придется верить на слово, что бы вам ни толковали.

Итак, примем момент количества движения для Земли за единицу, тогда для Солнца он будет примерно в двадцать раз больше.

Запишем:

| | | |
|----------|---|-------|
| Солнце | — | 20 |
| Земля | — | 1 |
| Меркурий | — | 0,02 |
| Венера | — | 0,07 |
| Марс | — | 0,13 |
| Юпитер | — | 722,0 |
| Сатурн | — | 293,0 |
| Уран | — | 64,0 |
| Нептун | — | 94,0 |
| Плутон | — | 1,2 |

Всего, если сложить, получается 1175,42. Как же могло получиться, что массивное центральное светило оказалось обладателем моментом количества движения, ничтожным по сравнению с горсткой планет? Этого небулярная гипотеза Канта — Лапласа объяснить никак не могла. И неувязка стала могильщиком небулярной гипотезы. То есть от нее следовало немедленно отказаться и перейти к другой! Но к какой?..

ПЛАНЕТНАЯ КОСМОГОНИЯ

Автор просит извинения за небольшое отступление

Разрешите, уважаемый читатель, сделать небольшое отступление. В XIX и XX веках уже никто, естественно, не считал звезды наглухо приколоченными к твердому небесному своду (за исключением, может быть, самых малограмотных и ортодоксальных людей в самых малоразвитых странах). Все согласились, что звезды — небесные тела вроде Солнца, огромные раскаленные газовые, вернее плазменные, шары. Было известно, что звезды «любят» собираться в компании, будь то скопления разного рода или галактики, вроде нашего Млечного Пути. Одиночек же звезд существует немного, и у них могут быть свои планетные системы. Это примерное, очень обобщенное мнение недавнего прошлого.

В соответствии со сказанным и наука о рождении небесных тел, сиречь интересующая нас космогония, должна была разделиться. Одна ее часть стала заниматься планетной, другая — звездной космогонией, а третья — космогонией галактик... Что там еще осталось? Галактики и совокупности галактик (эти гигантские системы, видимо, тоже весьма общительные члены метagalaktiki, поскольку не возражают против объединения в компании).

Дальше идет Вселенная, или мир в целом, с которого мы начинали в первой главе. Но теперь мы его трогать не будем, потому что все измышления о происхождении Вселенной относятся к другой области астрономии, которая называется КОСМОЛОГИЕЙ. И о ней — отдельный разговор.

Итак, мы с вами продолжаем канителиться с происхождением Солнечной системы, то есть с планетной космогонией, но на

ином историческом витке, или, как говорится, на новом уровне спирали познания. (Круто завернуто, не правда ли?) Все, будем считать, что извинения за отступление принято.

Планетезимали Мультона и Чемберлина

В 1905 году американский астроном профессор Мультион вместе с коллегой Чемберлином, тоже профессором, но геологом опубликовали новую гипотезу происхождения Солнечной системы. Они предположили, что некогда наше Солнце, еще не имевшее планетной свиты, встретилось с другой, не менее массивной, но столь же одинокой звездой. Чужое светило прошло настолько близко от нашего, что из недр Солнца изверглась громадная приливная волна раскаленного вещества. Солнечное вещество, как рука прощания, протянулась вслед за пришельцей, но обратно на поверхность светила не упала. И впоследствии из этой исторгнутой материи и образовались большие планеты.

С противоположной стороны Солнца, где приливные силы были значительно меньше, слабее оказалось и извержение. Исторгнутая материя, удержанная полем притяжения Солнца, не могла улететь далеко. И из нее образовались близко расположенные малые планеты земной группы. Именно таким видели оба профессора механизм образования планет из раскаленного солнечного вещества.

Далее все шло уже известным путем: из клубов газа образовались бесчисленные тела небольших размеров (создатели новой гипотезы называли их «планетезималями»). Планетезимали быстро охладились и затвердели. Часть из них, отделившись от первоначальной компании, ушла в самостоятельный полет по собственным орбитам. Остальные, сохранив привязанности, остались в составе больших роев, которые постепенно под действием сил тяготения собрались в твердые ядра — зародыши будущих планет.

Зародыши в гуще планетезималей облетали Солнце по довольно вытянутым орбитам, следовательно, скорости их на одних участках пути были больше, на других — меньше. Пролетая через скопления планетезималей, ядра собирали их и увеличивались в размерах. При этом каждый захваченный обломок либо притормаживал ядро, если оно двигалось быстрее, либо, наоборот, подгонял, если ядро-зародыш двигался медленнее. То есть скорости движения на разных участках орбит уравнивались. Соответственно менялись и формы орбит, становились менее вытянутыми.

Гипотеза Мультиона — Чемберлина устраняла трудности в объяснении распределения моментов количества движения. А проле-

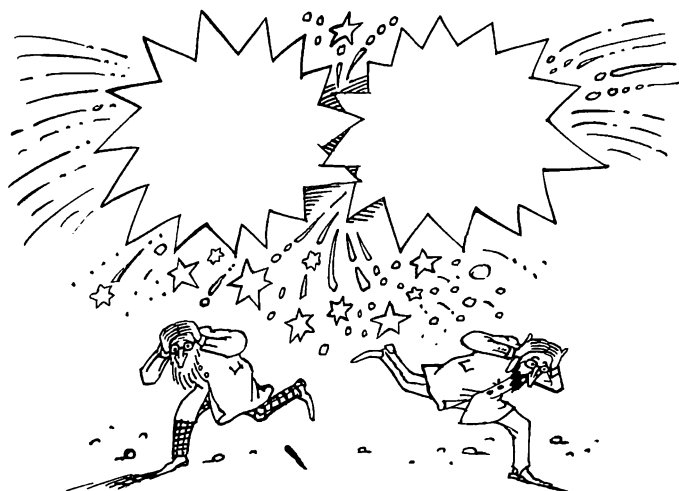
тевшая звезда связывала наше Солнце с остальным звездным миром и включала его в историю общей жизни Галактики, что было неоспоримым достоинством гипотезы.

Но были в ней и определенные недостатки. Прежде всего трудно было понять, какие силы, кроме притяжения пролетевшей звезды, помогли выбросу материи с поверхности или из недр Солнца и не дали разлететься или последовать за возмутительницей спокойствия.

Кое-кто пробовал приспособить к роли отталкивающей силы световое давление, открытое русским физиком Петром Лебедевым... (По мнению некоторых специалистов, силы лучистого отталкивания вполне способны были конкурировать с ньютоновским притяжением). Но после произведенных расчетов надежды, возроденные тонким экспериментом Лебедева, сменились разочарованием. Предположения были правильны, но... только для тел микроскопических размеров. Астрономы подсчитали, что всего огромного потока излучения Солнца едва хватит на то, чтобы состязаться с силами тяготения между светилом и астероидом диаметром едва ли в 15 километров.

Были и другие критические замечания в адрес гипотезы американских профессоров. Кое-кто начинал понимать, что объяснить столь грандиозное и сложное явление, как образование Солнечной системы, с помощью одних только сил тяготения вряд ли удастся.

Скандинавский физик Биркеланд пытался приспособить электромагнитные силы к «возможности вытекания электрически заряженных частиц из Солнца и образования из них колец с разными радиусами». Но выводы Биркеланда убедительными не получились.



«Сигара» Джинса

В 1917 году в Англии вышел из печати труд молодого астронома Джемса Джинса, озаглавленный «Движение масс, находящихся под действием приливных сил, с дальнейшим приложением к космогоническим теориям». А спустя два года появилось и его фундаментальное сочинение «Проблемы космогонии и звездной динамики». В этой работе Джинс обобщил опыт, достигнутый предшественниками в небесной механике. В ней, как некогда Лаплас, начавший свой трактат с критики гипотезы Бюффона, Джинс, начал с критики Лапласа.

Читатель может вознегодовать: «Почему опять с Лапласа? Почему не с Мультона и Чемберлина? Неужели каждый раз мы будем начинать от Адама?» Попробую оправдаться.

Дело в том, что к планетезимальной гипотезе американцев Джинс отнесся не слишком серьезно. Она не давала объяснения происхождению спутников планет. Не объясняла, почему их орбиты мало наклонены к орбитам своих планет. Кроме того, являясь специалистом в области газовой динамики, Джинс был убежден, что выброшенные газовые массы ни в коем случае не могли бы самостоятельно сконденсироваться в плотные планетезимали. Вот рассеяться в пространстве они могли вполне. У газового облака размером с планетезималь масса слишком мала, чтобы силы взаимного притяжения превысили обычное газовое давление. Замечание очень важное. Оно еще пригодится нам в будущем, и потому его стоит запомнить.

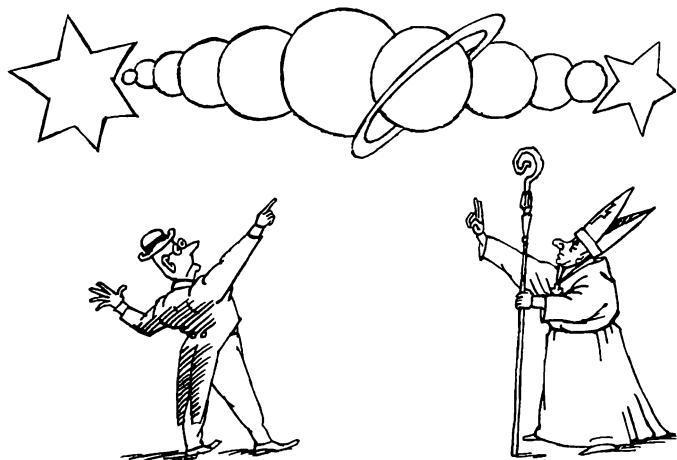
Джинс остановился на теории Лапласа как на примере, с его точки зрения, принципиально невозможного механизма образования планет. Но если планетная система не может образоваться из туманности, то причиной остается только катастрофа. *Tertium non datur*, как говаривали древние римляне, — «третьего не дано!». И читатель видел в книге Джинса ту же сцену встречи Солнца с неизвестной звездой. Так, как это уже было у Мультона и Чемберлина.

Джинс с самого начала заявлял, что это событие — чистая случайность, почти чудо — космическая катастрофа! По приблизительной оценке, вероятность такой встречи не больше чем один случай на триллион звезд (то есть условие для события практически невозможного... Например, в нашей Галактике насчитывалось всего около сотни миллиардов звезд, и ожидать второй подобной встречи — нечего и думать). Но Джинса это обстоятельство не волновало. *«...Звезды очень редко приближаются друг к другу, — писал он, — и почти невероятно редкий*

случай для двух звезд — подойти настолько близко, чтобы родились планеты. Поэтому планеты, а также, можно полагать, и жизнь чрезвычайно редки во Вселенной. По нашему выбору мы можем рассматривать это с удовлетворением или нет».

Солнце, он считал, сначала было обыкновенной одиночной звездой, которая вполне нормально прошла все стадии своего развития. А потом, несколько миллиардов лет назад, ее путь пересекла другая, скорее всего, более крупная звезда. Если бы наше Солнце имело однородную плотность по глубине, оно вытянулось бы, превратившись в эллипсоид. Но поскольку плотность его растет с глубиной, то на поверхности могли бы образоваться лишь большие приливные горбы, превратившиеся в конические выступы. И когда расстояние между Солнцем и проходящей звездой стало приближаться к пределу Роша, из вершины приливного конуса, как из вулкана, могло начаться бурное извержение солнечного вещества. Гигантская струя по форме должна была напоминать сигару, утолщенную в середине, потому что самое сильное извержение должно было происходить в тот момент, когда звезда проходила наиболее близко. «Сигара» впоследствии распалась на отдельные сгустки. Причем из толстой средней ее части образовались планеты-гиганты, а из тонкого конца — планеты земной группы.

Джинс все предусмотрел и все рассчитал. Момент количества движения планетам был передан проходящей звездой; она же задавала им и прямое направление обращения. Орбиты их сначала были вытянутыми, эллиптическими, но постепенно под влиянием торможения в рое первоначальной материи, орбиты округлились. Когда же из газообразного состояния планеты перешли в жидкое, те же приливные силы образовали у каждой из них системы спутников.



Ну как?.. По-моему — очень логично и доходчиво...

Оставались необъясненными лишь кометы и малые планеты — астероиды, — которых в то время было открыто уже достаточно много. Для них Джинс не стал изобретать ничего нового. Кометы, считал он, захвачены Солнцем во время их межзвездных скитаний, а астероиды, в основном располагающиеся в пространстве между орбитами Марса и Юпитера, являются осколками некой неизвестной планеты. В свое время она подошла слишком близко к Юпитеру, и приливные силы разорвали ее на части. Правдоподобно? А почему бы и нет? Вспомните работы Роша...

Все было очень хорошо. Гипотеза с «сигарой» Джинса в рекордный срок завоевала умы и сердца современников. Специалистам она нравилась строгостью, можно сказать, этакой «математичностью» рассуждений; неспециалистам — наглядностью, а также тем, что в ней было немало знакомого и привычного. Такое сочетание, особенно привлекает людей, возбуждая их любознательность.

Были, конечно, слабые места и в этой работе. Например, процесс образования спутников, объяснение вращения планет вокруг оси. Джинс пытался решить первую проблему. Он полагал, что начальное обращение планет было очень медленным. И когда юные планеты проходили через перигелий орбит, силы притяжения Солнца вырвали из них часть вещества, которое затем превращалось в спутники.

Кое-кто возражал: большинство спутников настолько малы, что если они в начале состояли бы из газа, то тут же рассеялись под влиянием притяжения.. Значит, спутники должны были быть либо сразу жидкими, либо твердыми? Но вырвать из жидкого тела множество маленьких спутников невозможно. Самое большее, на что были бы способны приливные силы, — это создать один большой сгусток-спутник, вроде нашей Луны. Твердые же тела под влиянием притяжения просто рассыпались бы на части... Тут что-то было, конечно, не так...

Еще хуже обстояли дела с объяснением вращения планет вокруг своей оси. Некогда приливная теория Дарвина приписывала его главным образом обратному падению на их поверхности части вещества, исторгнутого при образовании спутников. Так крутится биллиардный шар, получив касательный удар другого шара. Но чтобы привести, например, во вращение Юпитер, масса упавшего вещества должна была раз в четыреста превышать массу всех его спутников, вместе взятых...

Эти скептические замечания немало мешали торжественному возвеличиванию теории. Однако новая гипотеза, под несколько шутивым названием «сигары Джинса», вошла в учебники.

Добавление Джеффриса

В 1929 году английский геофизик Гарольд Джеффрис предложил небольшое добавление к гипотезе Джинса, которое должно было снять затруднения с объяснения вращения планет.

Джеффрис предложил считать, что звезда прошла не на далеком расстоянии от Солнца, едва достигнув предела Роша, а значительно ближе. Может быть, она даже зацепила край нашего светила. Произошел как бы «скользящий удар», после которого «звезда-корсар», продолжая свой путь, исчезла в космосе.

Материя, вырванная из Солнца, частично последовала за звездой, а частично упала обратно. Остаток же газообразной солнечной материи, отклоненный и приведенный в движение приближавшейся звездой, образовал диффузный материал для будущих планет. Турбулентное (вихревое) движение в этих газовых сгустках придало «зародышам» соответствующее вращение.

Наконец-то все вздохнули с облегчением. Казалось, человечество получило вполне надежную гипотезу рождения Солнечной системы. Добавление английского геофизика было настолько существенным, что и вся концепция получила название «*гипотезы Джинса — Джеффриса*». Теперь можно было остановиться, оглянуться... Как вдруг...

Генри Рессел — разрушитель поневоле

В те годы в Принстонском университете (США) работал астроном Генри Норрис Рессел. В астрономии его называли фигурой, если не первой, то весьма значительной величины.

И в 1935 году из печати выходит его научно-популярная книжка «Солнечная система и ее происхождение». Целью ее, как писал автор в предисловии, было «только изложение современного состояния наших знаний о Солнечной системе».

Это замечательно, когда крупный ученый берется за популяризацию своей науки. Наука из первых рук — что может быть лучше! Особенно когда ученый излагает не тривиальные истины «несвойственным ему простым языком», а дает свою оценку накопившимся фактам, и знакомит читателя со своими сомнениями и своим особым мнением.

Обсуждая гипотезу Джинса — Джеффриса, Рессел перечислил и ряд ее затруднений. «Гораздо более серьезная трудность, — писал он, — встает, когда мы рассматриваем распределение (удельного) момента количества движения — на этот раз не полного момента планет, но момента, приходящегося на тонну (вещества)...»

Дальше он с помощью простых расчетов на глазах у читателя получал удельный момент планет, в среднем раз в десять больший, чем у звезды. И это даже при самых наивыгоднейших с точки зрения гипотезы Джинса условиях.

Автор предвидит возражения читателя: «Опять момент! И опять Джинс! Ведь мы уже перешли к гипотезе Джинса — Джеффриса!» Совершенно верно. Но, по расчетам Рассела, добавление Джеффриса только ухудшало положение гипотезы Джинса.

Дело заключалось в том, что чем ближе к Солнцу проходила встречная звезда, тем меньше должен был быть ее удельный момент относительно нашего светила. Чтобы спасти положение, следовало либо увеличить расстояние при встрече, что означало вернуться от «Джинса — Джеффриса» к «Джинсу», либо увеличить массу звезды. Но во сколько раз? По расчетам получалось — от ста до пятисот!.. Что опять-таки невозможно! В то время считалось, что звезд такой массы не существует. Кроме того, при столь близкой встрече лента вещества, протянувшаяся между обоими звездами, должна была состоять, очевидно, наполовину из солнечной материи, наполовину из звездной. И, как писал Рассел: *«...Середина ленты (состоящая из равных частей солнечного и звездного вещества) оставалась бы в этой точке без движения, одинаково притягиваемая Солнцем и звездой...»* Какие уж тут планеты? Немалые затруднения вызывало также и объяснение огромных размеров Солнечной системы.

Короче говоря, после выступления Рассела «катастрофическая гипотеза Джинса — Джеффриса» сама оказалась перед катастрофой. Оба ее автора беспокоились об общем моменте количества движения планет, и тут вроде бы все обстояло благополучно. Но им даже в голову не приходила мысль проверить удельные моменты. И это оказалось роковым....

Рассел попытался спасти гипотезу, предположив, что «перед встречей Солнце было двойной звездой и имело спутника значительно меньших размеров. Спутник мог обращаться на расстоянии, сравнимом с орбитами больших планет. Тогда, столкновение (или тесное сближение) с проходящей звездой могло бы разбить этот спутник на осколки, из которых и получились теперешние планеты».

Сам Рассел относился к такому предположению с достаточной долей скептицизма. Он честно указывал на ряд трудностей, справиться с которыми сам был не в состоянии. Первая из них, как он писал, заключалась в том, что *«...необходимо или допустить, что спутник Солнца имел малую массу (меньше одного процента массы Солнца), или найти способ избавиться от его ос-*

татка. Я не вижу способа сделать последнее, за исключением фантастического допущения, что проходящая звезда произвела почти центральный удар при столкновении и унесла с собой все, за исключением нескольких брызг».

Затруднение объяснялось тем, что столь малых звезд, масса которых равнялась бы общей массе всех планет Солнечной системы, никто не наблюдал. (В наши дни считается доказанным, что, если небесное тело имеет массу существенно меньше солнечной, в его недрах просто не смогут возникнуть процессы, способные превратить холодное небесное тело в пылающую звезду.

Вторая трудность, по мнению Рессела, заключалась в том, что «...мы не знаем, могло ли столкновение расколоть одну массу на несколько частей сравнимого размера, да и математическая обработка этой задачи была бы чрезвычайно трудна».

В-третьих, «невероятно, чтобы плоскость орбиты первоначального спутника Солнца и плоскость орбиты пришедшей звезды были хотя бы грубо параллельны. Если же этого не было, то разьединенные обломки спутника стали бы двигаться по орбитам, очень сильно наклонным друг к другу».

Тем не менее общая мысль, высказанная Ресселом, была подхвачена английским астрономом Литтлтоном. В результате мучительных расчетов он в конце концов доказал, что можно найти такие начальные условия, при которых *«проходящая звезда, столкнувшись или почти столкнувшись с первоначальным спутником Солнца, «выбросит его за пределы влияния Солнца и сама тоже улетит в бесконечность»*. В этом случае между проходящей звездой и спутником Солнца могла образовываться струя газового вещества. Из части, удержанной Солнцем, могли сформироваться планеты.

Усложнение гипотезы привело к еще меньшей вероятности встречи двух звезд, чем то было у Джинса и Джеффриса. Кроме того, если подсчитать баланс энергии, то получалось, что на выбрасывание спутника за пределы сферы действия Солнца понадобится энергии раз в сорок меньше, чем на вырывание из него струи вещества. Значит, одновременно эти два явления существовать не могли.

С началом Второй мировой войны дискуссия потеряла свой международный характер и несколько поутихла. Правда, в 1942 году Джинс еще раз попытался вернуться к своей гипотезе, чтобы сделать ряд добавлений и уточнений. Но опубликованные одновременно расчеты советского астронома Парийского и новые результаты исследований эволюции звезд свели его усилия к нулю.

Нет, катастрофическая концепция надежд не оправдала. Джеффрис публично отказался от выдвинутой им гипотезы, изъав ее из нового издания своей книги. Более того, открывая дис-

куссию 1958 года на симпозиуме о происхождении Земли и планет, он сказал: *«Я думаю, что меня попросили открыть дискуссию потому, что я скептически отношусь ко всем современным гипотезам»*.

Это заявление говорит о том, что, отказавшись вслед за небулярной гипотезой от гипотезы катастроф, космогонисты должны были направить свои усилия на поиски новых возможностей.

В поисках новых путей

В переходные годы, когда одна космогоническая концепция сдавала свои позиции другой, новые открытия ввергли всю физическую науку в состояние глубокого кризиса.

В конце XIX века всесторонней критике подвергалась гипотеза Канта — Лапласа. Однако механизм формирования самой Земли оставался почти не затронутым критикой. По-прежнему считалось, что в результате сжатия допланетных тел температура их повышалась, и они расплавлялись. Затем светящиеся раскаленные тела постепенно охлаждались и покрывались твердой коркой, сохранив внутри огненно-жидкие ядра. Такими представлялись планеты Солнечной системы.

Убежденность в существовании раскаленного ядра Земли прочно базировалась на многочисленных наблюдениях, например, — на повышении температуры в шахтах с глубиной... Экстраполируя полученные результаты, геологи вычисляли глубины, на которых минералы должны были сначала плавиться, а затем переходить в газообразное состояние..

По мнению шведского физика Аррениуса, много занимавшегося вопросами космогонии, раскаленные до газообразного состояния недра Земли сжаты настолько сильно, что газы представляют собой фактически твердые тела, способные при изменении давления легко перемещаться в пределах своей области. Аррениус полагал, что толщина земной коры не более сорока километров. И что уже на глубине трехсот километров температура настолько высока, что все тела находятся в газообразном состоянии. Центр же Земли, по его мнению, заполнен газообразным железом. Шведский ученый считал, что радиус «железного» ядра не меньше восьмидесяти процентов радиуса Земли. Еще пятнадцать процентов составлял газообразный слой магмы горных пород, четыре процента — огненно-жидкий слой и только один процент земного радиуса в его модели занимала твердая кора.

Убеждение, что Земля сформировалась в результате медленного остывания, было всеобщим, и смена небулярной гипотезы на катастрофическую на эту точку зрения практически не повлияла.

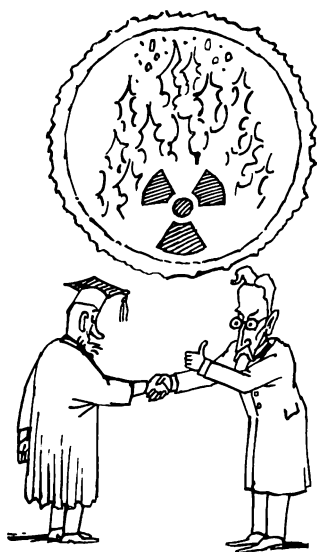
Были, правда, незначительные отступления от «общепринятого мнения». Так, шведский полярный исследователь Норденшельд, член Стокгольмской и член-корреспондент Императорской Санкт-Петербургской академий наук, обнаружив в глубинах ледяных пустынь Гренландии «космическую пыль», выступил со своей космогонической гипотезой, предполагающей рождение Земли в результате столкновения метеоритов. Но его точка зрения широкого распространения не получила.

Высказывались также предположения, что земная кора — это пыль, космические камни и прочие обломки, выпадавшие на нее за миллиарды лет существования. Однако геологов смущало то обстоятельство, что недры планеты не похожи на вещество, побывавшее в расплавленном состоянии.

В 1896 году французский физик Беккерель открыл радиоактивность — способность соединений урана испускать невидимые лучи. В 1903 году его соотечественник Пьер Кюри обнаружил, что в радиоактивных элементах одновременно с распадом атомов происходит и тепловое лучеиспускание. Причем последнее явно зависело от времени и количества распадающихся атомов. Эти работы положили начало новому взгляду на геологическую историю Земли, а следовательно, и на космогонию Солнечной системы.

В 1908 году в Дублине на съезде Британской ассоциации наук выступил профессор минералогии и кристаллографии Дублинского университета Джоли с докладом о геологическом значении радиоактивности. Выводы его были поистине сенсационными. Во-первых, расчеты показывали, что количества тепла, испущенного радиоактивными элементами земной коры, достаточно не только для существования магмы и вулканов, но и чтобы объяснить смещение континентов и горообразование. Докладчик, правда, не решился опровергнуть мнение, что природа тепла внутри Земли — космического происхождения. Но семя сомнения было брошено. По окончании доклада к Джоли подошел один из иностранных гостей съезда и, серьезно, очень искренне поблагодарив докладчика, сказал: «Вы мне открыли глаза!» Этим гостем был недавно избранный экстраординарный член Санкт-Петербургской академии наук, профессор Московского университета Владимир Иванович Вернадский.

Слова Вернадского не были простой вежливостью гостя. Ученый приехал в Дублин с твердыми представлениями менделеевской школы о неизменности химических элементов и неделимости атомов. И вдруг: «...явления радиоактивности связывают материю со временем в том смысле, что элемент материи —



атом — имеет строго определенную длительность, конечного существования и неизбежно распадается в ходе времени!» Эти слова, которыми Джоли закончил свой доклад, поразили Вернадского. Нелегко было Вернадскому разобраться в бесчисленных противоречиях новой физики, освоиться с новыми понятиями, согласно которым привычная мертвая и неподвижная материя состояла из меняющихся атомов, электроны которых находились в непрестанном движении. Однако мощный ум и основательная научная подготовка позволили ему не только удивиться, но и принять новые идеи, в корне менявшие основы существующего мировоззрения.

Съезд, бесспорно, удался. Один за другим поднимались на трибуну химики и физики — ученые с мировым именем, широким кругозором и глубокими познаниями. Это они своими экспериментами взламывали устоявшуюся картину мира, открывали новые свойства вещества.

На службе космогонии — геохимия

Вернувшись домой, Вернадский все чаще задумывается над общей схемой химической истории Земли. Его воображение рисует все более грандиозную картину, в которую наша планета вписывается на равных с остальными небесными телами. И все они объединяются общими законами мироздания.

Прошел всего год, и, открывая геологическую секцию XII съезда русских врачей и естествоиспытателей, Вернадский говорит о новой науке — геохимии. Надо изучать историю атомов как химических элементов, но от них пролагать путь к познанию космоса — вот задачи, которые стоят перед новой наукой. Как завороченные смотрели слушатели на стройного человека, стоящего на кафедре. Высокий глуховатый голос его маловыразителен, а доклад длинен. Но три часа собравшихся в зале не отпускает напряжение. Все, о чем говорил этот хмурый академик с пронзительным взглядом за стеклами очков и непокорным вихром — ново, оригинально и никогда ранее не слышано. Перед присутствующими прямо здесь, в зале, на их глазах, творилась новая наука.

С годами Вернадский надежно зарекомендовал себя сторонником новой атомистики, поражая коллег необычными выводами и такими широкими обобщениями, что даже те, кто, казалось, привык к переменам, только разводили руками.

В 1921 году в Петрограде вместе со своим учеником Хлопиным Владимир Иванович организует знаменитый Радиевый институт, из которого позже вышла плеяда замечательных советских физиков. И все эти годы он не устает пропагандировать новую точку зрения на геологическую историю Земли. В «Очерках по геохимии», изданных в 1927 году, Вернадский пишет: *«...атомная радиоактивная теплота, а не остаточная теплота остывающей планеты, как это думали еще совсем недавно, есть основной источник той теплоты, которая объясняет все геологические процессы, идущие на Земле».*

В 1937 году на XVII Международном геологическом конгрессе, состоявшемся в Москве, Вернадский окончательно сформулировал свою точку зрения на физико-химическую эволюцию Земли, включив ее в общую космогонию планетной системы. В своем докладе он уверенно говорил, что *«Земля — тело холодное, сформировавшееся, скорее всего, также «холодным способом».*

Даже в самых горячих очагах магмы, по его мнению, температура не могла подниматься выше 1200 градусов. Причем области высокой температуры, скорее всего, сосредоточены в земной коре, их мощность не превышает 60 километров, и они не представляют собой сплошного огненно-жидкого слоя. Температура же ядра Земли может оказаться очень низкой, не превышающей температуры метеоритов, попадающих к нам из космического пространства.

Вернадский был уверен, что геологический состав Земли не остается постоянным. Медленно, атом за атомом, одни химические элементы гибнут, давая жизнь другим. По мнению ученого, в состоянии радиоактивного распада находятся все химические элементы. Люди просто пока не владеют методами, позволяющими это явление обнаружить.

«Геохимия, — писал он, — является неразрывной частью космической химии». Это тоже был новый взгляд, переводивший решение некоторых космогонических проблем из умозрительных догадок в область эмпирическую, основанную на исследованиях и новых фактах.

В 1933 году советский астроном Всехсвятский сформулировал свою теорию извержений, согласно которой *«малые тела Солнечной системы, в частности кометы, возникают в результате эруптивных процессов на поверхностях планет-гигантов».* Эруптивными специалисты называют процессы, связанные с извержениями, с вулканизмом.

22 июня 1941 года Вторая мировая война перешагнула границы Советского государства и обернулась для нас Великой Отечественной войной. Линии фронтов перегородили страну, разорвали научные связи. Астрономы надели военную форму и занялись делами, весьма отличающимися от наблюдений и теоретических изысканий. В книге известного американского астронома Отто Струве «Астрономия XX века» называется несколько имен замечательных советских специалистов тех лет. Многие обсерватории и их научные сотрудники были эвакуированы в тыл. Профессор астрономии Ленинградского университета Огородников, как и многие другие, вступил добровольцем в ряды защитников великого города и воевал в течение блокады.

Послевоенный период показал небывалую интенсивность астрономических работ. Все понимали, что старые добрые времена умозрительного построения гипотез и спокойного теоретического истолкования избранной картины прошли навсегда. Вопросы формирования и развития небесных объектов нельзя было больше решать, не зная, что собой представляют эти объекты. В мире закладывались фундаменты новых обсерваторий. Успехи радиолокации военных лет обеспечили бурное развитие радиоастрономии. Наконец-то астрономы обрели возможность получать информацию о таких далеких объектах, находящихся на таких расстояниях, о каких раньше не смели и задумываться.

Из состава науки о происхождении и развитии небесных тел и их систем выделилась звездная космогония, опирающаяся на успехи астрофизики и радиоастрономии. Родилось в ее недрах новое направление — космогония галактик. Даже планетная космогония стала ветвиться на направления, каждое из которых требовало своего подхода. Так, одно из них решало проблему: откуда и как появилось возле Солнца вещество, из которого образовались планеты, и в каком состоянии это вещество находилось? Второе — касалось выяснения процесса образования планет из первичного вещества. Третье — интересовалось первоначальным состоянием Земли. И так далее, и так далее. А ведь были еще спутники, были кометы и астероиды.

Чтобы строить новые космогонические гипотезы, мало было отказаться от классической формы исследований. Отныне любая вновь выдвинутая теория не могла ограничиваться объяснением свойств одного лишь Солнца и его системы. Выводы должны были быть справедливы для миллиардов других звезд Млечного Пути и объяснять зарождение и существование множества других планетных систем. Сделать это было, пожалуй, труднее всего. Потому что хоть и существует мнение о том, что такие планетные системы весьма распространены в Галактике, пока еще никто их не наблюдал. Значит, трудно говорить, какие из особенностей нашей Сол-

нечной системы являются фундаментальными и обязательными для планетных систем вообще, а какие носят частный характер.

К середине XX столетия все известные раньше трудности возросли. Помните, мы сформулировали условие задачи для «точного» расчета» планетных движений: *«Дано: 18 небесных тел, положения и движения которых в данный момент известны...»* — и так далее. Затем, получив систему уравнений с двумястами шестнадцатью неизвестными, мы пришли к выводу, что для решения она, пожалуй, трудновата. Это относилось к временам двухсотлетней давности.

В XX веке число «законных» членов Солнечной системы, без учета влияния которых нельзя и думать о «точном» решении задачи их движения, перевалило за 2 тысячи... Это означало, что количество неизвестных в уравнениях стало больше 24 тысяч! А к этому, как вы помните, нужно еще добавить условия деформации, влияние приливов, дефекты массы Солнца и прибавление в весе планет... Необходимо учесть роль межпланетной среды, электромагнитные силы, и так далее, и тому подобное. Пожалуй, действительно любая попытка разрешения этой проблемы «дедовским способом» была безнадежной. Надо было снова искать выход из тупика.

Солнечная система, век XXI

Прежде чем переходить к рассказу о гипотезах планетной космогонии последних лет, стоит подвести некоторый предварительный итог тому, что мы знаем о нашей Солнечной системе. Накопились новые факты. Изменились методы исследований. Пополнился и список особенностей, сформулированных некогда Лапласом. Обо всем этом стоит поговорить хотя бы для того, чтобы иметь возможность составить собственный критерий оценки будущих гипотез. Попробуем составить некую анкету

Семейное положение Солнца и состав семьи.

Сначала автор порывался написать коротко и ясно: «Солнце — многодетно!» Но потом остановился. Если мы согласились с принципом объективного рассказа об эволюции взглядов на космогонию Солнечной системы, правильно ли будет высказанное краткое заявление? А если наше центральное светило и все планеты, спутники планет и астероиды, кометы и целые рои метеорных тел произошли одновременно из одного облака?... Какие же они в таком случае «отцы и дети»?

Правильнее остановиться на более осторожном определении: «Солнечное семейство многочисленно и разнообразно. Кроме самого Солнца — рядовой звезды — система состоит из большого

числа поименованных выше холодных тел, которые с завидным постоянством обращаются друг вокруг друга и все вместе — вокруг центрального тела — Солнца. Общее число их неизвестно, общая масса вычислена приблизительно и составляет десятые доли процента от солнечной массы. Кроме того, не исключено, что по сей день еще не все члены солнечного семейства зарегистрированы в «учетной книге» земной астрономии». Вот!.. Немного длинновато, но более верно. И ответ на вопрос о составе семьи (как и на вопрос о семейном положении) можно дать пока весьма неопределенный.

Где граница Солнечной системы?

К сожалению, и на этот вопрос однозначный ответ дать трудно. Казалось бы, наиболее правильно таковой считать орбиту Плутона, самой далекой планеты. Среднее расстояние от Солнца до него примерно 40 астрономических единиц (*напомним, что 1 а.е. равна 149 миллионам 504 тысячам километров*). Но титул «последней планеты» у Плутона сомнителен. Во-первых, согласно космическим исследованиям с помощью межпланетных станций, Плутон — вообще не планета. Скорее это большой астероид. Во-вторых, за его странной обитой вовсе не исключено существование и других планетоподобных небесных тел, также гуляющих на прочной цепи солнечного притяжения. Обнаружить их пока не удалось, но это — пока...

Кроме того, мы уже знаем, что в семейство Солнца входят и кометы. А по расчетам, самые дальние точки их орбит — афелии — лежат на расстояниях около 150 тысяч астрономических единиц от нашего светила. Это существенно раздвигает границы Солнечной системы, хотя и не дает ее предела. На какое же расстояние простирается влияние Солнца? Вопрос не такой простой. Ведь нужно учитывать еще и влияние всех 100 миллиардов звезд нашей Галактики.

Тут есть, правда, пути к упрощению. Если соединить все звезды в одну тяготеющую точку в центре Галактики и рассматривать ее вместе с Солнцем и обращающимся вокруг Солнца телом малой массы — типа космического корабля, то получится вариант задачи трех тел. А он в свое время был решен американским математиком Георгом Хиллом. И то максимальное расстояние, на котором может двигаться тело малой массы, оставаясь еще спутником одной из притягивающих масс, называется «сферой Хилла». Так, космический корабль, выброшенный за пределы всех планетных орбит, будет обращаться вокруг Солнца до тех пор, пока его расстояние от светила не превысит 230 тысяч астрономических единиц. Это и есть радиус «сферы Хилла» для Солнца. За ее пределами большая доля гравитационного влияния на наш корабль будет принадлежать тяготеющей

массе звезд Галактики, собранных нами в единую точку в центре нашей звездной системы.

Радиус «сферы Хилла» — очень интересная величина. Читатель, склонный к раздумьям, может с удовольствием поразмышлять над ней, имея в виду, что расстояние до ближайшей к Солнцу звезды — альфы Центавра — порядка 280 тысяч астрономических единиц. То есть она находится чуть-чуть за пределами «сферы Хилла» для Солнца. А если бы не было этого «чуть-чуть»? Впрочем, такие предположения уже выходят за рамки нашей книги.

Итак, примерная граница Солнечной системы установлена. Что еще нужно знать, чтобы начать оценивать космогонические гипотезы?

Особенности Солнечной системы.

Перечисляя основные особенности Солнечной системы, Лаплас писал: «Планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и примерно в одной плоскости».

Пожалуй, сегодня эта особенность не должна выглядеть столь категорично. Наклон плоскости орбиты Меркурия к экватору Солнца 7 градусов, а орбита Плутона отклоняется на 17 градусов 8 минут... (Напомним еще раз, что с 2007 года Плутон лишен статуса планеты.)

Затем Лаплас требовал объяснить, почему все спутники движутся вокруг своих планет в том же направлении, что и планеты вокруг Солнца.

С этим пунктом его списка особенностей дела обстоят хуже всего. С тех пор ассортимент спутников планет сильно пополнился. И вот, пожалуйста: несколько спутников Юпитера, как оказалось, имеют обратное направление обращения.

Можно, конечно, успокаивать себя тем, что внешние спутники гигантской планеты — астероиды, захваченные ее полем притяжения. Но как быть тогда с Фебой, девятым спутником Сатурна, открытым Пикерингом в 1898 году? Феба тоже обращается в обратном направлении, но это наверняка не астероид. Скорее уж это кометное ядро.

Имеют обратное направление обращения и ряд спутников Урана. Да и сам Уран — сплошная загадка для космогонии. Он, как мы уже говорили, «лежит» на своей орбите, да еще и «головкой вниз». Плоскость его экватора составляет угол около 98 градусов с плоскостью орбиты.

Непонятной до сих пор остается и причина, по которой обратное направление имеют обращающиеся вокруг Нептуна спутники Тритон и Нереида.

По мнению Лапласа, вращение всех планет и Солнца вокруг своих осей происходит в одну и ту же сторону, а плоскости их экваторов имеют слабый наклон к плоскости их орбит.

Увы, это замечание тоже нуждается в поправках, так как и Уран, и Венера вращаются в обратную сторону, а о плоскости экватора Урана мы уже говорили.

Эксцентриситеты известных во времена Лапласа планетных орбит и спутников были очень малы. Но сегодня и это утверждение не годится ни для Меркурия, ни для Плутона. Их эксцентриситеты соответственно равны 0,20562 и 0,24864. Если же сравнивать между собой еще и орбиты спутников, то и здесь особого единообразия не наблюдается. Орбиты внешних спутников Юпитера достаточно вытянуты. А уж об орбите спутника Нереиды и говорить нечего — она напоминает собой путь настоящей кометы. Этот спутник приближается к Нептуну на 1 миллион 600 тысяч километров и удаляется от него на 9 миллионов 600 тысяч километров...

Лишь последняя особенность, сформулированная Лапласом, остается в неприкосновенности: «Орбиты комет имеют большие эксцентриситеты и любые углы наклона к плоскостям планетных орбит». Но объяснению этой особенности посвящены специальные гипотезы.

Мы можем смело сказать, что с такой неопределенной и неточной анкетой выезд, к примеру, даже за пределы собственной страны был бы затруднителен...

Особенности особенностей

Космогонисты давно ощущали потребность в создании перечня фундаментальных фактов, объяснение которых имело бы значение не только для происхождения одного солнечного семейства, но и для планетных систем любых других звезд. Задача эта — сложности невероятной. Ведь пока известна всего одна планетная система. И кто может гарантировать, что ее особенности явятся законом для других систем? Тем не менее в 1948 году голландский астроном Тер Хаар опубликовал один из таких перечней, разделив все известные факты на четыре группы.

В первую группу входили вопросы, касающиеся уже знакомых нам закономерностей орбит. Например, почему направления обращений планет и Солнца одинаковы? Почему у орбит планет и у большинства их спутников такие малые эксцентриситеты? Наконец, почему плоскости планетных орбит так близко совпадают с экваториальной плоскостью Солнца?

Ко второй группе фактов Тер Хаар отнес закономерности изменения расстояния планет от Солнца. Этим требованием он откликнулся на давние усилия многих астрономов подвести теоретическую базу под любопытный чисто эмпирический закон Тициуса — Боде.

Правило Тициуса — Бодде гласит, что расстояние от Солнца до любой планеты в астрономических единицах можно приближенно найти по простой формуле $Rn = 0,4 + 0,075 \cdot 2n$, где n — порядковый номер планеты.

Третья группа фактов включала в себя вопросы, касающиеся причин деления планет на две группы: планеты земного типа и планеты-гиганты. Почему небесные тела обеих групп так резко отличаются друг от друга?

И, наконец, четвертая группа фактов касалась рокового распределения момента количества движения: у планет — 98 процентов, у Солнца — 2 процента.

Не все специалисты были согласны со списком Тер Хаара. Советские астрономы Фесенков и Крат предлагали расширить опубликованный перечень фактов и добавить в него новые пункты. Однако никакой, даже самый подробный список не в состоянии учесть все загадочные особенности, нуждающиеся в объяснении.

Эра исследований космоса с помощью спутников и межпланетных кораблей, начавшаяся запуском советского искусственного спутника Земли в 1957 году, каждый день приносит новую информацию. Сегодня космогонические гипотезы должны суметь объяснить не только отличие физических особенностей планет земной группы от планет-гигантов, но и объяснить особенности в их движениях. Почему, например, Меркурий и Венера вращаются так медленно, тогда как Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун крутятся чрезвычайно быстро? Не нашел пока удовлетворительного объяснения и факт обилия астероидов и метеорных тел в пределах Солнечной системы. Что это — остатки «строительного мусора» или осколки некогда существовавшей и разлетевшейся на осколки планеты Астероидии? Обе гипотезы имеют своих сторонников и противников.

Рядом стоит и загадка колец Сатурна. Как и в результате каких действий удалось природе создать это явление, особенно если учесть, что оно вовсе не так уж уникально?

Впрочем, чтобы отыскать особенности и загадки, не нужно даже особенно сильно напрягать зрение и ум. Уж, кажется, Луна известна всем и каждому. Там побывали даже люди. Но вот что такое Луна — спутник или самостоятельное небесное тело, пока так никому и не известно. И система Луна — Земля по-прежнему уникальна. Такого относительно крупного спутника нет больше ни у одного из «родственников» Земли. Как же представить себе тайну его происхождения?

Фактов множество. Из них можно, наверное, составить целую книгу и назвать ее в духе минувших времен — «Загадки и нерешенные вопросы».

шенные вопросы планетной системы» или, более современно, — «Солнечная система вчера, сегодня, завтра».

Ныне исследование солнечной системы вступило в новую фазу — фазу непосредственного изучения. Открыты радиационные пояса Земли и неожиданные подробности строения атмосфер Венеры и Марса. Радиоволны принесли на Землю новую информацию с космических кораблей о Меркурии и Юпитере. Приборы позволили уточнить массу Юпитера и подтвердили, что эта планета излучает примерно в 2,5 раза больше тепловой энергии, чем получает от Солнца. Почему?..

Все это должно быть учтено космогоническими гипотезами. Однако получается, что новая информация пока не столько способствует созданию новых гипотез, сколько разрушает старые — одну за другой... Поэтому описанию именно этого процесса и будут посвящены следующие разделы нашей с вами книги.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

СВЕЖИЕ ТЕЧЕНИЯ В КОСМОГОНИИ

Гипотеза Вейцеккера

Карлу Фридриху Вейцеккеру шел в 1943 году тридцать второй год. Германия воевала, и ее дела на восточном фронте были, мягко сказать, весьма неважными. Но Карл Фридрих не носил сапог с голенищами раструбом, за которые солдатам вермахта так удобно было запихивать магазины к автомату. Карл Фридрих Вейцеккер был астрономом. Фюрер уважал звездочетов. В коридорах Ставки мышинными шажками шмыгали астрологи и прочие «оккультных дел мастера», предвещавшие Гитлеру победу. Вейцеккер использовал свободное время для разработки новой космогонической гипотезы.

Какой же путь он выбрал? Ведь и небулярная, и катастрофическая гипотезы достаточно сильно скомпрометировали себя в прошедшие годы!

Он не стал выдумывать ничего нового, а вернулся к взглядам Канта — Лапласа, выступив в поддержку идеи конденсации тел из разреженного тумана. Опять небулярная гипотеза?!!

Да, небулярная! Но не «опять». Слишком свежи были еще упреки ученого мира в адрес гипотезы Джинса — Джеффриса, чтобы кто-нибудь мог позволить себе рискнуть встать на защиту катастрофической идеи. Другое дело — детище Канта и Лапласа. С той поры утекло немало воды. Может быть, новые достижения физики помогут создать правдоподобный механизм для гипотезы конденсации?

И Вейцеккер обращается за помощью к разработанной в последние годы теории турбулентности. Этим термином специа-

листы обозначают явление, которое наблюдается во многих жидкостях и газах. Заключается оно в том, что скорость, температура, давление а главное — плотность вещества испытывают случайные хаотические флуктуации — отклонения от средних значений. А это означало, что все указанные характеристики в однородной сначала туманности могли нерегулярно меняться с течением времени от точки к точке. Следовательно, в плоском диске туманности могли возникнуть отдельные вихри.

В популярном обзоре, который был опубликован после войны в американском астрофизическом журнале за подписями Гамова и Хайнека, говорилось: *«...эти вихревые движения аналогичны вращению шариков в подшипнике. Если внешнее кольцо подшипника (вихрь) движется по часовой стрелке, а внутреннее — против часовой стрелки, то вращение шариков будет происходить в «прямом» направлении как это имеет место у планет».*

В местах встречи соседних вихрей частицы сталкиваются, слипаются, и постепенно там формируются планеты.

«Планеты росли за счет мелких осколков, сконденсировавшихся тяжелых элементов. Спутники образовались подобным же образом в меньших туманностях, обволакивавших планеты. Направление обращения спутников и вращения планет объясняется конвективными токами», — писал Вейцеккер.

Теория турбулентности, по его мнению, могла объяснять не только отмеченные Лапласом особенности Солнечной системы, но и распределение планет в пространстве, расположение их орбит и распределение момента количества движения.

Теория немецкого астронома была хорошо встречена специалистами. Впрочем, в 1945 году во всем мире господствовала несколько восторженная атмосфера послевоенного оптимизма. Правда, претензий и к ней с первых же дней было высказано немало. Но главным достоинством новой работы, по мнению тех же Гамова и Хайнека, являлось то, что *«Вейцеккер внес свежую струю в стоячее болото теорий происхождения планет».*

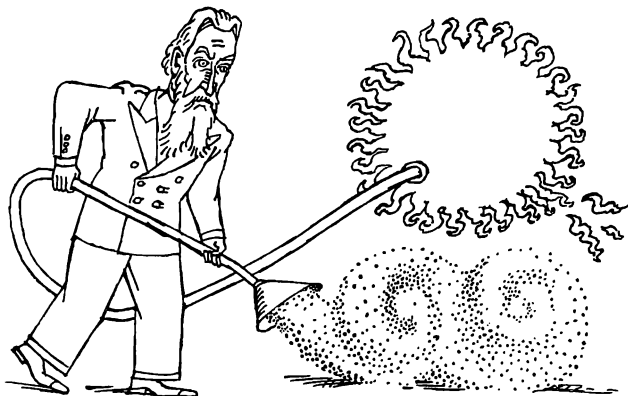
Гипотеза Шмидта

В 1944 году в «Докладах Академии наук СССР» были опубликованы две первые статьи Отто Юльевича Шмидта, посвященные космогонической гипотезе Солнечной системы. И до конца жизни академик Шмидт занимался ее разработкой, создав большой творческий коллектив из молодых талантливых астрономов и математиков.

Интерес к его работе был огромен. Когда 31 января 1947 года он решил выступить с докладом на пленарном заседании Второго Всероссийского географического съезда Академия была поистине атакована людьми. Не только конференц-зал, но и все прилегавшие к нему помещения были заполнены до отказа. Затаив дыхание, люди слушали глуховатый голос Шмидта, докладывавшего «Новую теорию происхождения Земли и планет».

В чем же заключалась основная идея его гипотезы? Некогда, возможно несколько миллиардов лет назад, одинокая звезда — Солнце — встретила на своем пути во Вселенной большую газопылевую туманность. Таких скоплений довольно много в космосе, и встреча с ними не носит столь уникального характера, как, например, встреча с другой звездой. В результате состоявшегося свидания значительная часть туманности последовала за Солнцем. Избыток его скорости относительно туманности придал диффузной материи момент количества движения, не связанный с моментом вращения светила. По законам природы облако начало вращаться, сплющиваться, сжиматься. Отдельные частицы стали сливаться друг с другом, образуя более крупные тела. И вот уже не газопылевое облако, а густой поток метеорных тел облетает Солнце. Метеоры сталкиваются, слипаются. В областях, близких к Солнцу, обращаются плотные комья будущих планет. Дальше от живительного тепла в состав этих комьев входят более легкие вещества, в том числе замороженные газы... Так образовалось солнечное семейство.

Шмидт не был астрономом-профессионалом. Да и сама идея встречи и последующего захвата газопылевого облака Солнцем во время его движения вокруг центра Галактики тоже была не нова. Об этом еще в конце XIX и в начале XX столетия говорили и писали многие. Шмидт внимательно изучил гипотезы предшественников, взяв из них рациональные зерна.



У Канта он взял идею о пылевом облаке и о пылевых частицах как исходном материале для формирования планет, а также идею «холодного» происхождения Земли.

У Лапласа — мысли о роли конденсации газа в формировании планет, аналогию с туманностями, наблюдаемыми в нашей Галактике, мысль о сжатии и уплотнении вращающейся туманности.

У Мультона и Чемберлина он взял идею о планетезималиях как переходной форме к планетам.

У Джинса — идею о том, что момент количества движения планет может быть привнесен извне в результате встречи Солнца с другим небесным телом.

«Но, несмотря на это, — писал Бронштэн в книге «Беседы о космосе и гипотезах», — гипотеза Шмидта не была похожа ни на одну из ранее предложенных гипотез и не являлась их компиляцией. Эта гипотеза была совершенно самостоятельной».

Новая гипотеза получилась отменной. Она легко расправлялась с целым рядом трудностей, встречавшихся у других авторов, неплохо объясняла главные особенности Солнечной системы. Но были у нее и слабые стороны. Одна из них — само предположение о захвате Солнцем части встретившегося газопылевого облака.

Здесь нам придется снова вернуться к законам, которые диктует небесная механика. А законы эти говорят, что одинокая звезда одинокую туманность захватить в принципе не может. Это было доказано при решении «задачи двух тел».

Представим себе, в пустом бесконечном пространстве имеются два тела: одним из них пусть будет неподвижное Солнце — тело *A*, другим — пролетающая мимо туманность — тело *B*. Под действием сил притяжения тела *A* траектория тела *B* искривляется и становится гиперболой. Но ветви гиперболы уходят в бесконечность. Чтобы осуществился захват туманности (тела *B*), ее надо сначала затормозить, чтобы перевести с гиперболической орбиты на эллиптическую. Однако одно Солнце сделать это не в состоянии. Даже если бы у туманности не было первоначально никакой скорости и сближаться оба тела стали бы под действием лишь собственных сил притяжения, то и тогда захват произойти бы не смог. Туманность, пришедшая из бесконечности, обогнула бы Солнце по параболической траектории и снова ушла бы в бесконечность. Нет, для захвата нужны другие условия!

А что, если рассмотреть задачу не двух, а трех тел? Впрочем, такая задача уже была решена французским математиком Жаном Шази. Согласно его решению, и в случае трех тел захват одного из них также невозможен. Шмидт не поверил Шази. Сформулировав начальные условия, он засел за расчеты. А когда первая прикидка показала, что, может быть, все-таки прав он, а не Шази, передал задачу Парийскому — тому самому знаменитому астро-

ному и математику, который доконал своим численным расчетом гипотезу Джинса. Не подвел Парийский и в этом случае. Уже в первом своем докладе Шмидт уверенно говорил о возможности захвата в системе трех тел.

Однако этот вариант хоть и имел вероятность большую, нежели джинсовская встреча звезды со звездой, был все же искусственен. Мысли Шмидта были полностью заняты этой проблемой. В 1951 году ему исполнилось 60 лет. Друзья преподнесли юбиляру шутливые вирши:

На бреге бездны мировой
Сидел он с длинной бородой
И вдаль глядел...

Так начинались стихи. Потом шло рифмованное описание механизма гипотезы. И заканчивалась поэма сетованием на нерешенную проблему захвата:

И перед новой теорией
Главой склонился б и Лаплас,
Когда бы о захвата роли
Не продолжался спор у нас.

А спор о механизме гравитационного захвата действительно все продолжался. И хотя ряд астрономов предлагали свои оригинальные решения этой проблемы, большинство специалистов склонялось в пользу совместного образования Солнца и протопланетного облака. В этой части проблемы постепенно все возвращалось «на круги своя», возвращалось в лоно классической гипотезы.

Единая космогоническая проблема происхождения Солнечной системы разбивалась на части. Отчаявшись, специалисты оставили в покое вопросы о том, как и откуда Солнце приобрело себе туманность, и принялись за обсуждение этапов эволюции уже готового облака возле готового Солнца.

Конечно, полной картины при этом не получить, но, может быть, удастся разработать теорию «механизма» образования планет из пыли и газа.

На решение задач, связанных с таким частичным подходом к проблеме происхождения Солнечной системы, много труда положила группа сотрудников Института физики Земли АН СССР под руководством Левина. Очень интересные и плодотворные исследования провели ленинградцы Гуревич и Лебединский.

В процессе работы над гипотезой Шмидт показал образец современного стиля в науке. Так, начав в одиночку, он уже через некоторое время работал с коллективом представителей самых раз-

личных специальностей. Это дает нам право считать его теорию первым коллегиальным трудом в области космогонии.

В книгах можно прочесть о разном отношении к космогонической теории Шмидта. Причем, как правило, и pro и contra бывают одинаково убедительными. Нельзя не согласиться с замечанием о том, что рассматривать процесс возникновения планетной системы при готовом Солнце, пренебрегая эволюцией центрального светила, вряд ли правомерно. Скорее следовало бы считать, что проблема планетной космогонии самым тесным образом связана с вопросами происхождения не только Солнца, но и звезд, и звездных систем.

Не получилось у гипотезы захвата и удовлетворительного объяснения совпадения направления вращения Солнца и планет, а также малых отклонений плоскостей орбит больших планет от экваториальной плоскости Солнца.

Не сумела «гипотеза Шмидта» удовлетворительно объяснить и распределение планет по расстояниям. Не дала она объяснения уникальности спутника Земли — Луны...

У многих вызывал сомнение даже главный тезис теории Шмидта — образование Земли из холодных частиц. Сторонники разогрева нашей планеты на ранней стадии ее образования утверждали, что в эволюции Земли большую роль должны были играть физико-химические, а не только гравитационные процессы. Но представить себе их в холодном коме первоначально слипшегося вещества трудно.

Вызывало недовольство специалистов и то, что «гипотеза Шмидта» «не могла предсказать ни одной ранее известной особенности солнечной системы, что косвенно говорило о неубедительности ее основных положений». Так эти претензии были сформулированы астрономом Всехсвятским.

Все эти недостатки не были тайной для тех, кто многие годы занимался разработкой шмидтовской гипотезы. Почему же они не остановились, почему не бросили на полпути всю эту массу невероятно утомительных и, по-видимому, бесплодных расчетов? Может быть, не так уж они были бесплодны? В науке ничто не пропадает даром, если, конечно, не иметь в виду откровенно антинаучных бредней.

Теоретические задачи теории захвата, которыми прилежно занимались специалисты по небесной механике, оказались неопределенным вкладом в развивающуюся космонавтику. Вы спросите: как? А вот как.

Представьте себе, что нам надо запустить автоматическую межпланетную станцию (АМС) на Марс или Венеру. Чтобы освободиться от материнских объятий земного притяжения, ракета-носитель должна сообщить космическому летательному аппарату

(КЛА) третью космическую, или «гиперболическую» скорость удаления от Земли. Но чем большая требуется скорость, тем мощнее должны быть двигатели ракеты. А это проблема номер один! Это стоит денег! А нельзя ли как-нибудь обмануть природу и запустить космический корабль так, чтобы, направляясь, скажем, к Марсу с явно недостаточной скоростью, он прошел бы мимо Луны, которая своим притяжением подтолкнула его, направив как раз в нужном направлении?

Но при чем здесь космогония? — спросите вы. Так вот, дело в том, что проблема «гравитационного разгона» космического аппарата — ближайшая теоретическая родственница тех самых задач, которые решает теория захвата. И можете поверить, что точность попаданий автоматических межпланетных станций на Венеру и Марс немало обязана теоретическим работам по космогонии. Так же, впрочем, как полеты станций к Юпитеру с гравитационным маневром у Марса и к Меркурию с добавлением гравитационного импульса Венерой.

Гипотеза Гамова

Вейцеккер в своей работе широко использовал достижения теоретической физики, и все-таки ряд вопросов ему пришлось обойти молчанием. Сначала казалось, что это пустяки, частности. Главное — это представление обо всем «механизме» образования планетной системы из облака диффузной материи. Но именно на эти частности обратил внимание американский физик Гамов. В послевоенные годы он по праву занимал место в десятке лучших ученых Америки. Он консультировал манхэттенский проект, занимался проблемой происхождения химических элементов, много писал и выступал, удовлетворяя вдруг возникший интерес к науке среди военных, журналистов и непросвещенных масс. Широкая эрудиция, развитое воображение и бойкое перо помогли ему перейти от отдельных уточнений вейцеккеровской гипотезы к картине детального образования планет.

Вейцеккер считал, что первоначальная туманность, как и Солнце, должны были содержать очень немного тяжелых элементов. Гамов уточнил это положение и развил его. В состав туманности, по его мнению, входили в основном водород, гелий и пыль. Подобная смесь, даже «разведенная очень жидко», должна обладать известной вязкостью. Значит, при вращении по принципу сепаратора легкие газы будут выталкиваться из центральных областей и скоро вообще уйдут от Солнца на периферию. Там они станут конденсироваться, налипать на твердые частицы и образовывать сгущения — зародыши будущих планет-гигантов. Гамов да-

же рассчитал скорость описанной эволюции. Для образования сгущений диаметром в один сантиметр из «жидкого киселя» первичной туманности понадобится всего несколько лет. А через сто миллионов лет поперечник зародившегося сгущения может достигнуть диаметра Юпитера.

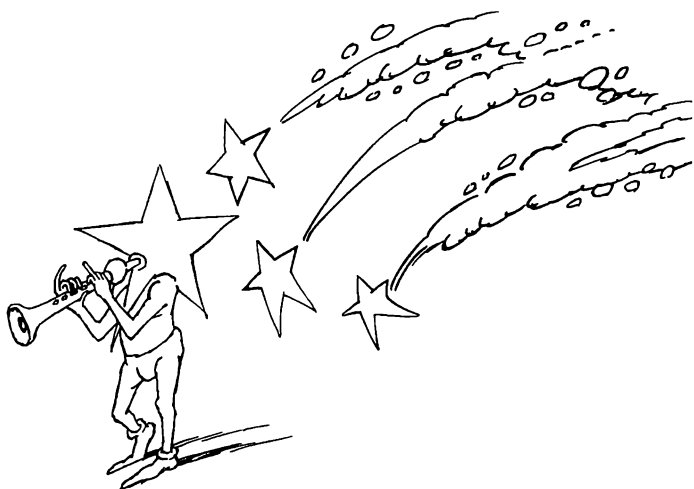
В центральной околосолнечной области картина другая. Там частицы, движущиеся по кеплеровским орбитам, должны часто сталкиваться. При этом одни будут слипаться, другие же — обращаться в пар... Понятно, что в центральной области сгущения будут более плотными, без смерзшихся газов.

Описанная «сортировка» первоначального вещества определяет и различия в химическом составе планет земного типа и планет-гигантов, и характер распределения их масс по степени удаленности от центрального светила. Так ловко расправился Гамов с особенностями, которые много лет были «камнем преткновения» на пути космогонических гипотез.

Картина, нарисованная Гамовым, была красочной, полной внутреннего драматизма и очень убедительной. Но, увы, и его рецепты не сумели удовлетворить всех запросов космогонистов. Нет-нет да и возникала на астрономическом горизонте какая-нибудь темная тучка. «Вновь наблюденная» особенность Солнечной системы, которая не влезала в предложенную теоретическую схему. Так еще в гипотезе Вейцеккера не получалось объяснения происхождения комет. Их разнообразие никак не поддавалось единому «механизму» образования Солнечной системы. Может быть, они вообще чужаки, случайно залетевшие к нам из «горних сфер»? Небесные скитальцы, которых так боялись в прошлые века и которые в наше время получили презрительное название «видимое ничто», самым удивительным образом распадались на коротко- и долгопериодические небесные тела. Первые никакой загадки собой не представляли, поскольку их афелии группировались возле планет-гигантов. И их происхождение уместно было связывать с этими планетами. А вот вторая группа...

Гипотеза Оорта

Директор Лейденской обсерватории профессор Оорт собрал огромное количество информации по долгопериодическим кометам. Он выписал значения больших полуосей их орбит и обнаружил, что большинство из них имеют величину примерно в 150 тысяч астрономических единиц. Может быть, все-таки кометы-«чужаки» и поставляются межзвездным пространством? Нет, Оорт был убежден, что они — члены солнечного семейства, путешествующие вместе с нашим светилом по Вселенной. А что такое тогда 150 ты-



сяч астрономических единиц? И профессор Оорт возрождает старую идею, высказанную еще итальянским астрономом XIX века Скиапарелли об облаке комет, окружающем Солнечную систему. Он облачает ее в изящную математическую форму, утверждая, что 150 тысяч астрономических единиц не что иное, как критическое расстояние. (Вспомните-ка сферу Хилла.) Если большая полуось кометной орбиты выйдет за этот предел, главной возмущающей силой станет уже не Солнце, а звезды. Их влияние может быть настолько велико, что вполне способно увести дальних странников за пределы Солнечной системы. Звезды же влияют и на то, что самые дальние кометы, постепенно изменяя свои орбиты, переходят в ближнюю область и становятся видны с Земли.

Гипотеза Оорта объясняла многие особенности кометного семейства. Причем результаты его теоретических выводов совпадали с расчетами наблюдателей.

Источником образования комет Оорт считал возможный взрыв планетоподобного тела, орбита которого пролегла некогда между Марсом и Юпитером. Одни осколки получили при этом примерно круговые орбиты и потеряли под действием солнечных лучей имевшийся первоначально газ. При этом они стали обычными малыми планетами и метеоритами. Другие, получившие эллиптические орбиты, испытав на себе возмущения многих планет, смогли удержать при себе и лед, и аммиак, и метан, потому что на таких больших расстояниях (порядка 100 тысяч а.е.) свет Солнца во много раз слабее, чем на Земле. И его лучи не в состоянии произвести необратимых изменений в составе кометы.

Пожалуй, гипотеза Оорта впервые более или менее свела концы с концами в вопросе происхождения комет и нашла им место в общей космогонии Солнечной системы.

Гипотеза Койпера

Работы Вейцзеккера оказали большое влияние на многих зарубежных космогонистов. Американский астроном, голландец по происхождению, Койпер начиная с 1949 года также занимался разработкой гипотезы, в которой, как и у Вейцзеккера, учитывались только силы гравитации. Койпер полагал, что Солнце образовалось в результате сжатия плотного облака межзвездного газа. При этом вокруг новообразовавшейся звезды сохранилась туманность в форме диска с радиусом в несколько десятков астрономических единиц. Из этого-то строительного материала большие вихри вейцзеккеровского типа и образовали большие и рыхлые протопланеты.

Правда, у Вейцзеккера были еще и малые промежуточные вихри, которые помогали объяснять прямое вращение планет.

У Койпера промежуточных вихрей не было. Но его большие вихри теоретически должны были закручивать протопланеты в направлении, обратном существующему. Чтобы оправдать эту неувязку, он вынужден был придумывать дополнительные предположения.

Койпер называл протопланеты большими, ибо считал, что до девяноста девяти процентов своей массы они должны были потерять под воздействием корпускулярного излучения Солнца, прежде чем сформировались окончательно. Жесткий «солнечный ветер» просто «сдул» эту массу с рыхлых комьев протопланет. Потому-то, дескать, в близких к Солнцу планетах земного типа так остро не хватает водорода по сравнению с более удаленными планетами-гигантами.

Земля, по мнению Койпера, скорее всего, никогда не была в расплавленном состоянии. Ее разогрев мог происходить за счет распада радиоактивных элементов. Впрочем, на заре своего существования наша планета могла быть эластично-мягкой.

Кольцо Сатурна он считал остатком туманного диска, который окружал эту планету при ее формировании.

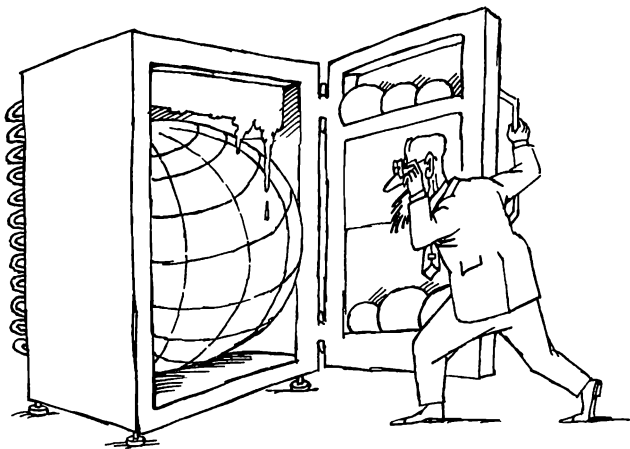
Происхождение спутников, по Койперу, ничем не отличается от происхождения планет. А Луна, возраст которой, по его мнению, не менее миллиарда лет, является самостоятельным холодным небесным телом. Впрочем, в последние годы эта точка зрения претерпела некоторые изменения. Койпер отдавал предпочтение гипотезе о важной роли вулканизма как в истории Луны, так и в развитии других небесных тел.

Гипотеза Эпика

Примерно в те же годы, когда Койпер разрабатывал свою теорию, в Эстонии на Тартуской обсерватории работал астроном Эрнст Эпик. А в 1960 году, в Нью-Йорке, вышла его работа, в которой он так же пытался нарисовать космогоническую картину.

Его не интересовал вопрос о происхождении первичной туманности. За исходные данные он взял существование Солнца и готовой туманности около него. Это — как данность. Из-за своего вращения туманность получилась неоднородной. В плоскости эклиптики образовались более плотные полосы пыли, которые полностью поглощали солнечный свет. Испарившиеся газы, попадая в область почти абсолютного нуля, конденсировались, образовывали снежинки и намерзали на частицы пыли, создавая планетезимали, которые объединялись в протопланеты. И чем больше становилась их масса, тем с большей скоростью врезались в них планетезимали, выделяя при этом все больше и больше тепла. Будущая планета — Эпик рассматривал в качестве примера Землю — разогревалась: лед таял, газы испарялись и уходили в космос, а тяжелые каменные и металлические частицы оставались, создавая тело планеты.

Сейчас много говорят об изменении климата Земли. Причем одной из причин специалисты считают парниковый эффект. Это значит, что из-за сильного загрязнения атмосферы замедляется теплоотдача Земли и общая температура повышается. Немалую роль, считал Эпик, играл парниковый эффект и в начале жизни Земли, когда наша планета была окружена первородной пылью. Пыль служила преградой излучению тепла планетой, и она могла разогреться до расплавленного состояния. В жидкой Земле тяжелые и легкие вещества разделились: металлы опустились к центру,



а каменистая лава, нефть и вода поднялись к поверхности. Постепенно пространство вокруг Земли очистилось от пыли, и планета стала остывать, несмотря на тепло солнечных лучей. Так представлял себе картину формирования Земли астроном Эрнст Эпик.

Он не соглашался с выводами Дарвина по поводу Луны и полагал, что спутник возник возле Земли как самостоятельное небесное тело, а лунные кратеры считал следствием только падения метеоритов, отрицая возможность вулканической деятельности на нашем спутнике.

Тем печальнее прозвучало для него сообщение астронома Козырева, наблюдавшего извержение в одном из лунных кратеров. Можно было, конечно, подвергнуть это сообщение сомнению. Но вслед за Козыревым и американские астрономы заметили следы вулканической деятельности на Луне. И, наконец, первые астронавты, облетавшие Луну, увидели красный отблеск в безжизненных горах,

Нет, не так-то легко, даже имея достаточно данных, сконструировать гипотезу, которая удовлетворительно ответила бы на все вопросы. Похоже было, что классический путь с привлечением одних только гравитационных сил для объяснения образования планетной системы изживал себя окончательно.

Гипотеза Альвена и Хойла

Еще в 1912 году Биркеланд попытался ввести в космогонию Солнечной системы электрические и магнитные силы. Получилось на первый раз не очень убедительно. Конечно, если принять во внимание, что первоначальная туманность должна была состоять из смеси заряженных частиц, тогда Солнце благодаря мощному корпускулярному излучению и магнитному моменту вполне было в состоянии сыграть роль «сепаратора». Вокруг него постепенно могли образоваться слои или кольца из этих заряженных частиц. Согласившись с механизмом, предложенным Биркеландом, мы вправе ожидать, что все планеты по составу будут резко отличаться друг от друга. Но почему тогда метеориты, выпадающие на Землю, имеют с ней такой сходный состав?

После окончания Второй мировой войны шведский астрофизик Ханнес Альвен предложил гипотезу образования планет главным образом в результате действия электромагнитных сил.

Альвен исходил из предположения, что некогда Солнце обладало очень сильным магнитным полем. Туманность, окружавшая светило, состояла из нейтральных атомов. Под действием излучения и столкновений атомы ионизировались, то есть получали заряд. И тогда ионы попадали в ловушки из магнитных силовых ли-

ний. Вращающееся светило увлекало их за собой. Постепенно Солнце теряло свой вращательный момент, передавая его газовому облаку.

Трудность предложенной гипотезы заключалась в том, что атомы наиболее легких элементов должны были ионизироваться ближе к Солнцу, атомы тяжелых элементов — дальше. Значит, и ближайшие к Солнцу планеты должны были бы состоять из наилегчайших элементов, то есть из водорода и гелия, а более отдаленные — из железа и никеля. Но наблюдения говорили об обратном.

И все-таки электромагнитные силы должны были играть немалую роль в формировании Солнечной системы. Это было ясно всем. И тогда английский астроном Хойл разработал новый вариант гипотезы. Сначала в ней все шло, как уже предполагалось не раз и раньше. В недрах туманности зародилось Солнце. Оно быстро вращалось, и туманность становилась все более и более плоской, превращаясь в диск. Постепенно этот диск разгонялся, а Солнце, соответственно, тормозилось. Момент количества движения переходил к диску. И постепенно в нем образовались планеты.

Стоп! Стоп! — скажет читатель.. Здесь же нет ничего нового и неожиданного. Обычный скелет небулярной гипотезы. Правильно! Новое — в частности. И прежде всего в том, как происходила передача момента. Вот тут-то и вступали в игру, по мнению Хойла, магнитные силы. Если предположить, что первоначальная туманность уже обладала магнитным полем, то вполне могло произойти перераспределение углового момента. Хойл доказал это. Ну, а как быть с различными плотностями планет, с которыми не справилась гипотеза Альвена? Хойл допустил, что момент передается от Солнца не всем частицам туманности, а только тем, что составляют газовую составляющую туманности. Это и понятно, они легче превращаются в ионы. Он так и пишет: *«Приобретая момент количества движения, планетное вещество удалялось от солнечного сгущения. Нелетучие вещества конденсировались и отставали от движущегося наружу газа. Именно с этим процессом связан тот факт, что планеты земной группы:*

- 1) имеют малые массы;
- 2) почти полностью состоят из нелетучих веществ;
- 3) находятся во внутренней части системы».

Хойл считал, что подобный механизм вообще должен создавать условия для существования возле Солнца некой каменно-железной зоны. В широком промежутке между орбитами Марса и Юпитера она переходит в область, в которой преобладают вода и аммиак.

Здесь, на уровне Юпитера и Сатурна, снежинки и замерзший аммиак объединяются, собирая вокруг себя большое количество несконцентрировавшегося газа.

Юпитер и Сатурн хорошо подходили под эту схему. Плотность Сатурна, отстоящего дальше от Солнца, как и полагалось по гипотезе, меньше плотности Юпитера. Но как быть с еще более далекими планетами — Ураном и Нептуном, плотности которых снова растут? И Хойл предложил новый механизм: дескать, здесь, на этом уровне, в условиях холода космического пространства, вода и аммиак вымораживаются, а водород уходит в межзвездные области. Тогда здесь остаются и могут концентрироваться лишь более тяжелые углеводороды.

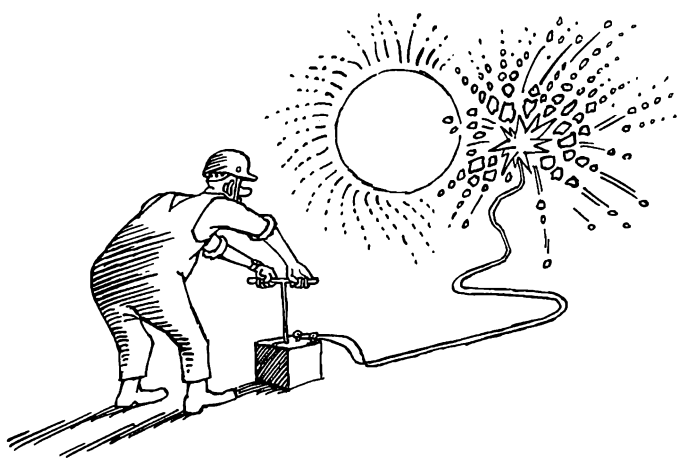
Вторая часть гипотезы Хойла, объясняющая механизм образования планет, менее убедительна, чем та, которая касается образования протопланетной туманности. Здесь ее создателю приходится идти на ряд искусственных допущений, снижающих достоверность всей картины.

Не смог Хойл удовлетворительно объяснить и спутниковую проблему. По его мнению, все они образовались в результате гидродинамического процесса, (как это уже описывалось и раньше), без какого-либо участия электромагнитных сил. Отсюда и недостатки объяснения. Не смогла гипотеза Хойла пояснить и наблюдаемые различия в спутниковом хозяйстве. Например, почему у Меркурия и Венеры спутников вообще нет, а у Земли — уникальная Луна и так далее. Не нашла удовлетворительного объяснения и причина различного наклона осей вращения планет, особенно аномального положения «лежебоки» Урана. Даже частичное привлечение на помощь электромагнитных сил тоже надежд не оправдало.

Гипотеза Всехсвятского

Существует в планетной космогонии среди прочих и еще одна любопытная гипотеза. Автором ее являлся известный советский астроном Сергей Константинович Всехсвятский. Он опирался на предположение (увы, только предположение), что главную роль в эволюции Солнечной системы на протяжении всего времени ее существования играли и играют взрывные вулканические, или эруптивные, процессы.

Начало гипотезы Всехсвятского очень интересно. Мы уже говорили, что одной из жгучих проблем в космогонии было происхождение астероидов, комет, всяческих скитающихся в космосе обломков и космической пыли. Еще Лаплас, говоря о кометах, предполагал, что они образуются в межзвездном пространстве и оттуда вторгаются в пределы Солнечной системы.



Позже эта проблема обсуждалась многими выдающимися математиками и астрономами. Идея захвата небесных скитальцев Солнцем была подвергнута сомнению. И все имеющиеся в наличии кометы объявили исконной собственностью нашего светила. Но тогда снова возникал вопрос: как и откуда они появились?

Неудача с межзвездным пространством в качестве источника, поставляющего «видимое ничто», привела к тому, что астроном Ольберс еще в прошлом веке предположил существование некогда «специальной планеты», которая разорвалась и дала начало всем скитающимся телам Солнечной системы. Потом Скиапарелли пытался доказать, что за пределами орбиты последней из известных планет существует огромное облако комет, окружающее всю Солнечную систему. Эта идея получила развитие, как мы уже видели, в трудах Оорта,

В середине XX столетия Литтлтон предположил, что кометы конденсируются из космической пыли, в неких «областях гравитационной фокусировки», создаваемых полем притяжения Солнца. Однако законы механики требовали, чтобы мелкие частицы в гравитационном поле рассеивались, а не сгущались.

В общем, многие специалисты ломали головы над этой проблемой, рассчитывали орбиты и думали-думали... Некоторые орбиты явно указывали на то, что их кометы вынырнули из недр Солнца. Это наводило на мысль, что взрывы и вспышки нашего светила периодически выбрасывают в пространство вещество, идущее на изготовление комет и метеорных масс. Кроме того, расчеты показали, что часть комет можно объединить в семейства, имеющие несомненную связь с планетами-гигантами. Все это заставило Всехсвятского обратиться к идее, высказанной некогда еще Лагранжем, что вещество комет выброшено в результате вулканической деятельности планет.

Вы скажете: все это хорошо, но как приспособить вулканическую гипотезу образования комет к происхождению всей Солнечной системы?

И вот еще одна гипотеза! Предположим (снова «предположим» — поистине волшебное и самое необходимое слово в космогонии; без него специалисты давно лишились бы хлеба насущного), так вот, предположим все-таки, что наше Солнце некогда было двойной звездой (идея, конечно, опять не нова, если вспомнить).

И еще предположим, что в один прекрасный момент второй компонент Солнца взорвался! Почему взорвался — кто его знает. Не будем гадать. Звезды «любят взрываться, такова уж их природа», скажем в духе Аристотеля. Вернемся к гипотезе. После взрыва рассеявшееся вещество второй звезды стало собираться в сгустки, из которых потом получились протопланеты. Но ни у одной из них не доставало массы, чтобы в своих недрах зажечь и поддерживать термоядерные и прочие реакции. В связи с этим протопланеты стали быстро-быстро остывать, терять газ, легкие элементы и покрываться корочкой. (Правда, упрямые геологи настаивают на том, что земные породы никогда не были расплавленными, но мы же произнесли волшебное слово «предположим»...) Время от времени газы прорывали непрочную планетную корку и выстреливались в пространство, унося с собой часть вещества. При извержениях одни планеты теряли больше, другие меньше. Так из первоначально примерно одинаковых протопланет образовались разные по своему физическому и химическому составу планеты.

Идея Всехсвятского о роли взрывных процессов в качестве механизма образования первичного допланетного облака и малых тел солнечной системы интересна. Но дальнейшее развитие планет у него в основном повторяет уже апробированные пути эволюции и потому несет на себе не только груз недостатков прошлых гипотез но и немало собственных.

Время строить и время разрушать...

На этом, пожалуй, можно бы ограничиться перечислением гипотез планетной космогонии. И не потому, что «рог творческого изобилия» иссяк. Нет, гипотез еще много. Но часть из них либо отличается от уже известных незначительно, либо требует для понимания различий нового математического аппарата.

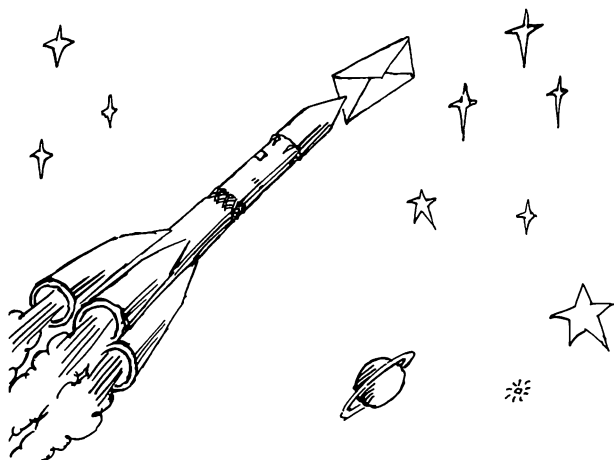
Большинство гипотез классической космогонии объединяет единый признак — дедуктивность. Помните, мы уже встречались с этим термином? Древние философы так называли выведение следствий из заранее заданных предпосылок. Другими словами —

двигаться от общего к частному в соответствии с законами логики. Однако без рассуждений от частного к общему — способ, именуемый индукцией, — чистая дедукция никогда не обеспечивает всестороннего познания объективной действительности. В «Диалектике природы» Энгельс писал: *«Индукция и дедукция связаны между собою столь же необходимым образом, как синтез и анализ»*. И действительно, ведь в конечном счете любой дедуктивный вывод зависит от результатов, эксперимента, а это ли не есть — индукция...

Если взглянуть на весь путь, пройденный планетной космогонией до наших дней, то легко заметим, что после крушения гипотезы Джинса эта отрасль науки оказалась в состоянии глубочайшего кризиса. Причем решающую роль в создании такого положения сыграли новые факты, добытые наблюдениями. Сама основа, лежащая в фундаменте всех существовавших гипотез, пришла в противоречие с фактами. И чтобы вывести науку из этого состояния, ученым пришлось пересматривать основу, заложенную в саму постановку космогонических задач, и искать новые методы их решения.

Прежде никто не покушался на предвзятое представление о первоначальном состоянии вещества в виде разреженной туманности. Это казалось само собой разумеющимся, хотя и не подтверждалось никакими данными наблюдений. И это априорное начало определяло и дальнейший спекулятивный метод дедуктивных построений.

Был он вполне оправдан. Наблюдения с поверхности Земли при всем старании астрономов не могли достаточно дать астрофизических данных, опираясь на которые можно было бы прийти к индуктивному методу построения гипотез. Луна была далека. Меркурий плохо наблюдался из-за своей близости к Солнцу.



Венера вечно скрывалась под чадрой из непроницаемых туч неизвестного происхождения. Мифы о Марсе заполняли многочисленные прорехи в знании, создав некую квазиправдоподобную картинку. Достаточно вспомнить, сколько проектов «связи с марсианами» было представлено. Или вспомнить серьезные работы астроботаников, отождествлявших спектры марсианских морей и каналов со спектрами земной растительности. О Юпитере и Сатурне спорили. Об остальных планетах просто не задумывались.

Все изменилось за последние годы эры освоения космоса. Посмотрите сегодня на карту лунных полушарий. Она способна поразить любое воображение. Многие точки прилунений космических аппаратов покрывают поверхность спутника Земли. А ее горы и кратеры!.. Любому фантастическому фильму дадут сто очков вперед.

Информация, которую получили астрономы, астрофизики и геологи в результате прямого исследования Луны, во многом будет способствовать накоплению новых данных о происхождении не только Луны и Земли, но и всей Солнечной системы, а там, глядишь... Ну-ну, не будем торопиться.

Сбор непосредственной информации о членах солнечного семейства — накопление и последовательное обобщение фактических данных — гарантирует новый, более плодотворный подход и к решению космогонических проблем.

В настоящее время у планетной космогонии по-прежнему нет единой глобальной идеи, признаваемой абсолютным большинством специалистов. И трудно сказать, что будет дальше. Может быть, появится новая обобщающая гипотеза на классическом основании, а может быть — на новом. Может быть, правы окажутся те астрономы, которые утверждают, что понять происхождение Солнечной системы вне рамок общей теории развития звезд невозможно. А может быть, «произойдет синтез конкурирующих в космогонии гипотез, теорий и концепций...». Отметим в заключение, что здесь необозримое пока поле для приложения молодых сил, молодого энтузиазма, вооруженного знанием.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЗВЕЗДНАЯ КОСМОГОНИЯ

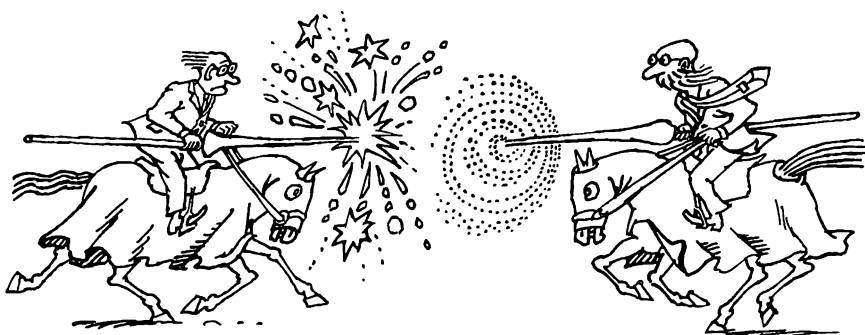
Две концепции

Пожалуй, следует начать с того, что в современной науке о происхождении и эволюции звезд и звездных систем существуют два резко выраженных, противоположных и враждующих между собой направления. Одно из них старое, классическое, в основе которого лежит небулярный принцип, то есть взгляд на образование звезд из разреженного диффузного вещества путем постепенного сжатия первоначальной туманности. Второе направление — относительно новое, возглавлявшееся школой академика Амбарцумяна. Оно исходит из прямо противоположного взгляда *«об образовании звезд и звездных систем в результате фрагментации массивных и плотных (а может быть, даже сверхплотных) тел»*.

Такой ощутимый раскол лагеря космогонистов говорит прежде всего об определенном кризисе науки, о том, что накопленные сведения переросли старые умозрительные гипотезы, но еще недостаточны для убедительного подтверждения гипотез новых.

Трудность заключается в том, что в ряде случаев одни и те же факты могут быть с равным успехом объяснены с позиций взаимно исключающих друг друга теорий. Состояние не новое для астрономической науки. Вспомните, как в XV веке небесные явления объяснялись одновременно с птолемеевских и коперниковских позиций и как в силу молодости и неразработанности новой теории птолемеевский алгоритм оказывался точнее... Не исключено, что и в звездной космогонии ныне сохраняется положение, близкое к тому, что наблюдалось в астрономии пять столетий назад.

На стороне классической гипотезы — традиции и добротные математические теории.



На стороне гипотезы Амбарцумяна — новый взгляд и целый ряд удачно предсказанных новых фактов, не находящих удовлетворительного объяснения в рамках старых теорий.

В последние годы благодаря бурному развитию новой техники астрономы получили множество данных о самых разных фазах космогонических процессов в Галактике и за ее пределами. Но ни один из них не позволяет точно сказать: «Вот, смотрите, так происходит образование молодой звезды!» Более того, новые наблюдения позволили сделать прямо противоположный вывод о том, что преобладающими процессами во Вселенной являются не процессы сгущения, слияния и концентрации, а скорее, наоборот: взрывы и распад. Эти результаты и привели к созданию новой концепции о плотных (и сверхплотных) прототелах, являющихся источниками звездообразования. Но хотя подобные объекты и должны бы быть весьма впечатляющими даже по масштабам метagalaktики, ни одного из них пока не удалось обнаружить с помощью непосредственных наблюдений. Почти все доказательства косвенные. Чему же верить? Какой точке зрения отдать пальму первенства?

О «вере в науку» говорить не стоит, а вот о «пальме первенства»... Может быть, как обычно, истина лежит где-то посередине? Может быть!... Но пока она не найдена. И чтобы понять, ради чего ломаются копья, нужно, пожалуй, обновить в памяти сам предмет спора и вспомнить сначала, что такое звезды, что мы знаем о звездах наверняка и по какому принципу пытаемся их классифицировать.

Рядовая звезда — Солнце

«...Солнце является единственной звездой, у которой все явления могут быть детально изучены», — писал американский астроном Джордж Эллери Хейл, получивший золотую медаль Королевского астрономического общества за метод фотографирова-

ния поверхности Солнца и за другие работы. В истинности сказанного нет оснований сомневаться и сегодня. Солнце действительно является типичной рядовой звездой и вполне может служить меркой — критерием для остальных светил.

Некогда древние мудрецы провозгласили: *Ex nihilo nihil fit* — «из ничего ничто не родится». Прекрасный лозунг материалистического взгляда на мир. Не от него ли произошла великая идея сохранения вещества и энергии, ставшая краеугольным принципом науки? Еще Михаил Васильевич Ломоносов говаривал, взвешивая свои реторты с химическим зельем: «Ежели от одного сколь убавится, то к другому столь прибавится...» Не будем забывать о принципах даже в годы разгула относительного мракобесия — увлечений малопонятными религиозными догмами, мистикой, парапсихологией и прочим модными штучками.

Наблюдая Солнце, Гершель не раз задумывался над тем, сколько огненной энергии отдает наше светило в окружающее пространство. Отдавать-то отдает, а откуда берет? Гершель назвал этот вопрос «великой тайной». Сам он не нашел на него ответа и оставил его потомкам.

Скромный гейльброннский доктор Юлиус Роберт Майер и думать не думал оказаться причиной ожесточеннейшей полемики таких известных в науке XIX века людей, как Клаузиус, Тэт, Гиндаль, Джоуль и Дюринг. Да еще удостоиться почетного звания, сделанного Дюрингом в заголовке статьи — «Роберт Майер — Галилей XIX столетия». Чем же столь знаменит бывший судовой врач, скромно и в безвестности проживавший в провинции и пописывающий время от времени сложные научные статьи?

В статьях доктора Майера содержался новый взгляд на силы.

В статьях доктора Майера впервые сформулирован первый закон термодинамики.

В статьях доктора Майера дано определение механического эквивалента тепла.

Сделанное им явилось предметом ожесточенного спора почтенных метров. (Скажем в скобках: спора подчас увы, не по существу, а... по поводу приоритета; кто первый сказал «мяу» — Майер или Джоуль?)

Скромный врач из Гейльбронна Роберт Майер в 1847 году задался целью не более и не менее, как открыть «великую тайну» Гершеля и выяснить источники энергии Солнца. А почему бы и нет? Ведь если во Вселенной существуют единые законы, например такие, как закон сохранения энергии, то и Солнце должно им подчиняться.

Год спустя он за собственный счет издал мемуар «К динамике неба в популярном представлении», начинавшийся с фраз: *«Свет, как звук, состоит из колебаний, которые из светящегося или звучащего тела распространяются в определенной среде... Для того чтобы звучал колокол или струна, нужно, чтобы внешняя причина привела их в колебание, и сила эта есть причина звука... Часто и удачно Солнце сравнивали с непрерывно звучащим колоколом. Но чем поддерживается в его неослабной силе и вечной юности это светило, наполняющее столь чудесным образом небесные пространства своими лучами? Что препятствует его истощению, наступлению равновесия, которое повело бы за собою мрак и смертный холод нашей планетной системы?»*

Всеобщий закон природы, не допускающий исключений, гласит, что для произведения тепла необходима известная затрата силы. Но последнюю, как бы разнообразна она ни была, всегда можно свести на две главные категории, на «затрату химического материала или на затрату механической работы». Стало быть, источник солнечной теплоты следует искать в соответствующих двух агентах и выбирать между ними».

Дальше Майер приводил некоторые популярные примеры. Он предполагал Солнце состоящим из одного угля и показывал, что при этом оно полностью сгорело бы за 4600 лет. Он переводил энергию вращения Солнца в тепло и показывал, что в этом случае ее хватило бы всего на 158 лет. Но *«...совсем в ином виде представляется дело, если рассматривать Солнце как звено Вселенной. По нашей Солнечной системе пробегают кроме известных доселе планет с их 18 спутниками множество комет, которых, по знаменитому изречению Кеплера, в небесном пространстве больше, чем рыб в океане; и сюда же относятся астероиды, которых, судя по видимым нами падающим звездам и огненным метеорам, и числа нет. Поэтому со всех сторон медленно, но непрерывно к Солнцу должен притекать бесконечный поток весомого вещества и, сталкиваясь с ним, превращать механическую силу своего движения в теплоту».* Так выглядела первая формулировка метеоритной, или «динамической», теории Солнца.

Энтропия и «тепловая смерть Вселенной»

При жизни Майера его идеи не были широко известны просвещенному миру. И причина этого вовсе не в том, что сам доктор, по деликатному замечанию биографов, время от времени подвергался *«продолжительному и не совсем добровольному*

лечению холодной водой». (Такой метод был распространен в те годы в психиатрических лечебницах.) Просто его работ не знали. Но «идеи рождает время, и они носятся в воздухе».

Скоро в Англии автором метеоритной гипотезы прослыл некий Ватерстон. Потом эта гипотеза подвергалась тщательной разработке физиком Томсоном, который пришел в восторг от мысли связать излучение Солнца с потерей массы. Правда, было одно сомнение: *«...если бы метеориты или подобные им тела стремились в подобающем количестве к Солнцу, то даже здесь у нас, за 150 миллионов километров от Солнца, ими кишел бы воздух; и от их ударов Земля была бы раскалена докрасна; геологические пласты состояли бы в значительной степени из метеоритов; влияние их сказалось бы на движении Земли».*

Это понятно, поскольку метеоритного топлива требовалось бы нашему светилу весьма много. По расчетам того же Майера, энергии падения Луны хватило бы Солнцу в лучшем случае на год для поддержания существующей интенсивности излучения. Так что в таком виде эта гипотеза, пожалуй, не годилась.

В одной из своих популярных лекций немецкий медик и физик Гельмгольц высказал любопытную мысль: если принять предположения Лапласа о том, что Солнце и его система произошли из туманности, причем процесс сжатия небесных тел не прекратился, а продолжается и поныне, то не может ли этот самый механизм сжатия восполнять потери на излучение? То есть не может ли механическая энергия сжатия переходить в тепловую?

Гельмгольц произвел расчеты и получил интересные цифры. Сокращение диаметра Солнца всего на одну десятитысячную обеспечило бы покрытие тепловых потерь в течение более чем двух тысячелетий.

Против теории Гельмгольца выступил Карл Сименс — инженер и член гигантской электротехнической фирмы «Сименс и Гальске», основанной его братом Эрнстом. Карл Сименс жил в Англии, где принял имя Уильяма и был известен как сторонник и пропагандист всевозможных регенераторов к паровым машинам, регенеративных печей, регенеративных конденсаторов и прочее.

Регенератором в технике называется теплообменник, в котором передача тепла от горячего теплоносителя к холодному осуществляется путем соприкосновения их поверхностей. Самым близким примером регенератора является обычная батарея водяного или парового отопления.

Экономный, как все немцы, Сименс не мог потерпеть того факта, что львиная доля солнечной энергии теряется в мировом пространстве и лишь ничтожная часть употребляется с пользой,

нагревая планеты. Чтобы исправить положение, он предложил гипотезу, якобы объясняющую возвращение Солнцу истраченного тепла. Для этого он заполнил все мировое пространство газами, конечно находящимися в разреженном состоянии. Каждое светило силой притяжения создает себе из этих газов атмосферу. Нижние слои ее состоят из тяжелых газов, верхние из легких, например из горючего водорода.

Теперь представим себе огромный солнечный шар, бешено крутящийся в пространстве. С его экватора под действием центробежной силы должны срываться огромные массы тяжелых газов и улетать прочь. Одновременно через полюса к нему будут притекать потоки нового легкого горючего газа, который, сгорая, возмещает потери Солнца на излучение. Сименс предлагал модель Солнца в виде некой регенеративной печки, в которой происходит восстановление жидкого вещества из продуктов сгорания... Странная, с современных позиций, гипотеза немецкого инженера тем не менее пользовалась успехом.

Автор капитального труда «История физики» Розенбергер, рассматривая существовавшие к 1892 году теории, писал: *«Приведенные теории сохранения солнечной энергии (имеются в виду гипотезы Майера, Гельмгольца и Сименса. — А. Т.) не противоречат друг другу, не заключают в себе ничего невероятного и могут существовать рядом. В настоящую минуту самая живая из них — теория Сименса, но наиболее грандиозная, без сомнения, майеровская, так как она соединяет нашу систему с прочими телами Вселенной и обещает сохранение солнечной системы вплоть до всеобщего конца, то есть до выравнивания энергии во всей Вселенной».*

Интересная цитата, если вдуматься. Некогда, занимаясь исследованием работы паровых машин. Карно пришел к выводу, что даже при отсутствии всякого трения ни одна машина, превращающая тепло в работу, не может иметь стопроцентного коэффициента полезного действия. Часть тепла, а значит, и тепловой энергии непременно от котла переходит к конденсатору, нагревая последний. Следовательно, часть энергии будет всегда теряться, повышая температуру конденсатора. Так будет происходить до тех пор, пока температура котла и конденсатора не сравняется, после чего машина перестанет работать. Отсюда Карно пришел ко второму принципу термодинамики, обобщенному в дальнейшем Клаузиусом и Томсоном. Сегодня этот закон читается так: «В замкнутой системе любые процессы приводят к нарастанию энтропии». Энтропия — это мера обесценивания энергии.

Солнечная система тоже может служить иллюстрацией к этому закону. В соответствии со сформулированным принципом эволюция идет только в одну сторону. Следовательно, в конце всегда —

смерть системы! Но раз в промежутке — существование, то должно быть и начало, то есть рождение. Пусть рождение Солнечной системы обязано проявлению космических сил. А если распространить второй принцип термодинамики на весь мир, то должен быть ему конец — тепловая смерть!

Против «тепловой смерти Вселенной» выступали многие выдающиеся ученые XIX века. И ныне страхи по этому поводу (несмотря на существование несчастных одураченных людей, ожидающих не сегодня завтра «конца света») имеют чисто исторический интерес. XX — сугубо материалистический — век вообще положил конец умозрительным заключениям, выступавшим в прошлом подчас в качестве научных идей. В новом XXI веке общество, как это бывало и раньше, в чем-то отворачивается от достигнутого. Но это явление временное. Чтобы двигаться дальше, нужно обобщить новую накопленную информацию, оценить ее. Непрерывное же выдвижение все новых предположений-гипотез без строгого математического доказательства и проверки экспериментом, напоминало бы бег на месте.

Солнце без гипотез

Так что же мы знаем о Солнце? Давайте составим нечто вроде медицинской карты на наше светило. Только факты, без всяких домыслов. Определим прежде всего угловой диаметр светила и его расстояние до Земли. Обе величины нетрудно измерить.

Затем — количество лучистой энергии, падающей на единицу земной поверхности в единицу времени. (Для этого измерения лучше всего отправиться, конечно, на экватор. Но если на экватор не хотите, опыт можно произвести и дома в полдень...)

Дальше, сравнивая цвет Солнца с цветом раскаленного вещества на Земле, мы косвенно можем судить о поверхностной температуре светила. А изучив возраст самых старых земных пород, можно примерно назвать и нижнюю границу возраста Солнца. (Ведь считать, что Земля старше Солнца, вряд ли целесообразно.)

Если добавить еще период обращения Земли (или любой другой планеты), который понадобится для определения массы Солнца, и группу данных, определяющих наше светило как члена Галактики, то, пожалуй, большинство наблюдаемых характеристик этим будут исчерпаны.

Можно, конечно, добавить еще, например, скорость вращения Солнца, вычисленную по скорости перемещения его пятен, но тут есть масса неприятностей. Во-первых, пятна на солнечном диске

видны с Земли только в поясе от +40 градусов до —40 градусов географической широты. В более высоких широтах они почти незаметны. Во-вторых, вращается Солнце на разных широтах по-разному: на экваторе — быстрее, ближе к полюсам — медленнее. Какую же скорость принять в качестве основной?.. Есть кое-что и еще. Так что давайте пока сведем наблюдаемые характеристики Солнца в таблицу.

Наблюдаемые характеристики Солнца (по П. Куликовскому)

| | |
|---|---|
| Угловой диаметр | 31'59"26 |
| Расстояние от Земли | (149 504 000 ± 17 000) км |
| Солнечная постоянная | $1,39 \cdot 10^6$ эрг/сек см ² |
| Температура поверхности | 6000 К |
| Возраст | (4,5 ÷ 6) 10 ⁹ лет |
| Период обращения Земли (звездный, или сидерический, год) | 365,25636 суток. |
| Наклон солнечного экватора к эклиптике | 7°15' |
| Скорость движения Солнца относительно окружающих его звезд | 19,5 км/сек |
| Расстояние Солнца от центра Галактики | 8000 парсек = 2450 световых лет |
| Скорость движения Солнца вокруг центра Галактики | 250 км/сек |
| Период обращения Солнца вокруг центра Галактики | $1,8 \cdot 10^8$ лет. |

По этим данным, произведя некоторые не очень сложные вычисления, можно составить еще одну таблицу. Между прочим, гораздо более важную, чем первая, с точки зрения астрофизиков.

Вычисленные характеристики Солнца (по П. Куликовскому)

| | |
|---|--|
| Масса | $1,983 \cdot 10^{33}$ г |
| Средняя плотность | 1,41 г/см ³ |
| Общая радиация (светимость) | $3,78 \cdot 10^{33}$ эрг/сек |
| Диаметр | 1 390 600 км |
| Объем | $1412 \cdot 10^{15}$ км ³ |
| Ускорение силы тяжести на поверхности Солнца | $2,738 \cdot 10^4$ см/сек ² |
| Критическая скорость или скорость освобождения | 619,4 км/сек |

И, наконец, для сравнения Солнца с остальными звездами астрофизики ввели еще несколько характеристик.

Сравнительные характеристики Солнца (по П. Куликовскому)

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Звездная визуальная величина | $-26m,80 \pm 03$ |
| Абсолютная фотовизуальная | |
| звездная величина | $+4m,96$ |
| Спектральный класс | $dG2$ |

Буква *m* в показателе степени называется звездной величиной, определяющей блеск звезды.

Буква *d* перед спектральным классом говорит о том, что наша звезда — карлик.

Конечно, это далеко не все характеристики. Да и выбраны они нами достаточно произвольно. Но, после того как они приведены, не худо бы и пояснить, чем они так уж важны в книге, посвященной вопросам космогонии. Именно космогонии, а не астрофизики и не звездной астрономии.

А вот чем. Минимальный возраст — это время, за которое наше светило практически не менялось. Порукой тому свидетельство земных пластов.

Средняя плотность — $1,4 \text{ г/см}^3$ — говорит о том, что солнечный шар состоит из довольно разреженной субстанции.

А ускорение силы тяжести — в 28 раз большее, чем на Земле, — свидетельствует о внушительном внешнем воздействии.

Сразу возникает вопрос о природе небесного тела, которое может существовать так долго. Какое оно? Твердое? Нет! Плотность мала. Жидкое? Тоже нет! Может быть, газообразное? А это... может быть. Астрофизики уверены, что от немедленного сжатия, наше светило удерживает только внутреннее тепловое давление. Возникает же оно за счет теплового движения частиц солнечного вещества. Значит, Солнце — газовый шар, да еще и хорошо прогретый.

Смотрите, какой «необыкновенно оригинальный» вывод нам удалось сделать. Будто раньше мы этого не знали...

«Откуда дровишки?»

Теперь можно задуматься и о тех реакциях, которые столь долго и стабильно поддерживают жизнь нашего светила, а в том числе и наше с вами брренное существование. Предположение Гельмгольца об энергии за счет сжатия не годится. Солнце продержалось бы в существующем состоянии не более нескольких миллионов лет. Этого мало. Не стоит говорить и о химической энергии. Тут срок еще меньше. Тогда какая же это энергия?

В неофициальной части истории физики сохранился один эпизод. Рассказывают, что однажды два приятеля — развеселые студенты-физики из славного Геттингенского университета жарким солнечным днем гуляли вместо лекций по тенистому парку. Переходя от дерева к дереву, они со смехом говорили о том, что в такую погоду не исключен солнечный удар кое у кого из профессоров, что само по себе не так уж и плохо, ибо тогда и завтра отменят лекции. Однако настоящий физик даже о солнечном ударе не может говорить, забывая о физике. Сегодня трудно восстановить, кому из студентов первому пришла в голову идея об истинном источнике энергии пылающего над головой Солнца. Во всяком случае, вряд ли кто обвинит нас, если мы домыслим сцену...

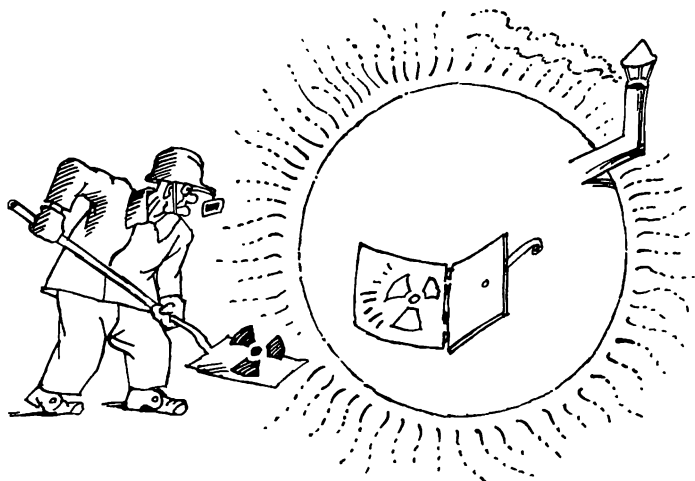
— Клянусь рефератом, который нужно завтра представить, это... — Фриц Хоутерманс, а именно так звали одного из студентов, показал рукой на Солнце, — это не костер из буковых поленьев.

— Пожалуй, — подхватил его приятель, — он бы давно погас, и сегодня не было бы такой сумасшедшей жары.

Приятеля Хоутерманса звали Аткинсон. Он только что приехал из Кембриджа, где все были увлечены удивительными опытами Резерфорда по атомным превращениям. И потому, может быть, также в шутку, он предположил, что кавендишские атомные превращения, рождающие столь жаркие споры, и процессы внутри Солнца могут иметь какую-то связь!

Хоутерманс подхватил идею приятеля:

— Конечно, легкие элементы сливаются, образуют более тяжелые, а освободившаяся энергия печет нам головы...



Возможно, именно с этого случайного разговора и началась серьезная работа обоих физиков над проблемой теории термоядерных процессов в недрах Солнца.

На ней было сломано немало зубов и копий. Предположить, что энергия Солнца обязана слиянию атомов водорода и образованию более тяжелого гелия, было слишком мало. Следовало доказать, что эта гипотеза имеет под собой твердую почву. Ведь для синтеза легких ядер нужна чудовищная температура. Обеспечивает ли Солнце требуемые условия при каких-то 6000 градусов на поверхности?

«Что значит каких-то? — вправе обидеться читатель, знакомый с достижениями техники электро- и газовой сварки. — Нам бы такую!..» Так-то оно так. Нам-то бы неплохо, а вот термоядерным реакциям ни к чему. «Термояду» при 6 тысячах градусов холодно. Реакции не желают при этом протекать. А как же быть с источником солнечной энергии?..

Тут к этой проблеме совсем с другого бока подобрался Артур Стенли Эддингтон, замечательный английский астроном, астрофизик, сделавший очень много как в самой науке, так и в ее популяризации.

После того как Петр Николаевич Лебедев открыл и измерил световое давление, никто из физиков, в общем-то, не знал, что с этим давлением делать. Многие считали, что столь ничтожная сила не может играть существенной роли в жизни космических небесных объектов. Но Эддингтон построил именно на ней свою теорию равновесия звезд. Он одним из первых пришел к мысли, что там, где энергия излучается в космических масштабах, световое давление, вкупе с обычным газовым давлением, могут уравновесить гигантскую силу тяжести, развиваемую огромной массой звезды.

Работая над своей теорией, Эддингтон подумал: а не влияет ли масса вообще на физическое состояние раскаленных газовых шаров, которые мы называем звездами? Эта мысль окрепла, превратилась в убеждение, в конце концов, подтвержденная теорией и наблюдениями, стала важным космогоническим законом.

Не стоит перечислять все научные работы президента Королевского астрономического общества, сэра Артура. Многие из них выходят за рамки, ограниченные темой нашей книги. Для нас важно знать, что, пользуясь выведенными соотношениями и зная массу, а следовательно, и тяготение Солнца, Эддингтон рассчитал давление, необходимое для уравнивания сил тяготения, а затем и температуру в недрах нашего светила. Ту температуру, которая способна обеспечить требуемое давление. Получилась около 15 миллионов градусов. Читатель, даже привыкший к масштабности шкалы наших дней, поневоле должен затаить дыхание. Особенно

если учесть, что, согласно более поздним расчетам, эта цифра поднялась еще выше и перевалила за 21 миллион.

Расчеты Эддингтона примирили физиков с астрономами. Теперь тепла хватало, чтобы «высидеть» реакцию термоядерного синтеза. Оставалось только выбрать подходящий тип этой реакции. Дело в том, что теоретически их может быть довольно много. Но поскольку все данные спектрального анализа в один голос твердили, что Солнце почти целиком состоит из водорода и только чуть-чуть из гелия, то немецкий физик Ганс Альбрехт Бете, работавший с 1939 года в США, попробовал приспособить для Солнца реакции термоядерного синтеза гелия из водорода через промежуточные превращения. Он их написал. Проверил. Вроде подходило. Скорости, с которыми реакции протекали, вполне обеспечивали общее количество излучения. Тогда Бете переписал свои уравнения и скромно признался коллегам, что, похоже, он открыл единственно пока возможный источник солнечной энергии...

Коллеги удивились тому, что это не пришло в голову им самим.

Коллеги восторгались тем, что в работе Бете остались возможности дальнейшего совершенствования теории.

И коллеги наперегонки бросились реализовывать эти возможности.

Представления Бете легли в основе классической теории звездной эволюции. Они разработаны настолько тщательно, что нужно быть очень смелым человеком, чтобы поднять голос против. Многие предсказания теории получили подтверждение наблюдателей. А сам Бете в 1967 году получил Нобелевскую премию.

Теперь самое время задать главный вопрос, после которого должны исчезнуть последние сомнения: подтвердил ли эксперимент, причем непосредственный эксперимент, гипотезу Бете? Ведь водородные бомбы взрывались и над, и под Землей уже не раз...

Увы! Как говорится, *«прямых экспериментальных доказательств термоядерной природы солнечной энергии пока нет»*. Более того, теоретики уже раачитали не одну, а несколько непротиворечивых моделей Солнца. Факт довольно удручающий. Лучше бы одну. Но для этого нужно твердо знать, что у Солнца внутри. А пока... пока точная информация о солнечном ядре отсутствует. Ведь и герр Бете, предлагая свою глубокую теорию, основывался только на «поверхностных» данных. Имеются, конечно, в виду данные спектрального анализа. Чего бы, кажется, не

отдали астрофизики за то, чтобы хоть одним глазом заглянуть внутрь нашего светила...

Если Бете прав, то обстановку внутри Солнца представить себе можно. Ядерные реакции в центре порождают мощное гамма-излучение, которое, пробиваясь сквозь толщу солнечного вещества, преобразуется в более длинноволновое — рентгеновское. Однако недра нашего светила одинаково непрозрачны как для гамма-, так и рентгеновского излучения. И потому последнее, поднимаясь все выше и ближе к поверхности, претерпевает новое превращение — переходит в еще более длинноволновое излучение видимого света. Лишь после этого лучи покидают Солнце и через восемь с небольшим минут любезно предоставляют земным наблюдателям. всю заложенную в них информацию. Но только о той области, которая их породила, — о поверхности Солнца.

Как же тут быть? Световые лучи не годятся, радиоизлучение и рентгеновские лучи, которые приходят от нашего светила к нам, тоже не несут информации о глубоких недрах. И все-таки есть выход! Нутряные реакции порождают еще один вид излучения — нейтринное. А для нейтрино что Солнце, что Земля, что пустой космос — все едино. Они почти беспрепятственно сквозь все проходят, ни с чем не реагируя. Может быть, попробовать поймать их?

Химчистка на служении астрофизики

В 1964 году американский физик Дэвис приступил к таким опытам. Работники сферы бытового обслуживания с ума бы посходили от зависти, знай они, сколько канистр с бесцветной жидкостью, применяемой для чистки одежды, были опущены в одну из шахт заброшенных золотых приисков. Однако Дэвис не собирался устраивать подпольную, точнее подземную, химчистку. Громадная цистерна, наполненная тетрахлорэтиленом, должна была задерживать солнечные нейтрино. И физики полезли под землю, чтобы избежать ненужного фона от других частиц.

К сожалению, несмотря на три года каторжной работы и непрерывного совершенствования методики измерений, нейтринный детектор (или «нейтринный телескоп») упрямо показывал поток частиц в десять раз меньший, чем ожидалось по теоретическим расчетам. Было от чего прийти в уныние. Говорят, желая утешить Дэвиса, рабочие говорили: «Не огорчайтесь, док, нынешнее лето было таким облачным...»

Однако шутки помогали мало. Налицо было вопиющее противоречие опыта и признанной теории. Теоретики, правда, недолго унывали. Они тут же предложили множество спасительных гипотез.

тез, среди которых, конечно, были такие, что либо таили в себе нарушения некоторых фундаментальных законов природы, либо исходили из столь ультрановых допущений о существовании явлений, которых никто и никогда не наблюдал. Но авторов этих работ не смущало то, что такого рода гипотезы среди серьезных специалистов успехом не пользовались. На бумаге их теории отлично выстраивались.

Простой и многообещающий путь к решению проблемы нейтринного дефицита предложил американский астрофизик Фаулер из Калифорнийского технологического института. Он обратил внимание коллег прежде всего на то, что между потоком нейтрино и световым потоком (потоком фотонной светимости, если выражаться научно) существует, в принципе, большое различие. Частицы нейтрино не задерживаются солнечным веществом и потому, родившись в недрах светила, они через восемь с небольшим минут уже могут быть в цистерне с жидкостью для химчистки. И совсем другое дело — свет. Пока та же волна термоядерной энергии, породившая только что пойманные нами нейтрино, доберется из центра Солнца до его поверхности и родит фотоны, пройдет довольно много времени. (Физики называют его «временем Кельвина — Гельмгольца».) О длительности его единой точки зрения нет. Фаулер считал его равным примерно тридцати миллионам лет. Другие специалисты убеждены, что оно порядка на три меньше... Но так или иначе, а появление фотонов должно довольно сильно отставать от появления нейтрино, рожденных одним и тем же процессом.

Конечно, солнышко наше — звезда довольно спокойная (тьфу-тьфу, чтобы не сглазить). Но и у него в центре время от времени могут происходить катаклизмы. Какие... Фаулер говорил: *«например перемешивание»*. Да, довольно быстрое перемешивание внутренних горячих и наружных более холодных слоев. Как только оно произойдет, температура в центре Солнца упадет. А количество высокоэнергетических нейтрино очень сильно зависит от температуры. Значит, и поток нейтрино должен бы резко сократиться. Со временем уменьшится, конечно, и световой поток. Но далеко не сразу...

Получается, что, произойди такое перемешивание в солнечном ядре, через считанные минуты земные приборы должны зафиксировать уменьшение потока нейтрино. А свет от Солнца еще будет долгое время литься нам на головы в неизменном количестве.

На страницах журнала, в котором Фаулер опубликовал свою гипотезу, еще не успела высохнуть типографская краска, а специалисты исследовательских групп США и Англии, в распоряжении которых были компьютеры и соответствующие программы для расчета процессов в звездах, уже принялись считать. Это говорит о

том, что вопрос о солнечных реакциях стоял чрезвычайно остро. Результаты расчетов оценивать трудно. Во многом они расходятся. Но то, что идея Фаулера плодотворна, сомнений не было ни у кого.

Правда, может возникнуть и такой вопрос: а почему бы солнечным недрам начать вдруг перемешиваться?.. А черт их знает. Большинство астрофизиков на эту тему предпочитали определенно не высказываться. В одной из статей, подписанной теоретиками из Кембриджского института Дилком и Гу, гипотеза возможных причин перемешивания все-таки была предложена. Смысл ее заключался в том, что примерно за каждые 250 миллионов лет «спокойной жизни» в недрах Солнца накапливается слишком много «шлака» и происходит срыв, перемешивание, которое продолжается в течение примерно миллиона лет или меньше. Естественно, что после такого события, как после инфаркта, Солнцу нужно примерно до десяти миллионов лет на то, чтобы прийти в себя, после чего снова наступает период спокойной жизни.

Расчеты показывают, что во время перемешивания должно происходить резкое увеличение потока нейтрино, после чего его интенсивность также резко падает и потом в течение длительного срока постепенно нарастает снова, подбираясь к нормальному уровню.

А теперь представим себе, что сравнительно недавно в недрах Солнца произошло такое перемешивание. Наши приборы должны регистрировать уменьшившийся поток нейтрино. (Ныне нейтринные телескопы перестали быть ужасами работников химчистки и физиков экспериментаторов.) Но свет мы еще долгие годы будем получать от Солнца прежний, пока результаты процесса перемешивания не скажутся на внешней оболочке светила. Наступит время, когда свет начнет меркнуть, но поток нейтрино к той поре, возможно, восстановится.

Если согласиться с тем, что описанное явление в жизни Солнца периодически повторялось (а от количества света, как известно, зависит жизнь на Земле), то не поискать ли в прошлом каких-либо указаний на то, что такие или похожие явления уже были?.. Оказалось, можно!.. Примерно каждые 250 миллионов лет на поверхности нашей планеты наступают страшные ледниковые периоды. Предположения о причинах, вызывающих оные, существуют разные. Правда, увязывая великие оледенения с циклами перемешивания, специалисты наталкиваются на затруднения. Но тут виновата прежде всего неоднозначность «времени Кельвина — Гельмгольца», о котором мы уже говорили. Гипотеза «перемешивания» признавалась и признается далеко не всеми специалистами, и проблемы, с нею связанные, находятся и по сей день в состоянии дискуссии.

Пока теоретики спорят, развивающаяся наука на базе новой техники подбрасывает им все новые и новые факты. Наблюдая солнечные вспышки, экипаж «небесной лаборатории» «Скайлэб» обнаружил любопытное явление. Оказалось, что одна солнечная вспышка может вызвать другую на ином удаленном участке солнечной поверхности. При вспышке образуется взрыв, порождающий тучу, очень похожую на «гриб» ядерного взрыва. Во время одного из сеансов наблюдения астронавты неожиданно увидели в короне Солнца огромный «пузырь». Скорее всего, он возник как результат мощной вспышки на другой, невидимой с Земли солнечной стороне.

Фотографируя протуберанцы, астронавты «Скайлэба» и советские космонавты с «Салюта» обнаружили немало нового и пока необъяснимого в деятельности нашего светила. Однако пока мы должны констатировать, что никаких прямых экспериментальных подтверждений, что в его недрах бушует именно термоядерный пожар, пожалуй, нет!

Вы скажете, что ведь все теории построены именно на этом предположении. Как же относиться к ним? Вот так и относиться, не принимая ничего на веру. Наука и вера — понятия несовместимые. Впрочем, тут уж автор начинает эксплуатировать рецепты «законов Паркинсона», гласящие, что «любое утверждение становится истиной после 1227 повторений». Почему именно после 1227? А попробуйте, проверьте...

Звезды в ассортименте

Ассортиментом в торговле называют набор различных видов и сортов товаров. Мы, конечно, торговать звездами не собираемся. Но в наши дни астрономических конкурсов в вузы торговли подобные термины особенно популярны. А мы с вами стремимся к доходчивости и занимательности.

Итак, для сравнения звезд между собой у нас есть один эталон — Солнце.

Солнце — рядовая звезда.

Солнце — мерило звезд.

Но, прежде чем начать работу по сравнению, неплохо, пожалуй, внести некоторые уточнения. Касаются они прежде всего блеска Солнца и звезд. Вот как выглядят, например, эти величины для нашего светила и ряда хорошо знакомых звезд северного неба:

| | |
|----------------|-----------------------|
| 1 Солнце | — 26 _m ,8: |
| Сириус | — 1 _m ,43 |
| Вега | + 0 _m ,04 |
| Полярная | + 2 _m ,01 |

(Приведенные цифры могут несколько отличаться, в зависимости от выбранного справочника.) Здесь буква *m*, как мы уже говорили, называется звездной величиной. Интервал в одну звездную величину соответствует разнице в блеске двух объектов в 2,512 раза. Эта величина связана с психофизиологическим законом Вебера — Фехнера. (Закон утверждает, что если раздражающий фактор меняется в геометрической прогрессии, то соответствующее ему ощущение изменяется в арифметической прогрессии. У нас с вами в данном случае раздражающий фактор и есть блеск звезды.)

Пользуясь указанными данными, легко вычислить, что Полярная звезда кажется нам в шесть раз слабее Веги, Вега — в четыре раза слабее Сириуса и так далее. Однако видимый блеск звезд зависит не только от их действительной светимости, но и от расстояния. Поэтому для сравнения между собой по силе света звезды надо прежде всего отодвинуть на одинаковое стандартное расстояние. Оно выбрано в десять парсек, или 32,6 светового года. Приведенная к этому расстоянию звездная величина называется абсолютной — и обозначается буквой *M*.

А теперь по всем правилам отодвинем избранные четыре звезды на требуемое расстояние и посмотрим, что произойдет.

Батюшки! Как изменилась картина! На первое место вышла Полярная звезда, которая стала светить куда ярче Сириуса. Обогнала его и Вега. А Солнце? Где наше яркое солнышко? Оно почти незаметно из такой дали.

Чтобы окончательно убедить читателя в относительности того, что он видит на небе, приведем еще один пример. В созвездии Ориона есть звезда Ригель, по наблюдаемой яркости она занимает седьмое место. Но если сравнить ее истинную светимость с солнечной, окажется, что Ригель светит примерно в 23 тысячи Солнц!

По диаметру наше Солнце тоже весьма средненькая звездочка. Бывают и больше, даже весьма «больше». Такие светила, как VV Цефея, S Золотой рыбы и Эпсилон Возничего имеют диаметры в тысячи раз больше, чем Солнце. Можете вы представить себе звезду, диаметр которой равен поперечнику всей Солнечной системы, ограниченной орбитой Плутона?

При этом масса такого светила превышает массу нашего Солнца всего в несколько десятков раз, иначе звезда будет неустойчивой.

Значит, любой сверхгигант — это одна видимость. Чтобы не оказаться чересчур тяжелым, он имеет плотность не выше, чем разреженный газ в электрических лампочках... Кроме разреженных гигантов в космосе встречаются и звезды-крошки с диаметром всего в 15—20 километров, но с массой, опять же не намного отличающейся от массы Солнца. Подумайте сами, какая у них должна быть плотность?

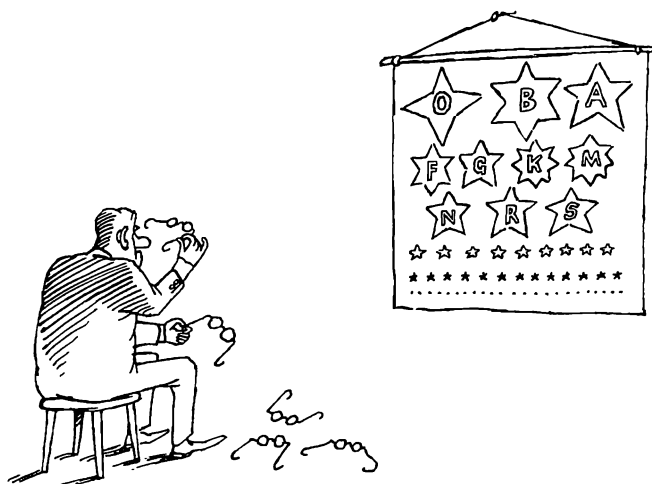
Позже, когда разговор пойдет о сверхплотных телах, некоторые ошеломляющие цифры я постараюсь привести...

Весьма существенно различаются звезды и по цвету. Это только невнимательному глазу они все кажутся одинаковыми. Астрономы разбили все существующие оттенки звездного цвета на 13 баллов и внимательно следят за их изменениями. Почему это так важно?

Потому что цвет меняется соответственно температуре поверхности звезды. К примеру, одна из известных наблюдаемых звезд Хи из созвездия Лебедя. Цвет ее темно-красный, а температура — порядка 1600 градусов по шкале Кельвина. Наиболее же горячими оказываются ядра планетарных туманностей; судя по голубовато-белому цвету, их температура доходит до ста тысяч градусов.

Но самой главной характеристикой и температуры, и физико-химического состояния звезд являются их спектры поглощения. Вид звездного спектра зависит от многих причин. Тут и различия в химическом составе, и магнитные и электрические поля звезды, и скорость ее вращения, и многие другие факторы. Очень важно разобраться, что, как, от чего и насколько зависит. Важно понять все характеристики звезды. И неоценимую услугу оказывают в этом деле астрофизикам звездные спектры.

Сначала казалось, что безбрежный звездный океан вообще не может быть классифицирован в человеческом понимании. Но постепенно выяснилось, что большинство звезд можно объединить в сравнительно небольшое количество классов. Сейчас принята так называемая гарвардская спектральная классификация. В ней десять классов, обозначенных латинскими буквами: *O*, *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M* (*V*, *R*, *S*). Студенты, чтобы запомнить порядок следования спектральных классов, придумали мнемоническую фразу, действующую безотказно: «Один Бритый Англичанин Финики Жевал Как Морковь». Пройдут годы, можно забыть, чем отличается один спектральный класс от другого, но всегда при виде вышеуказанной последовательности букв магическая фраза всплывает в памяти, как огненные письмена на пиру Валтасаровом. Правда, остаются еще три дополнительных класса холодных звезд *V*, *R*, *S*, но то ли на них фантазии не хватило, то ли слишком редко встречались они в экзаменационных билетах. Скоро, однако, десяти классов оказалось мало. Пришлось каждый разбить еще на десять



подклассов. Получилась длинная спектральная лесенка из сотни ступенек. Не все они заполнены равномерно. Есть пустые, а есть и такие, на которых как в автобусе в часы «пик».

Самые горячие звезды объединены в класс *O*. В следующих температура снижается.

В начале XX столетия два астронома Герцшпрунг в Дании и Рессел, о котором мы уже говорили, независимо друг от друга составили любопытные зависимости. На диаграммах они отложили по горизонтальной оси спектральные классы, а по вертикали — светимости, или абсолютные звездные величины. Можно было ожидать, что все поле диаграммы равномерно засеется точками звезд. На деле же получилось совсем не так. Подавляющее большинство звезд расположилось длинным хвостом по диагонали от верхнего левого угла диаграммы к нижнему правому. Эту диагональ назвали «главной последовательностью», на которой где-то в середине затерялось и наше Солнце.

Прежде всего на диаграмме расположились сверхгиганты и яркие гиганты. В левой части главной последовательности собрались горячие голубые звезды. За ними по степени уменьшения температуры вправо и вниз расположились белые звезды, потом желтые карлики, ниже красные звезды, и, наконец, совсем уж тусклые красные карлики заняли нижний угол диаграммы.

Результаты этой работы вызвали в астрономическом мире прямо-таки ликование. Ну еще бы: ведь в те годы считалось, что главным источником энергии звезды является ее гравитационное сжатие. И диаграмма вроде бы подтверждала эту гипотезу. Сжимаясь, каждая звезда проходила все этапы эволюции: от протозвезды к мрачному багрово-красному сверхгиганту, потом, по мере дальнейшего разогрева, ее цвет становился желтым и звезда получала

название желтого гиганта, после чего она становилась голубовато-белой, ослепительно яркой и горячей. С этого момента энергии сжатия на нагрев хватать переставало, и звезда, перейдя в разряд желтых карликов, начинала потихоньку остывать, становясь последовательно желтым карликом, красным карликом и в конце концов черным карликом. На этом жизненный путь звезды заканчивался!

Очень стройная гипотеза. Диаграмма «Г — Р», как стали ее называть специалисты по именам создателей, весьма наглядно представляла этот путь. Разогреваясь, звезда двигалась в верхней части диаграммы справа налево, пока не достигала начала диагонали. Затем, в процессе остывания, начинала скользить по главной последовательности вниз. Тут все находило объяснение; даже незначительный разброс масс. Действительно, если все стадии развития проходила одна и та же звезда, то немудрено, что массы сверхгигантов немногим отличаются от масс карликов. Не то что объемы звезд или их плотности...

Однако любая гипотеза хороша, пока не высказана вслух. Скоро обнаружилось, что существует немало звезд, не влезающих в главную последовательность. Диаграмма «Г — Р» распалась на ряд иных последовательностей. А там и эволюция звезд оказалась куда сложнее, чем спокойное сжатие и скольжение по главной последовательности от тепла к холоду. Звезды, сидящие совсем рядом на диагонали, вопреки ожиданиям, не обнаруживали никаких родственных черт. Тут были и старые, заслуженные ветераны неба, и молодые, недавно образовавшиеся светила. Потом Эддингтон, исполненный самых лучших намерений, решил хоть как-то рассчитать соотношение «масса — светимость». И пришел к неожиданному выводу, что карлики, в принципе, могут быть горячее гигантов.

Но что ни год, то все новые и новые факты лишают астрономов покоя. Лишь диаграмма «Гершпрунга — Рассела», построенная по данным наблюдения, осталась как бы неизменной... Она по-прежнему играет чрезвычайно важную роль в астрофизике, став даже богаче содержанием и... увы, сложнее. Хотелось бы повторить, что в науке как в образцовом хозяйстве, ничто не пропадает бесследно. Можете поверить.

Звездные типы и классическое направление звездной космогонии

В середине XX века специалисты по звездной астрономии разработали более или менее надежные способы оценки возрастов отдельных звездных скоплений. Началась новая жизнь и у диаграммы «Г — Р». Астрономы стали строить ее не для всех звезд, скажем Галактики, сразу, а для отдельных скоплений, в которые входят звезды-ровесники. Это дало множество интересных сведений.

К нашим дням все звездное множество, входящее в Галактику, астрономы разбили на пять основных типов звездного населения.

Первый тип объединяет самые горячие звезды спектральных классов *O* и *B*, а также очень молодые галактические скопления и ассоциации. Сюда же относится и такой строительный материал, как космическая пыль и межзвездный нейтральный водород. В следующую группу населения того же первого типа входят обычные звезды спектральных классов *A* и *F*, красные сверхгиганты и галактические скопления. И, наконец, последняя, третья группа населения первого типа объединяет старые звезды главной последовательности и гиганты спектральных классов *G* и *K*.

Население второго типа разделено на две группы. Первая объединяет белые карлики, а также многие типы переменных звезд. Вторая — это имеющие почтенный возраст шаровые скопления и субкарлики.

Уже по одному виду проведенной классификации можно догадаться о схеме эволюции звезд, которой придерживаются ее авторы. Они явно исходят из того, что все молодые скопления и ассоциации соседствуют с большими массами строительного материала: пыли и газа. Эти астрономы являются сторонниками классических гипотез — тех, что утверждают образование звезд *«из газопылевых комплексов путем конденсации рассеянного вещества»*. Гипотезы эти разработаны достаточно подробно и отличаются лишь силами да механизмами действия тех сил, которым их авторы отдают предпочтение.

Говоря о классическом направлении звездной космогонии, важно отметить, что весь процесс рождения нового светила можно разделить на два этапа. Первый — сжатие и переход от газопылевого облака к протозвезде. И второй — включение в ее недрах термоядерных источников энергии. Но прежде всего нужно решить вопрос — почему бы это вдруг спокойному облаку, состоящему из рассеянных частиц пыли и газа, перейти в неустойчивое состояние и начать сжиматься?

Изучением условий устойчивости небесных тел занимался в свое время небезызвестный уже нам Джинс. Он был крупным фи-

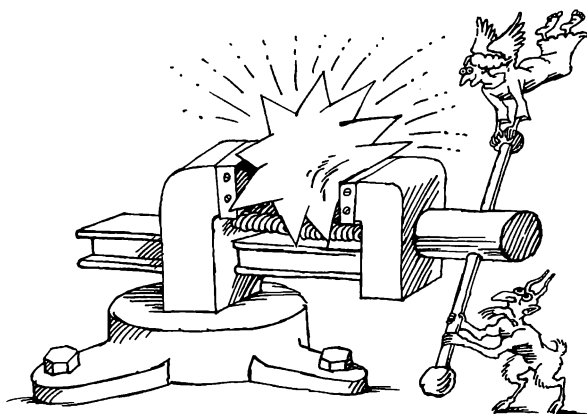
зиком-теоретиком, интересующимся, в частности, вопросами излучения и кинетической теорией газов. И можно смело сказать, что именно успехи в физике заложили фундамент его будущих астрономических работ.

Из условий существования разреженной газовой туманности в межзвездной среде нетрудно сделать вывод, что у нее есть три возможности. Первая: сохраняя равновесие, оставаться в неизменном состоянии. Вторая — рассеяться в пространстве. И третья — начать сжиматься.

Все зависит от того, что больше — собственное (тепловое) движение молекул, создающее внутреннее давление, которое стремится разогнать и рассеять туманность, или суммарное притяжение всей массы вещества.

Джинс, используя свои знания в области газовой динамики, сумел вывести математический критерий неустойчивости таких туманностей. Требования оказались достаточно жесткими. Чтобы газовая туманность в межзвездном пространстве начала сжиматься, масса ее, при определенной плотности, должна быть примерно в тысячу раз больше солнечной. Только тогда силы тяготения в ней станут превышать газовое давление. Читатель вправе возразить: звезд с такими массами не бывает. Сколько раз мы говорили, что даже самые массивные из всей необъятной массы звезд могут быть лишь ненамного тяжелее Солнца?

Согласен! Но вдруг облако такое большое, что, сжимаясь, западает материал сразу на целую ассоциацию звезд?.. Кто их знает? Попробуем представить себе, как это может происходить. Гигантский газопылевой комплекс сжимается, сначала как единое целое. По мере загустевания критерий неустойчивости начинает выполняться и для отдельных его частей. И тогда первоначальная туманность дробится. И каждая ее часть продолжает сжиматься по отдельности и вполне самостоятельно образует свою протозвезду... Здорово, правда же?



Теперь давайте выберем одно из сгущений, близкое по массе к тому, из которого могло некогда образоваться Солнце, и проследим за его эволюцией дальше. Подобную задачу решали многие теоретики. И целый ряд ее этапов подробно рассчитан.

Прежде всего, что представляет собой выбранная нами часть сжимающейся пылевой туманности? Масса ее должна быть близка к солнечной. Значит, при нормальной плотности, она будет иметь радиус порядка десятых долей парсека. Математически его можно записать так: 1 парсек = 3,26 светового года = $3,083 \cdot 10^{31}$ километров, следовательно, одна десятая парсека равна. 3083 000 000 000 километров.

Для дальнейшего сжатия туманности нужно, чтобы давление тяготения и в некоторой степени давление окружающего газа продолжало оставаться выше собственного внутреннего давления, вызванного тепловым движением частиц. Тогда через некоторое время туманность достигнет критической плотности и перейдет в следующую категорию — в протозвезду. Температура газа должна бы при этом повышаться, но теоретики утверждают, что она остается примерно постоянной из-за сильного охлаждения межзвездной средой.

Это очень грустное обстоятельство, потому что темное, холодное, сжимающееся облако почти ничем не выдает своего существования в глубинах Вселенной. Наиболее интенсивным в этот период может быть инфракрасное излучение линии молекул водорода. Но, как назло, именно оно не доходит до земных наблюдателей, поглощаясь атмосферой Земли. Придется подождать постройки астрономической обсерватории на Луне. Или обратиться к телескопу на космической обсерватории типа «телескопа Хаббла». Можно, конечно, попробовать поискать другое подтверждение предполагаемых ранних фаз сжатия.

Например, радиоастрономы обнаружили непонятное излучение с длиной волны 18,3 сантиметра. Откуда оно приходит на Землю? Чем порождается? Дело в том, что, уловив радиоволны любой частоты из космоса, исследователи в конце концов находят их источники. А тут, как ни бились, как ни искали, — ничего! В полном отчаянии кто-то из особенно эмоциональных радиоастрономов предложил назвать это излучение «мистериум». Но делу это не помогло. И тогда советский астрофизик Шкловский, известный своей способностью к генерированию самых невероятных гипотез, предположил, что это и есть как раз излучение в линии двухатомной молекулы гидроксила (ОН), которое дают сжимающиеся протозвезды. Интересное предположение? Идея неплохая!

Итак, протозвезда готова! Условимся считать, что начальный этап сжатия газопылевого облака закончился.

После прохождения состояния критической плотности процесс сжатия ускоряется. Через некоторое время он уже идет со скоростью свободно падающего тела. Пыль и газ наперегонки мчатся к центру сгущения. А дорога до него не близкая. Помните, мы говорили о радиусе облака...

Слово опять берут астрофизики-математики. Они подсчитали, что протозвезде с массой Солнца нужно примерно двести тысяч лет, чтобы сконцентрироваться в небесное тело требуемой «звездной» плотности. Во время такого интенсивного сжатия освобождается много гравитационной энергии. Пыль и газ за ее счет разогреваются, и сжимающаяся протозвезда излучает все больше и больше электромагнитных волн, правда, пока все в том же невидимом инфракрасном диапазоне.

Постепенно в центре протозвезды пыль начинает плавиться. Молекулы газа распадаются на атомы. Атомы ионизируются. Вещество протозвезды переходит в состояние плазмы. И как только освобождающейся гравитационной энергии становится достаточно, чтобы нагреть и превратить в плазменный шар всю протозвезду, бурное устремление вещества к центру прекращается. Происходит одна-другая короткие вспышки яркостью в тысячу Солнц, и протозвезда снова темнеет.

На этом этапе согласно теории японского физика Хаяши протозвезда бурно «кипит», как кастрюля с космическим супом, разогревая свои недра. И лишь когда температура в центре достигнет этак примерно миллионов восьми градусов, «включаются» термоядерные реакции. С этого момента протозвезда, как говорят специалисты, «садится» на главную последовательность и начинает жизнь нормальной звезды.

После того как протозвезда превратилась в звезду, жизнь ее идет веселее. Процессы в недрах звезд сложны и зависят от многих факторов, но от массы они зависят, пожалуй, прежде всего.

Нам с вами проще, мы остановились на рассмотрении обычной звезды, солнечного типа. Проще и интереснее потому, что судьба Солнца наверняка должна интересовать и волновать нас больше, чем судьба, скажем, какой-нибудь Даби или «Счастья убийцы», как некогда называли Бету из созвездия Козерога, удаленную от нас на расстояние едва ли не двухсот пятидесяти световых лет.

С началом термоядерных реакций в звезде начинается «выгорание» водорода в протонных реакциях. При этом можно считать, что радиус светила и его светимость остаются постоянными достаточно продолжительное время. Это большое счастье. За этот срок возле одного из известных нам небесных тел, по имени Солнце, зародилась жизнь и даже достигла кое-каких успехов в своем развитии. Будем также надеяться, что и впереди у человечества еще есть время для процветания.

По данным современной науки, наша Вселенная существует, по крайней мере 10 миллиардов лет. А за такой срок даже самые старые звезды, меньшей массы, чем Солнце, не «выжгли» еще всего водорода из своих недр и не думают о смерти...

Но, в конце концов, это, к сожалению, произойдет. К той далекой поре температура в недрах Солнца, по расчетам Эпика, возрастет до 400 миллионов градусов. Вид реакций в его ядре сменится, и светило наше может вспыхнуть. Хотя может и не вспыхнуть.

Дальнейший ход эволюции представляет для нас меньший интерес. После того как запасы «горючего» кончатся, термоядерные процессы прекратятся, звезда снова начнет сжиматься и будет это делать до тех пор, пока не превратится в белый карлик. Белый карлик медленно остынет, проходя последовательно стадии красного карлика, инфракрасного и, наконец, черного карлика. Вот тогда наступит полный конец. Все!

Конечно, в приведенной картине образования звезды из диффузной материи не все обстоит гладко. Например, по данным наблюдений, в Галактике очень мало водорода: всего около 2 процентов общей массы. А теория считает, что звезды произошли именно из этого популярного газа. При наличии же такого мизерного количества строительного материала в Галактике, всякое звездообразование должно бы давно закончиться. Между тем те же наблюдения говорят, что в нашей системе немало молодых и очень горячих голубых звезд-гигантов и сверхгигантов. В то же время надо признать, что нигде, ни в одном уголке Галактики, астрономы никак не могут обнаружить ни единой протозвезды. А если оные образуются из газа, то вполне законно было бы ожидать их среди звездной молодежи в ассоциациях...

Увы, все, что было обнаружено до сих пор в этом плане, оказывалось желаемым, которое принималось за действительное. Не совпадает и спокойный характер концентрации газа в протозвезду с наблюдаемыми взрывами, сопровождаемыми могучими выбросами материи, которые обнаружили астрономы в ядрах галактик.

И, наконец, большим недостатком рассмотренной гипотезы, недостатком, который признается и ее сторонниками, является то, что, даже объяснив удовлетворительно некоторые из имеющихся фактов, она не сумела пока предсказать ни одного нового открытия. С гипотезой, претендующей на переход в ранг теории, таких конфузов случаться не должно...

Астрофизическая бомба, подложенная под основу основ классической гипотезы

В 1946 послевоенном году недалеко от Еревана на склоне горы Арагац началось строительство Бюраканской астрофизической обсерватории. Под ее куполами собрался коллектив талантливых и увлеченных молодых людей, руководителем которых стал Виктор Амбарцумян. И там, продолжая свои исследования горячих звезд-гигантов ранних спектральных классов *O* и *B*, а также переменных звезд-карликов типа *T* из созвездия Тельца, он заметил, что молодые звезды располагаются вовсе не хаотично, а имеют некоторую тенденцию к сгущиванию. Бюраканцы назвали новые коллективы *O*-ассоциациями и *T*-ассоциациями.

Но вот что было странно. Ассоциации занимали такой большой объем пространства, что силы взаимного тяготения между ними должны были быть очень слабыми. Одновременно собственные скорости движений звезд оказались такими большими, что им достаточно было бы всего нескольких сотен тысячелетий или миллионов лет, чтобы вообще выйти из такого коллектива и разлететься.

А теперь попробуем вслед за Амбарцумяном сделать некоторые выводы. Не кажется ли вам, что приведенные факты говорят о том, что подобные союзы — образования недавние и с галактической точки зрения весьма кратковременные? А тот факт, что состоят такие ассоциации из молодых, очень горячих звезд часто двойных и кратных систем, не наводит ли на мысль, что все они недавно родились тесной группой, а теперь стремятся разлететься из родного гнезда, но пока еще не успели этого сделать?

И, наконец, коль скоро они стремятся разлететься, то не участвовала ли при их рождении какая-то сила, сообщившая им начальную скорость, достаточную, чтобы преодолеть ньютоновы силы притяжения?..

Вывод напрашивается не один. И каждый носит буквально революционный характер, потому что в корне противоречит установившейся классической точке зрения. Во-первых, вопреки представлению о древности всех звезд, получается, что часть из них рождается и сегодня. А во-вторых, что рождаются звезды не в одиночку, а группами и целыми коллективами.

Докладывая в 1947 году на общем собрании Академии наук СССР результаты исследований, Амбарцумян поставил и главный вопрос: из чего же образуются все эти молодые звезды и как идет процесс их коллективного рождения?

Можно было, конечно, предположить существование больших темных дозвездных облаков диффузной материи и попытаться представить грандиозное действо в рамках классического направ-

ления. Но то, о чем говорил с трибуны молодой член-корреспондент АН СССР, не имело ничего общего с классикой. Он предполагал, что в глубинах Вселенной существуют сверхплотные тела, которые, взрываясь, делятся на части и образуют звездные ассоциации обнаруженного типа.

Как и полагается, высказанная гипотеза породила лавину критики. Известный специалист по физике звезд и туманностей московский астроном Воронцов-Вельяминов подверг сомнению само существование ассоциаций молодых небесных тел. Он считал, что полосы темной пыли и газа в Галактике просто скрывают от нас часть далеких звезд-гигантов, оставляя в промежутках своеобразные «коридоры видимости». И то, что дано нам увидеть в этих «коридорах», «бюраканцы» принимали за «рассеянные ассоциации». Свои сомнения Воронцов-Вельяминов основывал на довольно значительном количестве ошибок, обнаруженных им в предварительных результатах бюраканских астрономов. Страсти накалялись. Обе позиции обросли сторонниками. Настала пора большой открытой дискуссии. И она состоялась в мае 1952 года в Москве на Втором совещании по вопросам космогонии.

Основной тезис противников нового взгляда заключался в том, что никто из астрономов нигде не видел сверхплотных тел, из которых должны, как то считал Амбарцумян, образовываться звезды. Но ведь, несмотря на признанность классической гипотезы, описать туманность, в недрах которой видны зарождающиеся светила, ее сторонники тоже не могли!

Многие участники совещания воспользовались возможностью рассказать об итогах своих исследований, в результате чего астрономы познакомились с интересной теорией образования звезд из диффузной материи, выдвинутой ленинградскими профессорами Лебединским и Гуревичем. Академик Фесенков рассказал об исследованиях звездных цепочек, обнаруженных им с помощью нового телескопа, установленного на Алмаатинской обсерватории. Он наметил также возможный ход эволюции различных галактических туманностей, из которых, по его мнению, возникали звезды.

В конце концов идеи, которые защищал Амбарцумян, на совещании победили. Большинство участников согласились с существованием звездных ассоциаций. Однако в пылу полемики главный вопрос, ради которого была организована дискуссия, то есть вопрос о происхождении звезд, оказался несколько отесненным и забытым...

В принятом решении была признана «плодотворность представлений о том, что процесс группового звездообразования продолжается и в настоящее время».

Новые мехи для нового вина

Еще в библейских заповедях говорилось, что «не след использовать старые мехи для молодого вина» — скиснет. Века придали этому ценному хозяйственному совету более глубокое содержание. Попробуем и мы приспособить его для наших целей.

Помните, мы говорили об открытии Амбарцумяном рассеянных звездных ассоциаций, состоящих из очень молодых звезд, которые изо всех сил стремятся убежать из своей первоначальной компании? А не задумались ли вы, почему они стремятся это сделать? Ведь ежели образуются они путем конденсации диффузного вещества, то, рождаясь дружным коллективом, они должны непременно образовывать устойчивые системы. Чего им тогда разлетаться в разные стороны?

Новая астрономическая техника позволила наблюдателям проникнуть чрезвычайно далеко в глубины Вселенной. И то, что виделось раньше смутно и неотчетливо, новые инструменты позволяли разглядеть достаточно ясно. Если раньше наша Галактика, как и прочие галактики, представлялась спокойным, постоянным образованием, то новые методы исследования рассеяли эту иллюзию. Во всех уголках метagalaktiki происходят бурные процессы. Развитие идет по ступенькам взрывов и невероятной силы катастроф. Неожиданно вспыхивают на небе новые звезды. Этот термин — новые звезды — астрономы-наблюдатели придумали не зря. Кажется, еще вчера на данном участке неба не было ничего примечательного, а сегодня там вдруг проклюнулась яркая точка. Проходит немного времени, и «новая» достигает светимости самых мощных сверхгигантов. А потом также вдруг свет ее начинает слабеть. В максимуме светимость звезды вырастает в сотни тысяч раз. А ведь это взрыв! Да еще какой! За короткое время взрыва «новой» — в течение всего нескольких дней — выделяется такая энергия, которую наше Солнце излучает за десять, а то и за сто тысяч лет.

Но еще грандиознее взрывы «сверхновых». Правда, это не столь частое с человеческой точки зрения явление. Последнюю такую вспышку в нашей Галактике, пожалуй, наблюдал Кеплер в 1604 году, еще до изобретения телескопа. «Сверхновая» Кеплера была видна даже днем при солнечном свете. И ее светимость оценивалась в миллиарды раз больше солнечной, лишь немногим меньше светимости целой галактики. Это был взрыв сверхграндиозный! По статистике астронома Цвикки, подобные взрывы должны происходить в галактиках примерно один раз за триста-четырееста лет. Если сравнить время жизни галактики со сроком человека, то такие вспышки — словно галактический пульс или удары галактического сердца. Многозначительная, хотя и явно антропоцентрическая аналогия.

Но этими взрывами грандиозные катаклизмы во Вселенной не исчерпываются. В ядрах галактик происходят непонятные пока нам взрывоподобные процессы, сопровождающиеся выделением колоссальных количеств энергии и выбросов вещества. Так, может быть, взрывы — нормальное явление развития в космосе?

Если это так, то естественное объяснение получают и распадающиеся ассоциации молодых звезд. Надо только найти тот космический заряд, который служит источником взрыва, раскидывающего их. И Амбарцумян создал гипотезу образования звездных систем из невидимых сверхплотных скоплений материи, которые он назвал «Д-телами». Так родилась новая космогоническая гипотеза, в самой основе своей противоположная классическому направлению.

«Новые мехи» были скроены настолько необычно, что ошеломленные космогонисты вначале дружно встретили их в штыки. Сторонники Амбарцумяна утешались тем, что еще никогда в истории науки не было случая, чтобы новый шаг можно было сделать легко и без сопротивления ортодоксов. Это тоже — один из великих законов, помогающий сохранять накопленное богатство знания. Представьте себе, что было, если бы любое научное утверждение тут же принималось бы человечеством на веру?

Вокруг Амбарцумяна сплотился работоспособный коллектив единомышленников. В Бюраканской обсерватории возникла целая школа нового направления, школа, перед которой стояли сложные задачи. Ведь все, буквально все стремились уколоть их тем, что они одно неизвестное пытаются объяснить другим неизвестным. Как же, ведь гипотетических сверхплотных «Д-тел» никто никогда не видел. Не существовало и косвенных подтверждений существования подобных образований. Высказывались сомнения, что материя вообще может находиться в сверхплотном состоянии. Бюраканским астрофизикам предстояла нелегкая борьба. Каждое слово, каждое утверждение и вывод нужно было обосновывать, снабжать подходящей теорией, подтверждать наблюдениями...

То обстоятельство, что никто в глаза не видел также и формирования звезд из диффузной материи путем концентрации, противниками во внимание не принималось. То была привычная точка зрения; и, чтобы спорить с нею, нужны были факты и еще факты, а не умозрительные рассуждения о невидимых, а может быть, и несуществующих сверхплотных телах.

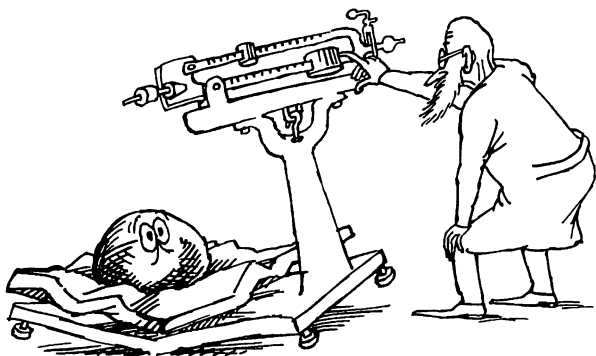
Впрочем, некоторый опыт общения со сверхплотным состоянием вещества у астрономов все же был. Начал его Бессель. Еще в 1844 году, наблюдая движение Сириуса, он пришел к выводу, что вокруг яркого гиганта должен непременно крутиться невидимый, но достаточно массивный спутник. Потому что в движениях яркой звезды наблюдались определенные неравенства.

Однако наблюдатели никакого спутника возле Сириуса не находили. И лишь 18 лет спустя, когда оптик и астроном Альвен Кларк испытывал только что отшлифованный новый объектив на своем телескопе, он увидел рядом с Сириусом едва заметную в его сиянии крохотную блеску. То был бесселев «Сириус В», или «Щенок», как называли его некоторые астрономы. Достаточно горячий «Сириус В» тем не менее излучал в 10 тысяч раз меньше света, чем сам Сириус, значит, и по размерам он должен был быть тоже во много раз меньше. Но масса «Щенка» отличалась лишь вдвое от массы основного светила. Вывод мог быть один — вещество «Сириуса В» обязано было быть тяжелее, то есть плотнее звездного вещества самого Сириуса. Так оно и оказалось. И в истории астрономии был открыт первый белый карлик — звезда, состоящая из вещества повышенной плотности.

Прошло время, и белых карликов обнаружили так много, что они образовали целый специальный класс звезд. Теоретики разработали подходящую теорию, вывели условия, при которых белые карлики могли существовать и находиться в равновесии, разработали физику образования уплотненного вещества. (Чего не сделаешь на бумаге, если этого требуют наблюдения!) По всем данным, звездное вещество белых карликов вроде бы не должно было подчиняться уравнению газового состояния, выведенному еще Клапейроном в 1834 году. В 1874 году оно было обобщено Менделеевым и с тех пор играет существенную роль при расчетах моделей звезд. Пользоваться уравнением газового состояния можно, когда газы достаточно разрежены. Но это совершенно неприменимо к сверхплотному состоянию белых карликов. Из чего же могли состоять эти удивительные сгустки материи и в каком фазовом состоянии должно находиться их вещество?

Попробуем порассуждать. Температура поверхности белых карликов достигает 10 тысяч градусов. Внутри она наверняка выше. Значит, ни твердыми, ни жидкими они быть не могут. Газообразными? Но плотность вещества в недрах этих звезд такова, что в земных условиях наперсток, наполненный аналогичным конгломератом, весил бы сотни, а то и тысячи тонн! Плотность же самых плотных твердых и жидких тел, известных человеку, не превышает двадцати граммов на кубический сантиметр.

В 1926 году английский физик Фаулер вывел все-таки теоретически условия, при которых могла существовать огромная плотность вещества белых карликов. Всем стало легче. Фаулер предположил, что недра звезд этого типа находятся в состоянии «вырожденного газа», когда атомы разрушены, электроны отделены от ядер и расстояния между центрами атомных ядер в несколько десятков раз меньше, чем в обычных жидких и твердых телах. Такое вещество должно иметь совершенно особые свойства.



Давайте-ка вспомним физику. Почему газ в обычном состоянии имеет малую плотность? Да потому, что его атомы свободно движутся в пространстве. Расстояния между ними больше размеров самих атомов. В жидких и твердых веществах картина другая. Там пухлые за счет своих электронных оболочек атомы соприкасаются. И чем теснее их «упаковка», тем выше плотность. В веществе белого карлика ядра оголены, электронные оболочки с них сорваны. Но расстояния между ними все еще значительно больше размеров самих ядер. И это признак газа. Не совсем, конечно, обычного газа, но потому его и назвали «вырожденным».

Несколько лет спустя советские физики Ландау и Френкель независимо друг от друга пришли к выводу, что не каждая звезда может обратиться в белый карлик, а лишь та, масса которой превышает солнечную не больше, чем на 40 процентов. Затем советский физик Бронштейн и индиец Чандрасекар, работавший в США, заложили основы общей теории белых карликов. Астрофизик Каплан в СССР решил задачу о наиболее вероятных плотностях таких звезд. Оказалось, что белые карлики весьма разнообразны. Плотность их, а соответственно, и радиус зависят от предполагаемого химического состава. Например, если белый карлик состоит в основном из гелия, наибольшая плотность его будет равняться «всего» тысяче тонн на кубический сантиметр. Такое небесное тело может иметь среднепланетные размеры. А вот если большая часть белого карлика состоит, скажем, из ядер железа, его предельная плотность повышается раз в 20, а радиус становится меньше радиуса Земли (порядка тысячи километров).

Но и это не пределы возможного. Теория допускала, что в космосе могут встречаться условия, при которых плотность сжимающихся звезд перешагнет за пределы самых плотных белых карликов. Это случится, когда оголенные ядра «вырожденного газа» начнут поглощать электроны, превращая свои протоны в нейтроны. Нейтральным частицам ничто не мешает «упаковаться» еще

компактнее вплоть до соприкосновения. При этом звезда резко сжимается и плотность ее вещества возрастает до сотен миллионов тонн на кубическом сантиметре.

Сначала нейтронные звезды были просто «придуманы» теоретиками. Представление о них родилось в головах астрономов Бааде и Цвикки еще в 1934 году. Затем Ландау и Хунд подвели под их предполагаемое существование теоретическую базу. А Оппенгеймер и Волков рассчитали первую модель. Получалось, что образовываться нейтронные звезды могут в результате взрывов «сверхновых». В этом случае часть газовой оболочки звезды срывается силами взрыва и улетает прочь, а остаток вещества в конце эволюции сжигается до плотности, сравнимой с плотностью атомного ядра. Но массы нейтронных звезд так же, как и массы белых карликов, могут лишь ненамного отличаться от массы Солнца. А радиусы их становятся равными 30, а то и 10 километрам...

Чудовищные химеры звездного мира! Но существуют ли они на самом деле? Нафантазировать, даже с помощью математики, можно ведь что угодно. Задача науки — ограничить человеческую фантазию рамками законов природы.

Было предпринято немало попыток приписать свойства нейтронных звезд то одним, то другим обнаруженным небесным объектам. Все эти старания отличались неуверенностью и кончались неудачами. Но в конце 1960-х годов астрономический мир испытал потрясение ни с чем не сравнимое: были открыты пульсары-радиоисточники, работающие как бы в импульсном режиме, то есть за доли секунды меняющие свое излучение. Споры о природе новых объектов, теории их строения, гипотезы об их происхождении фейерверком вспыхнули среди специалистов. И не прошло и трех лет, как все или почти все согласилось считать пульсары вращающимися нейтронными звездами.

После яростных дискуссий, прошедших в довольно быстром темпе, специалисты согласились считать моделями пульсаров некие устройства, напоминающие вращающиеся радиопрожекторы. На поверхности таких звезд предполагается существование активных областей, излучающих строго направленные радиоволны. Через определенный период, равный, скажем, времени оборота вокруг своей оси, луч такого прожектора «чиркает» по Земле. И тогда радиоастрономы принимают от него импульс радиоизлучения.

Впрочем, с чего бы это звезде представлять собой «прожектор»? Не проще ли, по традиции, предположить, что шар должен излучать во все стороны одинаково, а судорожные вспышки радиоизлучения приписать пульсациям, в принципе аналогичным уже известным процессам такого рода?

Замечаете, мы уже не подвергаем сомнению существование этих странных объектов, мы уже вполне по-деловому обсуждаем их возможное строение...

Существует мнение, что и та и другая модели имеют право на существование. Более того, не исключено, что к некоторым пульсарам применимы сразу обе модели вместе, в комбинации.

А нельзя ли представить себе дальнейшее повышение плотности звездного вещества за пределы нейтронного состояния? Этой проблемой в теоретическом плане занялись Амбарцумян и Саакян. Они установили, что при дальнейшем повышении плотности нейтронное вещество должно перейти в новое, барионное состояние. То есть раздавленные нейтроны и протоны должны частично перейти в неустойчивое состояние гиперонов — самых тяжелых элементарных частиц. Гипероны очень неустойчивы. В нормальных условиях время их жизни — миллиардные доли секунды. Но мы и не ожидаем, что в недрах сжавшейся звезды условия нормальные. Отнюдь! Условия там таковы, что образовавшимся гиперонам просто некуда распадаться. В результате в центре они начинают накапливаться, образуя гиперонное ядро.

Модель такой звезды можно представить себе состоящей из нескольких слоев. Внутренняя часть — гиперонное ядро, в котором могут попадаться и другие тяжелые частицы. Здесь сосредоточена основная масса. Затем идет следующий — нейтронный — слой, состоящий, как читатель, наверное, уже догадался, из нейтронов. Он средней толщины, и масса его «незначительна». И последний — наружный — слой. Даже не слой, а тоненькая пленка, состоящая из «голых» ободранных ядер и электронов, — пленка, из вещества белых карликов.

Гигантское внутреннее давление в гиперонных звездах уравнивается не менее чудовищными силами гравитационного сжатия. При этом любое нарушение равновесия звезды должно приводить к такому взрыву, рядом с которым вянут лавры даже взрывов «сверхновых».

Вот как хорошо все получилось. Сторонники новой концепции готовы были торжествовать. Ясно, что гиперонные звезды — это и есть таинственные «Д-тела», из которых при взрывах рождаются целые коллективы звезд...

Ясно, да не совсем. Разработанная теория позволяла переходить в барионное состояние звездам, массы которых также порядка солнечной. Более массивные образования в сверхплотное состояние переходить не имели права. Получался прямо заколдованный круг. Ведь таких масс было явно недостаточно, чтобы из них могли родиться целые звездные коллективы.

«Черные и белые дыры» Вселенной

В марте 1974 года в Государственном астрономическом институте АН СССР имени Лебедева появилось у входа любопытное явление. На объединенном семинаре должен был читаться доклад под названием «Взрываются ли “белые дыры”?». Научный авторитет докладчиков Зельдовича, Новикова и Старобинского и необычность темы привлекли внимание многих.

Вообще в появлении таких странных и «ненаучных» терминов, как «черные» и «белые дыры», виноваты прежде всего космологи. Некогда, разрабатывая гипотезу «Большого Взрыва», они первыми описали процесс, в результате которого из «ничего» образовалось «все». Их «космологово ничего» имело бесконечную плотность в точке начала (в сингулярности).

О самом моменте превращения «ничего» во «что-то» космологи предпочитают особенно не распространяться. Темное это дело... Основные их исследования касаются того времени, когда вещество уже родилось и стало разлетаться в разные стороны, формируя Вселенную. Естественно предположить, что, разлетаясь, сгустки вещества должны слегка притормаживать друг друга силами взаимного притяжения. А значит, и скорость их движения должна постепенно падать.

Любое умозаключение должно подтверждаться расчетами. Посчитали и в данном случае. Получилась неприятность. Для торжества имеющихся галактик общая масса вещества во всей видимой Вселенной должна была быть раз в десять больше той, которая получается, если сложить всю наблюдаемую материю: и галактики, и газовые облака туманностей, и даже массу частиц космических лучей. Все вместе дает всего 10 процентов требуемой массы. А откуда же брать остальные 90? Тут-то и пришли на помощь «черные дыры». Раз их не видно, то почему бы не свалить на них ответственность за недостаток массы во Вселенной?

Вообще, надо сказать, что эти придуманные еще в 1939 году теоретические, гипотетические и какие угодно еще, только не реальные в ту пору, объекты оказались сущим кладом для теоретиков. Однако серьезные наблюдатели относились к ним скептически. И вдруг...

Впрочем, сначала — что они, эти «черные дыры», должны собой представлять? Рассматривая процесс коллапса — неудержимого сжатия звезды в конце эволюционного цикла, когда все водородное горючее истрачено, — теоретики пришли к любопытным выводам. Мы уже говорили о том, что нормальные звезды с массой порядка солнечной могут сжаться до плотности атомного ядра и превратиться в нейтронные сгустки. Это тоже сначала было предположением, но потом открыли пульсары. Исследуя процесс

дальнейшего сжатия небесных тел, теоретики установили, что звезды с массой, превосходящей Солнце раз в пять, десять и больше, сжимаются неограниченно, то есть коллапсируют, превращаясь в «черную дыру». При этом, несмотря на резкое сокращение радиуса, масса звезды остается прежней.

Вы представляете, как изменяются условия возле такого съжившегося до крохотного объема гигантского шара вещества? Если размеры тела становятся меньше так называемого гравитационного радиуса — величины, зависящей от массы звезды и скорости света, — то для внешнего наблюдателя тело исчезает из глаз. Чтобы читатель смог представить себе более наглядно эту величину, достаточно сказать, что для Солнца с радиусом фотосферы примерно $7 \cdot 10^5$ километров, гравитационный радиус всего 3 километра.

У сколлапсировавшего объекта гравитация на границе, очерченной этим радиусом, становится настолько велика, что никакому излучению сквозь эту границу не пробиться. Завернутые силами взбесившейся гравитации частицы и лучи, едва покинув поверхность съжившегося объекта, тут же падают обратно, не вынося за пределы гравитационного радиуса никакой, привычной нам информации. Ни фотонам видимого света, ни инфра-, ни ультра-, ни радио-, ни рентгено-, ни гамма-лучам не пробиться сквозь такой барьер. Для внешнего наблюдателя светило просто как бы исчезает... Однако соседние звезды и, если бы были, то принадлежащие исчезнувшему объекту печальные планеты, кометы и астероиды продолжают обращаться в непроглядной тьме по прежним орбитам, словно никакого исчезновения не произошло...

Вы, конечно уже догадались: исчезнуть-то оно исчезло, но только из виду. То есть стало невидимкой. В принципе же, вся масса, как была, так и осталось, и притяжение не изменилось. Хотя объем тела стал ничтожным. В областях, близких к «черной дыре», все процессы описываются теперь не законами Ньютона, а общей теорией относительности. В этих областях меняются даже свойства пространства-времени: геометрия пространства нарушается, а время затормаживается. Получается действительно как бы дырка в пространстве-времени. Дырка, через которую теоретики и астрофизики тшата заглянуть в «мир потусторонний» и выудить оттуда сведения о самых фундаментальных свойствах мира (постороннего).

Надо сказать, что гипотеза «черных дыр» одинаково привлекательна и для сторонников старой, классической космогонии, и для сторонников новой. Одни видят в них прекрасный пример заключительной эволюции звезд. Другие твердо считают, что существо-



вание «черных дыр» — важнейшее доказательство существования сверхплотного состояния вещества, а следовательно, и справедливости новой точки зрения на образование звезд.

Представим себе, что условия равновесия кома вещества, спрессованного до плотности «черной дыры», нарушились и он взорвался! Вы спросите: почему взорвался?

А кто его знает. Мы как-то уже говорили, что звезды склонны к такой форме проявления своего характера. Но, взрываясь, «черные дыры» превращаются в своих антиподов — в «белые дыры». И если до взрыва их можно было считать продуктом заключительной стадии эволюции, то после взрыва — это явно начало эволюции! Сверхплотное тело дает начало новым небесным объектам!

Может быть, именно здесь как раз и произойдет стыковка непримиримых концепций...

Автор понимает, что рассказ о таких феноменах, как квазары, пульсары, дыры черные и белые, лучше бы отнести к астрономии. Но уж очень заманчиво поделиться хотя бы относительно свеженьким? Потерпим? Будем считать, что наш читатель уже знаком с астрономией и его такими штучками не удивишь.

Профессор Новиков, рассматривая условия возникновения квазаров, предложил такую гипотезу: когда произошел «Большой Взрыв» и наша Вселенная стала расширяться из сверхплотного состояния, отдельные ее части не поспевали за общим темпом. По каким-то причинам они некоторое время оставались в первозданном виде и лишь много позже включились в общий ритм.

Эти отдельные части, дожившие до нашего времени, и являются квазарами, или особыми точками Вселенной, так сказать, «разлетевшейся сингулярностью». Далекий наблюдатель, глядя на них, должен бы видеть в пространстве метagalактики, скорее всего, некие «черные дыры», которые по истечении определенного срока вдруг взрываются и превращаются в «дыры белые».

Согласитесь, что квазары и активные ядра галактик как нельзя лучше подходят в качестве «белых дыр». Однако первоначальная гипотеза Новикова не учитывала квантовых эффектов, сопровождавших рождение частиц, и посему не сводила концы с концами. И вот новый доклад, с которого мы начали этот раздел.

Докладчики вовсе не хвастались тем, что теперь-де нашли и учли все аспекты события. Уточнения теории привели к тому, что для «белых дыр» оказались равновозможными два крайних состояния: одно неустойчивое, а второе, наоборот, устойчивое абсолютно. Находясь в первом состоянии, «белая дыра» взрывается сразу, через сотысячную долю секунды после своего образования. Во втором случае она не взорвется никогда, оставаясь для наблюдателя вечной «черной дырой».

Правда, опыт здравого смысла учит, что, когда есть крайности, середина пустой не остается. Задержка взрыва на некоторое определенное время тоже возможна. Но пока, по расчетам, для этого должны сложиться настолько маловероятные начальные условия, что подобное явление должно встречаться в метagalактике исключительно редко. А квазаров и активных ядер галактик в обозримом пространстве немало. Значит... Значит, разрабатываемая для их объяснения теория опять недостаточна.

Вывод не слишком радостный для создателей теории, но вывод. И если он не подтвердится, не беда: в науке не редкость, когда отрицательный результат ценнее многих положительных. Но существуют ли эти гипотетические объекты на самом деле? Пока все рассуждения не выходили за пределы теоретических предположений. Действительно, как же их искать, если они невидимы? Ну, во-первых, можно попробовать поискать некие «водовороты» космического газа, втягивающегося в черное «ничто». Приближаясь к «черной дыре», падающий на нее газ начнет излучать. Может быть, это будут радиоволны, а может быть, рентгеновские лучи? Обнаружить такое излучение, обшаривая небо, густо усыпанное звездами, — задача не из простых, но возможная.

Есть и иной путь. Помните, как Бессель в свое время догадался о существовании невидимого спутника у Сириуса? А что было бы, будь вассал по массе больше своего сюзерена? Тогда яркий Сириус крутился бы вокруг невидимой точки, связанный с нею узами притяжения. Нам с Земли казалось бы, что он обращается вокруг пустого места.

Во Вселенной множество двойных звезд. Не исключено, что между ними могут быть и такие пары, у которых одна из компонент — «черная дыра». Тогда нормальный спутник интересующего нас объекта должен непрерывно терять свое вещество, и оно будет течь к невидимому компаньону, закручиваться вокруг него, образуя диск. Трение газовых слоев разорвет диск, и он станет источником рентгеновского излучения. Кроме того, в газовом вихре по мере приближения к гравитационному радиусу нарастают магнитные поля. Заряженные частицы газовой плазмы в этих условиях ускоряются, а следовательно, начинают излучать переменные электромагнитные волны. Теоретики высчитали период этих колебаний. Он оказался лежащим в пределах десятитысячных долей секунды. Такие «черные дыры» называли флукуарами. Теперь осталось совсем немного — найти их на небе! Ситуация ничем не отличалась бы от той, когда мы собирались искать газовые «водовороты», если бы не вторая звезда пары.

Рентгеновские лучи от газового диска интенсивно обстреливают близко расположенную нормальную звезду, неравномерно разогревая один ее бок. На поверхности звезды появляется как бы «горячее пятно». А такой феномен можно угледеть и с Земли, пользуясь оптическими методами.

В последние годы теорией рентгеновских источников и процессами излучения систем, содержащих в себе «черные дыры», занимались очень многие специалисты. Большой вклад внесли сотрудники Государственного астрономического института имени Штернберга. Существует мнение, что уж одну-то «черную дыру» астрономы нашли почти наверняка. В созвездии Лебеда наблюдается подозрительная пара, состоящая из нормальной звезды — сверхгиганта — и невидимого в оптических лучах компонента с массой порядка десяти солнечных. Сильное рентгеновское излучение, тесное расположение компаньонов и то обстоятельство, что спектр излучения во многом соответствует предсказанному теоретически, вдохновляют охотников за «черными дырами». В августе 2007 года многие мировые газеты сообщили, что астрофизики с помощью рентгеновского оборудования, уставленного на японском спутнике «Судзаку», зафиксировали в центре двух галактик черные дыры. Обычно считалось, что эти объекты должны иметь форму бублика, но черные дыры, обнаруженные японскими специалистами, — круглые и по массе больше нашего Солнца примерно в миллион раз...

Пока стопроцентной гарантии, что невидимки пойманы, нет. Но, судя по тому, как быстро меняется поток рентгеновских лучей, его источник должен весьма шустро вертеться вокруг своей оси. А это значит — он на редкость малых размеров. И при такой малости за каждую вспышку, которая и длится-то не больше ты-

сячной доли секунды, в окружающее пространство выделяется энергии больше, чем при взрыве миллиарда водородных бомб. Такое же сравнение приводили Зельдович, Новиков и Сюняев, рассказывая о новых объектах.

Внимание специалистов разного профиля в разных странах прочно приковано к поискам «черных дыр». Астрофизики надеются с их помощью глубже проникнуть в недра звезд и исследовать справедливость существующих законов и теорий. Физики-теоретики ждут от «черных дыр» подтверждения или опровержения своих предположений о свойствах пространства-времени в окрестностях этих феноменов. Космогонисты возлагают большие надежды на новые объекты, рассчитывая уточнить механизм происхождения звезд и решить многие споры принципиального характера. Новые небесные объекты — это физические лаборатории с уникальными условиями и возможностями. Смоделировать их на Земле невозможно. Поэтому надо во что бы то ни стало найти надежные способы получать от них ту информацию, которую они так щедро рассеивают в пространство. Вот почему в программах работ орбитальных станций такое важное место занимали и занимают наблюдения рентгеновских источников...

Так как же все-таки рождаются звезды?

Читатель наверняка чувствует, что раздел, касающийся звездной космогонии, подходит к концу. Пора сделать вывод, а у нас не столь уж богатый набор гипотез, несмотря на то что выбор в обозримом пространстве достаточно богатый. Сегодня считается, что в обозримой Вселенной примерно насчитывается $10 \cdot 10^{21}$ звезд, (можно записать эту цифру пострашнее: 10 000 000 000 000 000 000 000). При этом среди них есть ветераны звезды — весьма почтенного возраста, есть главные (рабочие лошадки космоса) звезды среднего возраста, а есть и молодежь, и даже — малыши...

Возьмите для примера Большую Туманность Ориона. В ней нетрудно увидеть (если, конечно, у вас есть «приличный», по современным меркам, телескоп), скопления тусклых звезд, окруженных пылевыми и газовыми оболочками. Скорее всего — это звездная молодежь, родившаяся сравнительно недавно. Так, во всяком случае, предположил астроном Ликской обсерватории Хербиг в 1954 году, обнаруживший этот звездный «детский сад» и в нем парочку новичков, которых никто не смог отыскать на негативах семилетней давности.

В межзвездном пространстве, как выяснилось, плавают до-

вольно много огромных газопылевых облаков, в которых, согласно астрофизику Джинсу, вполне могут сконцентрироваться более плотные сгустки — глобулы. В их недрах, при дальнейшем сжатии и повышении температуры, может в конце концов вспыхнуть термоядерный огонь. Когда это произойдет — сказать трудно. Скорость эволюции зависит в значительной степени от массы. Чем она больше, тем скорее превращается «зародыш» в протозвезду. Так небольшие звезды, типа нашего Солнца, проходят свой жизненный путь миллиардов за двадцать лет, а протозвездам с массой раз в десять больше, отпущено на жизнь в десять раз меньше лет...

Следует добавить еще и то, что звезды редко рождаются поодиночке. Чаше они это делают «в куче». Жизненный путь разные звезды тоже проходят по-разному. Но мы не станем в это углубляться, поскольку это дело не космогонии, а астрономии как таковой. Достаточно сказать, что к нашим дням значительное количество космического «мусора» (как то: пыли, газа и всяких обломков как строительного материала для звезд) в нашей Галактике подизрасходовано. И некоторые астрономы уверяют, что за год у нас рождается не больше пяти штук звездных «младенцев». Это немного. Правда, сами звезды, сверкая, выбрасывают в пространство немало своего вещества. Наше Солнце, к примеру, за год теряет примерно $2 \cdot 10^{13}$ тонн вещества.

При этом первые звезды при рождении мира, образовались в основном из водорода (не будем допытываться, откуда он сам-то взялся). Еще было при их рождении немножко гелия. Вся же остальная таблица Менделеева возникла в результате трудолюбивой работы термоядерных реакторов внутри звезд, то есть как результат ядерного синтеза.

С помощью искусственных спутников, снабженных инфракрасной аппаратурой, астрономы нашли на небе довольно много очагов звездообразования. А в туманности Ориона среди скопления компактных источников инфракрасного излучения, отыскался один с температурой около шестисот градусов Кельвина (это примерно 350°C). Очень похоже, что он вот-вот, как бабочка, вылупится из куколки и станет звездой.

В небулярной гипотезе Джинса нашлись неувязки, имевшие достаточно принципиальное значение.

Но есть и другая противоположная концепция, считающая, что образование звезд происходит в результате взрывоподобного распада сверхплотных тел. Какой же из двух точек зрения отдать предпочтение?

Нет хуже ситуации, когда приходится проявлять самостоятельность. Особенно если это касается теории происхождения звезд. И у одной, и у другой концепции имеются «за», имеются

и «против». Может быть, будет легче, если сравнить эти «за» и «против»? Давайте попробуем выстроить некоторые из них друг за дружкой в форме «возражений-утверждений» по основным направлениям спора. Скажем, так:

1. Звезды рождаются и в наше время

Раньше классическая концепция утверждала, что все звезды Галактики возникли одновременно.

Новая — с самого начала не приняла это утверждение. И вот по существующим сегодня взглядам звезды продолжают зарождаться и в наше время.

2. Звезды рождаются группами!

Приверженцы новой концепции, выдвинувшие это утверждение, основываются на наблюдениях. Среди молодых звезд, объединенных в ассоциации, много неустойчивых кратных систем. Да и сами ассоциации непрерывно расширяются, являясь весьма непрочными союзами. Это дает основание полагать, что образование звезд происходит группами в единых центрах.

Специалисты, исповедующие классическую концепцию, возражают. Они говорят, что никаких звездных ассоциаций, якобы объединяющих молодые горячие сверхгиганты, не существует. В составе же объединений, приводимых в качестве примеров, наряду с молодыми наблюдается немало и старых холодных звезд. Для рождения и существования ассоциаций молодых звезд накоплено слишком мало данных. Кроме того, если даже согласиться с разбеганием звезд, входящих в такой коллектив, то причиной этого явления вполне мог бы быть, например, взрыв сверхновой. Такой взрыв, выбросив из скопления значительную массу вещества, мог бы перевести всю систему в неустойчивое состояние.

Резюмируя, скажем, что, несмотря на существующие раз-



ногласия, идея группового рождения звезд побеждает. И даже сторонники классического направления в космогонии подчас разрабатывают механизмы образования не звезд-одиночек, а сразу целых коллективов.

3. Что является исходным материалом при образовании звезд?

Согласно классической концепции, звезды образуются за счет гравитационной конденсации диффузной материи. Не исключено, что значительную роль в процессах формирования играют электромагнитные силы.

Излагая новую концепцию, в 1952 году академик Амбарцумян писал: «Каждая тесная группа звезд должна возникать в ассоциации из одного тела дозвездной природы. Эти предполагаемые тела можно назвать протозвездами».

Что такое протозвезды, наука конкретно не знает. Предполагается, что это сверхплотные тела достаточно большой массы, состоящие из материи неизвестной нам формы. Возможно, это ее дозвездная стадия.

4. Если согласиться, что звезды рождаются не поодиночке, то и протозвезды должны обладать массами во много раз большими, чем, например, масса Солнца. Возможно ли это?

Сторонники классической концепции отвечают на этот вопрос уклончиво. Они говорят так: теория пока не дает вывода условий устойчивости для подобных масс. Результаты наблюдений тоже не дают пока возможности сказать, что кто-нибудь видел эти сверхплотные образования. Значит...

А вот что говорят сторонники новой концепции: *«В природе могут существовать сверхплотные статические звездные конфигурации с массами порядка галактической и выше»*. Так писал известный теоретик из Бюраканской обсерватории Саакян. Кроме того, в 1963 году наблюдатели открыли квазары, а сегодня они заняты поисками «черных дыр». Почему бы не предположить, что это и есть сверхплотные образования? Похоже, что по этому вопросу сторонники обеих концепций решительно расходятся.

5. Какому механизму звездообразования отдается предпочтение?

Классический механизм: образование звезд происходит путем гравитационного сжатия крупной туманности. Сначала она сжимается целиком. А затем, когда критерий неустойчивости Джинса начинает выполняться для отдельных ее частей, туманность дробится на отдельные сгустки, дающие начало протозвездам.

Сторонники новой концепции считают, что основным процессом образования звезд на современной стадии развития Галактики является их возникновение в результате взрыва из единого сверхплотного тела.

Взрыв во Вселенной вообще является закономерным скачкообразным переходом накопившихся количественных изменений в новое качественное состояние.

Конечно, все это только принципиальная канва диалога между представителями разных точек зрения. На самом деле в нем и содержания, и убедительности значительно больше. Здесь же он приведен лишь в качестве примера для того, чтобы в заключение сказать, что пока вопрос выбора той или иной концепции является все еще делом вкуса.

Большим достоинством нового подхода к космогоническим явлениям можно считать отведение главной роли нестационарным объектам в развитии Вселенной и взрывным процессам. Новая точка зрения постепенно укрепляется, растет у нее и число сторонников. Это и понятно. *«Спокойная картина медленно меняющегося мира, в котором состояния всех объектов почти стационарны, — писал Амбарцумян, — полностью гармонировала со стройными механическими представлениями о Вселенной, развитыми на основе небесной механики и только что зародившейся астрофизики...»* То было время спокойного XIX века. Но вот на смену ему пришел век XX, а потом XXI — века сокрушительных катаклизмов в обществе, в науке и технике. Покой и устойчивость сменились напряженной нервной жизнью, полной больших и малых потрясений. Они коснулись всех аспектов общественной жизни, не оставили в стороне ни одного человека. Должно было смениться и мировоззрение. Новые гипотезы словно родилась из нового ритма нашей жизни. А вот окажутся ли они более справедливыми, чем существующие классические концепции, этот спор может разрешить только время. Ну что же, звездам торопиться некуда...

Катастрофы среди звезд

Пожалуй, прежде чем перейти к последней главе нашей книги, к космогонии галактик, надо бы покончить со звездами. То есть, оставив их жизненный путь астрономам, перейти к заключительному этапу их существования.

В летописях последнего тысячелетия имеются свидетельства о нескольких вспышках необыкновенно ярких звезд. Первая из них, согласно арабским хроникам, произошла в 1006 году в созвездии Волка. Вторую китайский летописец отметил 4 июля

1054 года в созвездии Тельца. Причем сообщает, что 23 дня красновато-белая «звезда-гостья» была видна днем, как Венера. Затем блеск ее стал ослабевать, и 17 апреля 1056 года она с небосвода исчезла. В 1181 году в созвездии Кассиопеи вдруг также на время появилась еще одна яркая звезда. Датский астроном Тихо Браге в 1572 года заметил и описал вспышку в созвездии Кассиопеи. Еще одну вспышку в 1604 году наблюдал Иоганн Кеплер в Змееносце.

Больше с тех пор в Галактике такие вспышки не наблюдались. Но это не значит, что их не было за последние четыре столетия. Скорее всего их закрывали густые облака пыли. Но что же за события заставляют звезду вспыхнуть, а потом исчезнуть из поля зрения?

Дело в том, что со временем «ядерное горючее» в звезде выгорает и звезда оказывается в конце своего жизненного срока. Внутреннее давление не может поддерживать ее равновесие, и в какой-то момент она начинает катастрофически сжиматься. Внешние слои оболочки падают на ядро звезды. При этом выделяется огромная энергия, которая раскаляет светило, и оно взрывается. Этот протяженный взрыв земные наблюдатели и видят время от времени среди спокойных звездных скоплений. Такие звезды астрономы называют новыми, а при особенно больших взрывах — сверхновыми.

Что же остается в результате случившегося? Есть на небе Земли красивая Крабовидная туманность в созвездии Тельца. И расположена она как раз в том месте, где в 1054 году вспыхнула китайская сверхновая, «звезда-гостья». После многих исследований и споров астрономы всего мира признали Крабовидную туманность за остаток сверхновой. А в 1949 году радиоастрономы объявили, что «Краб» во все стороны посылает мощные потоки радиоизлучений. Полагают, что и потоки жестких космических лучей, в свое время уничтожившие бедняг динозавров на Земле, тоже следствие вспышки сверхновой, которая произошла в нашем меловом периоде не очень далеко от Солнца. (Надо добавить, что Крабовидная туманность находится от нас на расстоянии около пяти с половиной тысяч световых лет. Так что сейчас мы видим на небе то, что произошло столько лет назад.)

Но не вся же звезда рассеивается в туман? Нет, что-то от нее должно оставаться. И это «что-то», возможно, — не менее драматичная «загробная жизнь» вспыхнувшей звезды. Сжимаясь все больше, она переходит в маленькую нейтронную звезду — пульсар. А потом может стать и «черной дырой». Но об этих экзотических небесных телах, я думаю, заинтересовавшийся читатель, сможет прочесть в нашей книге «Занимательно об астрономии».

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

КОСМОГОНИЯ ГАЛАКТИК

Туманности или галактики

Это самый молодой раздел науки о происхождении и развитии небесных тел и их систем. Молодой, потому что только в XX столетии новая мощная астрономическая техника позволила подтвердить предположение о существовании других галактик — огромных звездных систем, вроде нашей Галактики, — насчитывающих в своем составе сотни миллиардов звезд, объединенных, как правило, в различные коллективы.

Еще пару сотен лет назад многие астрономы считали нашу Галактику вообще единственной системой во Вселенной (я бы сказал даже «всей Вселенной вообще»). Дескать, за ее пределами — неизвестность, пустота. Как огромный пчелиный рой висит Галактика среди пустого ньютонова пространства без конца и без края. Рой этот по форме напоминает жернов или чечевицу. Кроме отдельных звезд и звездных скоплений, в состав Галактики входило довольно большое количество «косматых объектов», как называли в XIX столетии маленькие туманные пятна на небе неизвестной природы и непонятного состава. Правда, Гершель сумел разглядеть в некоторых из них звезды, но большинство их оставалось мутными пятнышками, неразличимыми ни в какой инструмент. Их так и называли — «туманности». Интересовали они специалистов не очень сильно. Спорили в основном по частному вопросу, являющемуся следствием космогонических разногласий: является ли хорошо наблюдаемая туманность в созвездии Андромеды газовым зародышем будущей планетной системы в составе Галактики. Так утверждал еще Лаплас. Или это самостоятельная звездная система, удаленная от нас на такое расстояние, что не может быть разложена на звезды ни одним из имевшихся инструментов?

В конце XIX столетия астрономы получили в руки новое мощ-

ное оружие исследования — спектральный метод. Свет звезд, пропущенный через призму спектроскопа, давал практически непрерывный спектр, пересеченный темными линиями поглощения. Нагретый же до свечения газ в тех же условиях имел спектр линейчатый.

Спектр туманности Андромеды, полученный в 1899 году, оказался непрерывным. Вам кажется, что вопрос можно закрыть? Что звездный состав туманности доказан? Ничуть не бывало. Спор только начинал разгораться по-настоящему. Почему бы не предположить, говорили сторонники небулярной природы туманности, что перед нами скопление холодного газа, которое светится не само, а только отражает свет звезд? Потому и спектр его — непрерывный...

Позвольте, сокрушались противники, но где же те звезды, свет которых туманность отражает? Звезд не было.

Лишь в 1917 году астрономы. Кертис и Ричи заметили в туманности Андромеды несколько ярких точек. Словно крохотные искорки вспыхнули они и через несколько дней исчезли. Наблюдатели решили, что это могли быть новые звезды, заметные в моменты наибольшего блеска. По величине зафиксированного блеска они нашли и расстояние до них. Оно показалось чудовищно большим — раз в пятнадцать больше диаметра всей Галактики. Это был важный результат, ибо говорил он о том, что туманное пятнышко спиральной структуры, расположенное в созвездии Андромеды и имеющее каталожный шифр NGC-224 — внегалактический объект!

Возник «великий спор» — являются ли все туманности внегалактическими объектами или часть из них может принадлежать к населению нашей Галактики? Эти разногласия уже захватывали столь принципиальные вопросы строения мира, что не могли оставить равнодушным никого из астрономов.

В 1920 году в Вашингтоне была даже организована дискуссия между двумя представителями разных точек зрения на этот счет — Шепли и Кертисом. Но разрешить противоречия могли только дальнейшие исследования.

И вот в 1923 году молодой астроном Хаббл, получив возможность работать на самом большом в те времена телескопе на обсерватории Маунт-Вилсон, навел его 2,5-метровое зеркало на туманность Андромеды. Наконец-то!.. На фотопластинке по краям туманности отчетливо виднелись звезды. К концу того же года Хаббл отыскал там и переменную звезду, похожую по своим свойствам на цефеиду. А цефеиды как раз служили земным наблюдателям для определения расстояний до звезд, и «Великий спор» был закончен. Туманность Андромеды

находилась за пределами нашей Галактики и имела явно звездный состав.

Вы спросите: а как же остальные туманности? В остальных в те годы пока звезд не обнаружили. Можно было бы, конечно, считать, что все однотипные объекты, скажем, спиральной структуры имеют одинаковый состав, например, являются звездными системами. Но существовали туманности и других видов... В общем, тут надо было еще поработать.

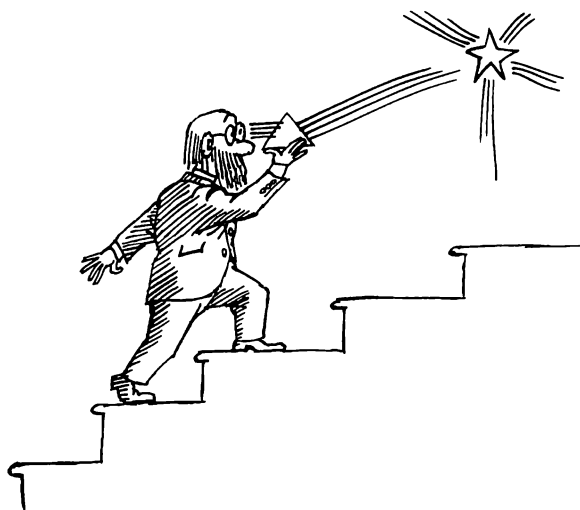
Помните, в главе, посвященной планетной космогонии, мы довольно много внимания уделили работам великолепного английского астронома Джинса? Тогда разговор шел о происхождении солнечной системы. На самом же деле труды этого астронома охватывали и звезды, и туманности. Его исследования относились к 1916—1919 годам, когда звездный состав NGC-224 еще не был доказан и все туманности полагали состоящими из газа.

Вначале, по мнению Джинса, существовало пространство, занятое равномерно распределенным разреженным газом; неким первичным хаосом весьма небольшой плотности. Кстати, если читателю удалось бы представить себе столь жидкий туман, можно позавидовать его воображению.

По каким причинам в этом «всемирном киселе» начали возникать первичные сгущения и неравномерности, обсуждать смысла нет. Причин могло быть много, ими занимается раздел физики под названием «газовая динамика». Исследуя теорию гравитационного сжатия и вращения таких первичных облаков газа, Джинс пришел к выводу, что на ранней стадии образуются туманности правильной сферической формы. Затем, продолжая сжиматься, а следовательно, и ускоряя свое вращение, такая туманность сплющивается. Постепенно с краев эллиптического диска начинается истечение вещества, которое образует спиральные витки. Причину образования спиральных рукавов Джинс видел в приливах, которые вызывались гравитационными полями соседних туманностей. А уж повышенная плотность вещества в спиральных ветвях служила для образования в них звезд.

В 1925 году, когда Джинс впервые изложил свою теорию образования спиральной структуры туманностей, американский астроном Хаббл составил первую классификацию туманностей. Прежде всего он разделил их на три большие группы: неправильные, эллиптические и спиральные.

Оставив в стороне первый тип туманностей, он выстроил все остальные в некоторую последовательность форм. Причем началом последовательности явились как раз сферические туманности. Хаббл присвоил им индекс ЕО, что означает «эллиптические — нулевого сжатия». Дальше, в соответствии с соотношением большой и малой полуосей эллипсоидов, шли классы Е1, Е2, ...Е7. Еще более сплюснутых туманностей Хаббл не нашел. Затем шли



две ветви туманностей спиральных. Одна объединяла нормальные спирали, другая — спирали пересеченные.

Джинс был очень доволен хаббловской классификацией. Она лила воду на его мельницу, полностью соответствуя нарисованной им последовательности эволюции туманностей. Да и Хаббл, несмотря на то что старался не связывать классификацию с эволюцией, в глубине души был уверен в том, что Джинс прав. В общем, все было очень хорошо. Классификация Хаббла и гипотеза Джинса стали классическими и вошли во все учебники. Правда, с формированием спиральных структур галактик гипотеза Джинса справлялась не так успешно. Но первая половина гипотезы — превращение шаровых скоплений газа в эллиптические — сомнений почти не вызывала. И вдруг...

Это «вдруг» относится ко времени, когда Вторая мировая война шла к своему концу: 1944 год! Еще в начале 1930-х годов в Соединенные Штаты из Германии с Гамбургской обсерватории приехал упоминавшийся уже нами астроном Бааде. Насовсем ли он приехал или временно, сейчас за давностью времени сказать трудно. Известно лишь одно — с 1931 года он — прилежный сотрудник обсерватории Маунт-Вилсон, и это вполне разумно, поскольку «любезному фатерланду» было в ту пору не до звезд. Американцы же (несмотря на то что подданство Бааде сохранял германское) предоставили талантливому немцу возможность пользоваться 2,5-метровым рефлектором. Возможно, стань он к 1941 году американским гражданином, не случилось бы и того «вдруг», ради которого мы заинтересовались далеко не астрономическими подробностями жизни этого специалиста высокого класса.

24 июня 1941 года президент США Рузвельт сделал заявление о

поддержке Советского Союза в войне с фашистской Германией. Подданный «тысячелетнего рейха» Бааде был объявлен местными властями «союзником врага», и ему было запрещено покидать пределы обсерватории.

Потом был Перл-Харбор и введение обязательного затемнения в Лос-Анджелесе и прилегающих к нему городах. Астроном Бааде, пользуясь наступившей темнотой, фотографировал избранные небесные объекты. И вот наступил день, когда, просматривая пластинки, на которых имелись изображения эллиптических туманностей, Бааде обнаружил, что они тоже состоят из звезд. Сомнений не было. Он даже растерялся, прежде чем почувствовал радость по поводу открытия. Ведь результат его наблюдений означал, что теорию Джинса следовало отправить в архив.

Вы, может быть, помните что все рассуждения английского астронома были основаны на том, что уж эллиптические туманности — это точно газовые образования, которым еще предстоит долгий путь эволюции, прежде чем в них появятся первые звезды? Теперь же фундамент под всем зданием стройной и красивой теории Джинса рассыпался. Для создания космогонии галактик все придется начинать сначала.

Как должны бы рождаться нормальные галактики?

40-е годы XX столетия ознаменовались многими любопытными открытиями в области звездной астрономии, открытиями, которые сыграли решающую роль в космогонии галактик. Несмотря на гибель теории, трещины в фундаменте космогонических воззрений Джинса — Хаббла, основная идея происхождения галактик путем конденсации газового вещества держалась непоколебимо и сомнений не допускала. Споры велись по вопросам частного порядка. И прежде всего о направлении эволюции.

Исследуя звездный состав галактики Андромеды, Бааде обнаружил, что светила, свободно располагающиеся в ее спиральных ветвях, существенно отличаются от тесно скученных звезд ядра. Примерно такая же картина наблюдалась и в других звездных системах, включая и нашу собственную. Это позволило Бааде разделить звездное «население» нашей Галактики на два типа. К первому типу он отнес звезды из спиральных рукавов. Туда же вошли члены рассеянных скоплений и вообще звезды, тяготеющие к экваториальной плоскости нашей системы. Они получили название звезд плоской составляющей. Ко второму типу отошли звезды ядра, тесных шаровых скоплений, а также некоторые типы звезд, окружающих центр Галактики наподобие ореола. Их называли звездами сферической составляющей. Ко второму типу населения отнеслись и звезды эллиптических галактик.

Позже работы других специалистов усложнили эту классификацию, разбив население обоих классов еще на подклассы. Но принцип, предложенный Бааде, сохранился.

Тремя годами позже описанных исследований советские астрономы Кукаркин и Паренаго доказали, что звезды сферической составляющей старше звезд плоской составляющей. Теперь, научившись различать звезды по возрасту, можно было попробовать разделить и галактики на молодые и старые. Тут-то и начались неожиданности. Получалось, что спиральные галактики населены более молодыми звездами, чем эллиптические. Значит, и сами они должны были быть более юными. А классическое хаббловское направление эволюции утверждало обратное. Короче говоря, новые открытия требовали снова пересмотра старых правил.

Положение усугубилось после выступления известного американского астронома Шепли. По его данным, наибольшее количество молодых ярких сверхгигантов обнаруживается вообще в галактиках неправильной формы; в тех самых, которые даже не вошли в классификацию Хаббла. А тут еще подоспела новая работа Кукаркина, обращавшая внимание ученых на скопления галактик, в которые входили звездные системы самых различных форм.

Из всего этого напрашивались новые выводы. Во-первых, что никакого перехода от одного вида галактик к другому не существует и что звездные системы образовались такими, какими мы их видим. А во-вторых, может быть, и среди галактик уместно предположить механизм коллективного рождения, как это имело место в космогонии звезд.

Новые результаты наблюдений, как полагается, вызвали и новую вспышку интереса у теоретиков. В главе о планетной космогонии мы уже познакомились с гипотезой Вейцзеккера о турбулентном механизме образования солнечной системы. Но гипотеза немецкого специалиста охватывала все разделы космогонии, включая и происхождение галактик. По его мнению, в период, предшествовавший возникновению звезд, мир представлял собой хаос из «диффузной газовой материи, находящейся в сильной турбулентности». Это означало, что повсюду в первозданном тумане бушуют гигантские вихри. Ну как тут не согласиться с утверждением, что всякое новое — это хорошо забытое старое! Вспомните Декарта. В гипотезе французского философа Вселенная тоже была сначала наполнена вихрями. Правда, они не назывались красивым словом «турбулентция», не было и столь убедительной математики. Декарт не знал подробностей описания последующих стадий развития, но идея... Согласитесь — идея была «один к одному»?

Так же как некогда у Декарта, во Вселенной Вейцзеккера под воздействием завихрений появились первые сгущения, первые



облака пыли и газа неправильной формы. Облака вращались вокруг своей оси, сплющивались по ходу вращения и превращались в спиральные галактики. Обратите внимание — в спиральные, а не в эллиптические, как полагалось по канонам Джинса — Хаббла. Из центра диффузная материя под действием центробежных сил перемещалась к краям, уплотнялась. В спиральных рукавах возникали неоднородности. Так продолжалось до тех пор, пока в недрах этих неоднородностей не вспыхивали первые звезды. Они нагревали своими лучами окружающий газ, и процесс звездообразования сначала тормозился, а затем прекращался и вовсе. Спиральные галактики начинали постепенно терять свои рукава, превращаясь в устойчивые эллиптические системы.

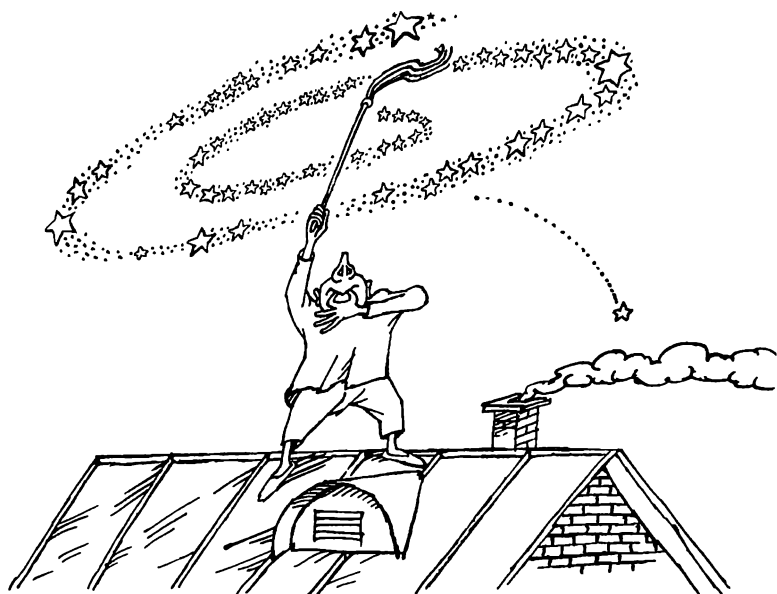
Интересно, что скорость такой эволюции, по мнению Вейцеккера, соответствовала размерам галактик: маленькие проходили свой путь быстрее, большие — медленнее. Этого требовал турбулентный характер развития газовых масс, и с этого-то начинались все несоответствия и противоречия в его гипотезе.

В намеченную схему не укладывались скопления галактик, состоящие из разных по форме и по величине систем. Кроме того, по гипотезе Вейцеккера все звезды в каждой галактике должны были образовываться примерно в одно время. Но тогда было непонятно, почему так много молодых и горячих звезд видят наблюдатели в «старых спиральных галактиках»? Нет, так просто поставить с ног на голову устойчивую схему эволюции Джинса — Хаббла космогонисты позволить не могли...

Теория Линдблада

Следующим важным теоретическим шагом явилась теория, разработанная шведским астрономом Линдбладом — председателем Международного астрономического союза 1948—1952 годов. Исследуя звездные системы, имеющие форму эллипсоида вращения, он вывел строгие математические условия, при которых в экваториальных областях эллипсоидов образуются зоны недостаточной механической устойчивости. Звезды, находящиеся в этой зоне, могут срываться со своих круговых орбит и разлетаться, образуя спиральные ветви. При этом неустойчивость только усугубляется. И со временем большая часть уже не только звезд, но и газовой материи эллипсоида (или, можно считать, ядра галактики) переходит в спиральные рукава. Прекрасная математическая теория Линдблада во многом обогатила науку. Методы, разработанные шведским астрономом, применяются в динамике звездных систем по сей день. Но согласиться с его эволюцией галактик специалисты тоже не могли.

Прежде всего, если звезды переходят в спиральные рукава из ядра, то, очевидно, они должны быть в спиральных либо такими же по возрасту, как и оставшиеся в ядре, либо старше. Однако все наблюдатели в один голос заявляли, что спиральные рукава населены молодыми и горячими сверхгигантами и гигантами, тогда как в ядре преобладают старые звезды второго типа населения, то есть субкарлики, и старые светила, объединенные в шаровые



скопления. Затем, по теории Линдблада, спиральные галактики должны вращаться спиралями вперед, то есть раскручиваясь. Однако наблюдения и здесь говорили об обратном. Вообще, его выводы, оторванные от практики наблюдений, носили слишком абстрактный характер. Увлечение математической стороной вопроса в ущерб наблюдательным данным — недостаток не одного Линдблада. Словно в противовес словам Бэкона, глава Кембриджской школы космогонистов Хойл заявил: «Трудность состоит не в том, чтобы выдумать схему процесса, а в том, чтобы выбирать между различными представляющимися возможностями».

Гипотеза Лебединского и Гуревича

Интересной была гипотеза, разработанная в начале 1950-х годов двумя ленинградскими учеными, Лебединским и Гуревичем. Они считали, что образование галактик из разреженного диффузного вещества происходит не одновременно. Некоторые из них еще только начинали образовываться, когда другие уже существовали. Причем процесс образования был таким: сначала возникало гигантское сгущение разреженного вещества — протогалактика. Затем она начинала сжиматься примерно так, как описал этот процесс еще Джинс. Гигантское вращающееся облако сплющивалось, приобретало энергетически выгодную спиральную структуру. В ее ветвях образовывались звезды, после чего галактика снова разбухала в толщину, превращаясь в эллиптическую.

Недостатком приведенной теории являлось прежде всего то, что протогалактик никто не видел. Кроме того, оба автора так и не объяснили процесса возникновения спиральной структуры сжимающегося облака. А это была едва ли не одна из важнейших задач космогонии тех лет.

Предложения Агеяна и Цвикки

В 1958 году за решение этой проблемы принялся тоже ленинградец — астроном Агеян. По его данным получалось, что эллиптические галактики могут развиваться от более плоских форм к шарообразным. Опять противоречие Джинсу — Хабблу. При этом эллиптические образования ни в коем случае не переходят в спиральные. Спиральные же галактики со временем сплющиваются, но и они не имеют права превращаться в эллиптические.

Подтверждался вывод, что классы галактик зависят не от стадии эволюции, на которой находятся, а от тех условий, в которых начиналось их образование.

Механизм, предложенный Агекином, нашел широкое применение для изучения эволюции ядер галактик, а также звездных систем меньшего масштаба.

Американский исследователь Цвикки предположил, что спиральные галактики все-таки образуются из сгущений других видов. Представим себе, говорил он, сближение двух или нескольких туманностей. Ясно, что в результате гравитационного, а может быть, и какого-то иного взаимодействия у облаков появятся выступы, которые потянутся как в сторону встретившегося соратника, так, соответственно, и в противоположную. Но встретившиеся туманности скоро разойдутся. А длинные рукава, отставая в своем вращении от ядер, закрутятся в спирали.

Что же, предложенный механизм правдоподобен. Но вряд ли он выдержит испытание на вероятность. Слишком редкими могут быть встречи в межзвездном пространстве и слишком многочисленны спиральные галактики.

Все перечисленные выше гипотезы, в которых главную роль играют гравитационные силы, создавались и жили в основном до начала 1960-х годов. Но постепенно все большее внимание астрофизики уделяли магнитным полям. И в классическом направлении космогонии галактик начинали звучать новые мотивы.

Магнитные колыбели нормальных галактик

В 1945 году известный уже нам английский астроном Хойл опубликовал свою гипотезу, согласно которой диффузная первоматерия Галактики сконцентрировалась и под воздействием магнитного поля расположилась в два рукава, вдоль магнитных силовых линий. Вращение закрутило рукава в спираль, и с тех пор магнитное поле Галактики удерживает разреженное газообразное вещество в спиральных рукавах. Но на звезды сил его не хватает. И потому звезды все время выходят из рукавов, заполняя пространство между ними.

Если принять гипотезу Хойла, то в рукавах спирали должны находиться молодые звезды, а в промежутках между ними — старые. Интересно отметить, что наблюдения полностью подтвердили этот вывод. Правда, тут довольно трудно точно определить первородство: что было раньше — теория, которую подтвердили наблюдения, или результаты наблюдений, под которые подвели теорию.

Коллеги Хойла астрономы Бонди и Голд предложили свою версию образования спиральных рукавов из межзвездного газа, захваченного Галактикой в ее странствиях по межгалактическим просторам. Но это все частности. А главное, надо было сначала доказать, что в Галактике вообще существует магнитное поле. Ведь ни наблюдать, ни тем более измерить его пока никому не удавалось. А вдруг его вообще не существует? Впрочем, кто ищет, тот всегда что-нибудь да находит.

Два астронома: один в Советском Союзе — Домбровский, а другой в Соединенных Штатах — Хильтнер обнаружили любопытное явление: свет от звезд, проходя по лучу зрения, то есть по линии звезда — глаз наблюдателя, оказывается поляризованным. И чем больше на пути луча света темной материи, тем выше степень его поляризации. «Почему бы это? — рассуждали астрофизики. — Что из того, что темная материя задерживает лучи? Она должна просто ослаблять их, а не поляризовать!..»

Единственное объяснение, до которого они додумались, заключалось в предположении, что темная материя состоит из скопления длинненьких острых, как иголки, пылинок. Под действием магнитного поля пылинки одинаково ориентируются в пространстве и... поляризуют свет.

М-да, объяснение, скажем прямо, так себе. Не больно-то убедительное, но попробуйте подыскать лучше. Во всяком случае, косвенное подтверждение существования магнитных полей в Галактике появилось!

Позже обнаружили мощные взрывы в ядрах галактик, а в нашей собственной нашли источники радиоизлучения и поток тяжелых элементарных частиц. Тогда стало возможным считать, что существование магнитного поля в Галактике и галактиках доказано окончательно. Не будь его сдерживающих сил, все частицы давным-давно разлетелись бы в межгалактическом пространстве.

В 1964 году на XII съезде Международного астрономического союза профессор Оорт (Голландия) прочел весьма любопытный доклад «Строение и эволюция галактической системы». Касаясь поведения заряженных частиц, докладчик сказал: *«Их скорость (имеются в виду космические лучи. — А. Т.) так велика, что если бы они не удерживались магнитными полями, то покинули бы систему за время порядка 100 тысяч лет»*. Оорт говорил о значении магнитных полей в «жизни» звездной системы уже как о само собой разумеющемся факте.

Правда, он тут же сокрушался, что пока роль, которую играют эти поля в динамике межзвездного газа, совершенно неясна. Голландский профессор вообще считал, что *«в данный момент мы, как кажется, знаем больше о том, чего нельзя объяснить»*,

чем о том, что положительного, они (магнитные поля — А. Т.) дают для понимания сложных явлений, наблюдаемых в этом газе».

Опираясь на неоднородность наблюдаемого распределения плотности вещества в обозримом пространстве, Оорт считал, что галактики *«образовались из неоднородностей в расширяющейся Вселенной»*. Эти неоднородности могли расширяться только до определенной стадии, пока не набрали необходимой массы и не стали под действием собственной гравитации сжиматься. Дальше тип образующейся галактики зависел уже от величины углового момента протогалактики.

При быстром вращении центробежные силы не позволяли диффузному веществу сгуститься плотно. Его оставалось довольно много во внешних областях, и галактика получалась спиральной. При медленном вращении первоначальной неоднородности галактика получалась эллиптической. Именно в последнем типе галактик имелись возможности для перехода всего вещества в звезды.

Это был важный вывод, потому что, как обнаружил Кукаркин, только спиральные галактики богаты диффузным веществом; в эллиптических его не наблюдается совсем. Эллиптические галактики состоят из одних звезд. Оорт считал, что первичные звезды образовывались в галактике сначала совершенно хаотично. Под действием начальных неоднородностей гравитационного поля они многократно перемешивались и лишь постепенно, под действием сил взаимного притяжения, собирались к центру.

Это предположение хорошо согласовывалось с наблюдениями. Действительно, ведь сферической составляющей звездного населения являются старые звезды. Часть оставшегося газа, не сконцентрировавшегося в звезды на раннем этапе, образовала, скорее всего, в плоскости Галактики тонкий диск с более плотной концентрацией к центру. Здесь тоже стали образовываться звезды. Сначала в ядре, где газ был плотнее, а потом и на периферии.

Постепенно процесс звездообразования замедлялся. Конечно, не исключено, что он, может быть, продолжается и сейчас. Но скорость его должна быть чрезвычайно малой.

И этот предполагаемый механизм подтверждался результатами наблюдений. В ядре Галактики сидят звезды постарше, а совсем молодые, образовавшиеся во второй период эволюции, распределены в спиральных рукавах.

Теперь становилось понятным, почему все звезды, родившиеся из газа, который собрался в плоский диск, соответствуют наблюдаемому в Галактике населению одного только первого типа.

Больше сомнений в том, что магнитные поля у галактик есть, ни у кого не возникало. Прониклись космогонисты уважением и

к роли магнитных сил в процессах эволюции. Вот если бы еще понять, откуда их магнитные поля взялись...

Тут придется нам еще раз вернуться к гипотезе Хойла. Некогда он высказался в общем виде о том, что, дескать, магнитное поле галактики — это общее межгалактическое магнитное поле, усиленное сжатием диффузного вещества при его конденсации, а затем закрученное вращением образовавшихся галактик. Эту идею подхватили и разработали московский астрофизик Кардашев и английский радиоастроном Пиддингтон. У них получалось, что звездные системы уже рождаются с готовым магнитным полем.

Затем советский физик Пикельнер, используя теоретический аппарат космической электродинамики, попытался нарисовать картину образования спиральных рукавов. Получилось неплохо. Более того, сквозь контуры предварительного чертежа стала проглядывать новая магнитно-гравитационная гипотеза. Она содержала смелые решения, много интересных выводов, но и только. Количественно концы с концами не сходились. Для поддержания спиральных рукавов магнитные поля должны были быть гораздо более сильными, чем те, которые существуют в галактиках.

С некоторой печалью профессор Оорт констатировал: «Мы, кажется, начинаем понимать кое-что в основных чертах распределения и движения звезд и даже чувствуем, что имеем некоторый набросок картины того, как могла возникнуть и эволюционировать наша звездная система. Кроме того, мы можем понять, почему межзвездный газ концентрируется в тонкий слой и почему этот слой вращается. Но на этом кончается наше понимание поведения газовой составляющей Галактики.

Мы не понимаем ни происхождения ее спиральной структуры, ни даже того, каким образом эта структура может сохраняться.

Мы не знаем причин движения газа прочь от ядра в центральных областях и не знаем, почему плотность газа так низка вблизи четырех килопарсек от центра.

Мы не знаем, почему в быстро вращающемся диске ядра вещество, по-видимому, находится в состоянии, отличающемся от того, каковое мы встречаем в других местах.

Мы не знаем также, почему этот диск имеет резкую внешнюю границу.

Мы не знаем, ни из чего состоит галактическая корона, ни того, как надо интерпретировать удивительные систематические движения газа вне галактической плоскости...

Мы как будто еще стоим на пороге мира, в котором видим чудесные явления, но не можем их понять».

Этим же словами профессор Оорт заключил не только свой доклад, но и представления науки 1960-х годов о роли магнитных по-

лей в деле эволюции нашей Галактики, а значит, и других звездных архипелагов. Действительно, стоило взглянуть на фотографию какой-нибудь галактики, как сразу видно, что спиральные рукава охватывают ядро не более чем на полтора оборота. А почему не больше? По расчетам, они должны бы закручиваться куда сильнее. Более того, в гамма-галактиках, по Воронцову-Вельяминову, имеются и закручивающиеся и раскручивающиеся ветви.

Да и направления магнитных силовых линий по наблюдениям разных астрономов пока не совпадают. Одни показывают их в одну сторону, другие — в другую. И каждый, естественно, считает себя правым. Однако сказать сегодня определенно, что спиральные ветви действительно располагаются только вдоль силовых линий магнитного поля Галактики, пока нельзя.

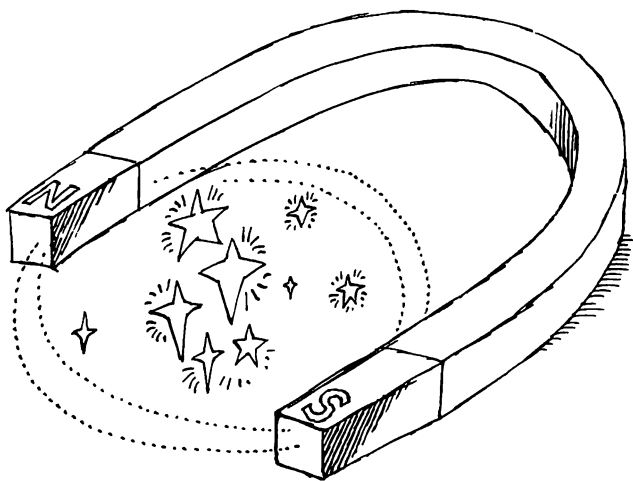
Строго говоря, магнитное поле в туманности должно бы, по идее, препятствовать ее конденсации, а следовательно, и звезды не должны бы в ней образовываться...

Автор понимает, что такое заключение похоже на старый анекдот. Когда к послу одной из могучих держав пришли посетители, а навстречу им вышел секретарь посольства и перечислил 63 причины из 64-х, по которым посол не может сегодня их принять. Дойдя до предпоследней причины секретарь, вздохнул и добавил:

— Кроме того, господин посол не может вас принять сегодня потому, что он вчера умер...

Умерла ли, в конце концов, магнитная гипотеза? Может быть, и нет, но претендовать на роль «единственно правильной» она уже не может.

Ряд ученых активно разрабатывают новую волновую гипотезу. Читатель наверняка замечал, как при волнении на море,



всякий плавающий мусор прибивается к берегу. В то же время сама-то вода остается на месте. Так же, возможно, и в Галактике некие гравитационные волны захватывают медленные звезды, относящиеся к первому типу звездного населения, и уплотняют их, вытесняют из центра на периферию.

Во всяком случае, первые теоретические решения, в которых увязывались плотность вещества в Галактике, гравитационный потенциал и скорости звезд в соответствии с расстоянием от центра, дали ученым уравнение спирали. Не значит ли это, что волновое возмущение плотности в виде спирали — образование устойчивое и может сохраниться при вращении Галактики? Тогда, может быть, хоть волновая гипотеза поможет решить «проклятый вопрос» о спиральных рукавах?

Впрочем, еще только набирает темпы. Сегодня рано говорить о ее результатах. Но уже тот факт, что волновая гипотеза привлекла внимание самых разных специалистов, говорит о возможной ее плодотворности.

А как рождаются галактики «ненормальные»?

Все-таки, пока споры шли вокруг старой хаббловской классификации о рождении и эволюции нормальных галактик, обстановка была более или менее мирной. Но в послевоенные годы одну позицию за другой в древней науке начали захватывать радиоастрономы. Внедрение новых методов наблюдений и новой техники привело буквально к лавине открытий. По существующим оценкам, применение радиотелескопов создало в астрономии не менее качественный скачок, чем это было в 1609 году, когда Галилей впервые направил на небо зрительную трубу.

50-е годы XX столетия ознаменовались началом второй революции в астрономии. Именно в этот период радиоастрономы обнаружили на небе участки, с которых на землю лились буквально водопады электромагнитной энергии. Постепенно радиоисточники отождествлялись с оптическими объектами. Часть из них оказалась остатками некогда вспыхнувших в нашей Галактике «сверхновых» звезд. Сегодня они представляли собой клочья газовых облаков, в которых с субсветовыми скоростями металась и тормозилась в путях магнитных полей потоки заряженных частиц. Их «радиовопли» и составляли значительную долю галактического радиоизлучения.

Другая группа радиоисточников лежала явно за пределами Галактики и отождествлялась со странными объектами, получившими название «пекулярных», то есть аномальных, галактик.

Мощность радиоизлучения их была больше мощности излучения в оптическом диапазоне и значительно превышала радиоизлучение нормальных галактик.

В общем, открыты были явно «ненормальные» галактики, которые скоро настоятельно потребовали своего места в общей схеме космогонической эволюции.

Мексиканский астроном Аро открыл класс «голубых галактик» с усиленной ультрафиолетовой частью спектра. Новые объекты оказались густо населенными молодыми горячими звездами-гигантами. Затем в Москве на VI Совещании по вопросам космогонии Воронцов-Вельяминов рассказал о «взаимодействующих галактиках». Это были в основном кратные системы, соединенные перемычками, снабженные хвостами или погруженные в облака светящегося «тумана».

Американцы Линдс и Сэндидж опубликовали класс «взрывающихся галактик». И наступило время квазаров — самой большой астрономической загадки тех лет. Поток открытий все нарастал.

Астроном Цвикки обнаружил «компактные галактики», отмеченные многими специалистами к весьма молодым образованиям материи во Вселенной.

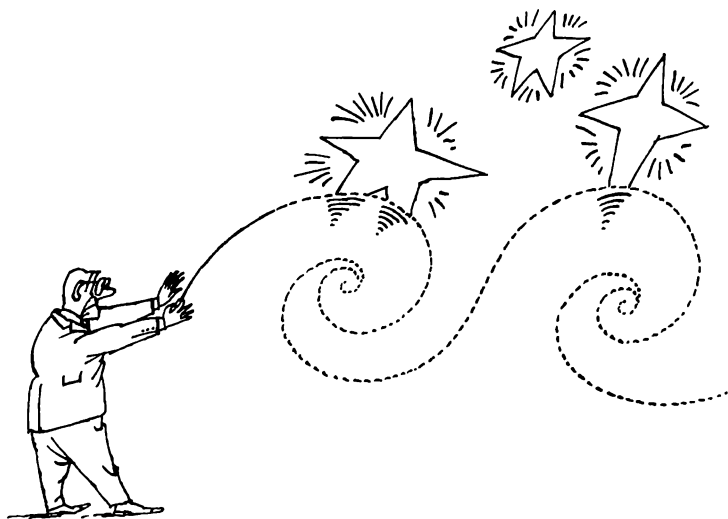
Метьюз, Морган и М. Шмидт выступили с классом «N-галактик», которые они называли так из-за яркого маленького ядра nucleus, хорошо заметного в красноватом облаке оболочки.

Почти одновременно с ними Сэндидж опубликовал сообщение об открытии им квазаров — плотных внегалактических образований, названных так путем сокращения длинного наименования «квазизвездные галактики».

В 1967 году бюраканский астроном Маркарян опубликовал список небесных объектов, получивших в дальнейшем название «галактик Маркаряна».

Между тем на помощь радиотелескопам пришли ракеты, искусственные спутники Земли и автоматические межпланетные станции. А потом уж и орбитальные космические лаборатории с экипажами. Они дали возможность использовать такие дополнительные виды информации, как рентгеновское и гамма-излучение, а также ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, задерживаемые в большинстве своем атмосферой Земли. Ныне все еще на очереди стоят «нейтринная астрономия» и прием гравитационных волн — новый вид информации, от которого специалисты ждут сенсационных известий.

Все перечисленные выше внегалактические объекты требовали своего включения в общую схему новой космогонии, которая не имела права оставаться прежней, ибо не могла под лавиной открытий удержаться на существующих гипотезах. Но сначала



следовало разобраться в причинах, по которым «ненормальные» небесные объекты так отличаются от уже известных — нормальных, а затем можно было попробовать перейти к обобщению.

И в первую очередь предстояло решить вопрос с радиогалактиками: что они собой представляют и что в них происходит?

В 1951 году Бааде получил первый снимок радиогалактики Лебедь-А, объект оказался двойным, да еще с двумя радиоспутниками по бокам. Любопытная конструкция, правда? Что же там могло происходить?

К сожалению, картины могучих взрывов в галактиках, даже если вещество разлетается со скоростью тысяч километров в секунду, земным наблюдателям кажутся абсолютно неподвижными. Жизни человеческой не хватит на то, чтобы заметить там хоть какое-то изменение. Это и понятно. Вспомните, как быстро пролетает над головой реактивный самолет. Буквально мелькнет, не успеешь повернуть голову. А теперь вспомните, как тот же летательный аппарат медленно ползет по далекому горизонту, оставляя за собой длинный инверсионный след. А ведь скорость его относительно земли не изменилась.

Для радиогалактик, удаленных от нас на десятки и сотни миллионов световых лет, жизнь целых поколений людей — миг. Время — самое относительное понятие из всех фундаментальных основ, введенных человеком в обиход. Каждое наблюдение подобно моментальной съемке. Оно выхватывает одно какое-то

мгновенное значение из «жизни» небесного объекта. И по этому моментальному снимку мы хотим восстановить весь характер изменений. Такая задача подчас может показаться «сумасшедшим детективом», в котором на основании единственной улики восстанавливается не только само преступление, но его мотивы, история жизни преступника и даже диалог его с жертвой или сообщником. Все это очень похоже на работу специалиста по космогонии. Небольшая разница заключается в том, что у последнего нет и не может быть надежды на то, что в конечном итоге объект следствия сядет за стол и, «расколовшись», покается и поведаст истину.

Теоретические споры и... бутылка виски

Трудно сказать, приходили ли подобные мысли в голову астроному Бааде, впервые узревшему следы радиогалактики Лебедь-А на фотопластинке. Автор склонен считать, что скорее не приходили. Но и надежд особых на дополнительные сведения у него, по-видимому, тоже не было. И по зрелом размышлении над полученным изображением Бааде предположил, что перед ним результат столкновения! Две звездные системы — примерно по 100 миллиардов звезд в каждой, — летящие навстречу друг другу со скоростями около 3 тысяч километров в секунду, врезаются «в лоб»!!!

Кошмарный случай, достойный пера фантаста. Однако с позиций научной объективности событие должно выглядеть не так страшно. Скорее всего, звезды столкнувшихся галактик, подобно комариному рою, спокойно пролетят друг сквозь друга, разве что несколько нарушив собственные движения отдельных светил. Слишком велики расстояния между небесными телами в таких системах, как галактики, чтобы в результате столкновения «со звезд посыпались бы осколки».

Бааде представлял себе это лучше, чем кто-либо другой. Но он знал и то, что галактики окружены протяженными коронами межзвездного газа. А встреча газовых облаков должна происходить совершенно в ином ключе. Прежде всего столкновение газовых облаков будет частично упругим. То есть облака при встрече должны затормозиться, испытать сжатие, затем упруго оттолкнуться друг от друга и разойтись в стороны. Вот тут-то и мог крыться источник энергии радиоизлучения.

Читателю наверняка известно из курса школьной физики, что, пока заряженные частицы равномерно движутся в свободном пространстве, присутствия своего они не обнаруживают. Но стоит

им попасть в магнитное поле, как траектории их движения начинают закручиваться, прямолинейное движение сменяется криволинейным, а равномерное — ускоренным (или замедленным). При любом же ускорении заряд излучает электромагнитные волны.

В коронах межзвездного газа, заряженных частиц, как говорится, «навалом». Среди них — множество так называемых релятивистских частиц, то есть тех, что мчатся со скоростью, сравнимой со скоростью света. И торможение их в магнитных полях должно порождать то самое радиоизлучение в диапазоне метровых волн, которые мы так здорово научились принимать с помощью радиотелескопов.

Прекрасно, просто прекрасно складывалась гипотеза столкновения. Бааде потирал руки от удовольствия, рассказывая о ней Минковскому. Он не смог скрыть досады, когда строптивый помощник усомнился в истинности гипотезы. Неизвестно, сколько длился их спор, зато известно, чем он закончился — пари на бутылку виски.

— Проверим вместе? — предложил Бааде.

— Проверим, — согласился Минковский.

С помощью спектрографа, установленного на пятиметровом телескопе, они получили несколько спектров свечения газа спорной галактики. Если там и вправду действовал механизм столкновения и газовые облака тормозились, атомы газа должны были находиться в возбужденном состоянии. А это могли показать спектры.

Астрономы проявили пластинки, расшифровали полученные изображения — и... Минковскому пришлось «сбежать в магазин». Пари выиграл Бааде. Год спустя, на VIII Международном астрономическом съезде, он доложил свою гипотезу уже от имени обоих. Сообщение было весьма неожиданным и необычным. Однако, несмотря на целый ряд сомнений, сразу возражений не последовало. Оно и понятно: уж если такие специалисты отваживаются на выдвижение гипотезы публично, значит, она подкреплена аргументами, против которых с голыми руками выходить не стоит. Но постепенно, как и полагается, плоды первоначальных сомнений созревали. Правда, авторитет Бааде был настолько велик, что после его выступления на съезде сразу же появилось немало сторонников гипотезы столкновения. Сторонники разрабатывали свои теории и приводили убедительные расчеты «за». Но многих смущала малая вероятность лобового столкновения галактик. Даже если выбрать самое густое скопление, а к тому времени радиоисточников на небе было обнаружено уже порядочно, то расстояния между соседями и тогда слишком велики, чтобы подобные столкновения происходили хотя бы сравнительно часто.

Бааде такое возражение предвидел и потому поторопился сам подсчитать вероятность столкновения для скопления галактик, в которое входила Лебедь-А. Полученные результаты оказались малодостоверными.

Интересное возражение привел Амбарцумян. Он сказал, что если авторы гипотезы настаивают на том, что по крайней мере хотя бы три двойные галактики излучают радиоволны в результате столкновений в лоб, то они, наверное, согласятся, что косых столкновений при этом должно быть хотя бы раз в сто больше... Но где на небе триста пар галактик, сталкивающихся друг с другом вкось?..

Подспели и другие возражения. Подсчитав количество энергии, излучаемое Лебедем-А, и время, прошедшее с начала «столкновения», астрономы пришли к выводу, что для обеспечения наблюдаемого потока излучения слишком большая часть энергии торможения должна быть передана заряженным частицам. КПД, по расчетам Бербиджа, приближался к ста процентам. Дебет явно не сходиллся с кредитом. А это верный признак надвигающегося банкротства.

В общем, спор о природе радиогалактик и о механизме их излучения разгорелся во всем мире. Но никакая дискуссия не может считаться плодотворной, если она состоит из одних лишь негативных замечаний. Такой спор ведет в тупик. Сторонники точки зрения Бааде и Минковского справедливо спрашивали: хорошо, пусть не столкновение, но что тогда?.. Нужна была по-



зитивная гипотеза, которая обеспечила бы дальнейший прогресс в изучении вопроса.

И в 1956 году на совещании по вопросам космогонии, которое состоялось в Москве, Амбарцумян «взорвал свою бомбу». Нет, нет, дело здесь не в пиротехнике. Это лишь образное выражение, для того чтобы передать эффект, который произвело его сообщение на собравшихся. Он предположил, что в галактике Лебедь-А мы имеем дело не со столкновением двух галактик, а, наоборот, с разделением одной на две!

Это была вовсе не гипотеза *ad hoc*, как говаривали древние римляне (это выражение означает «для данного случая, как бы кстати»). Астроном предложил новое толкование для наблюдаемого явления, основываясь на своей же идее 1954 года о космогонической активности ядер галактик.

По мнению Амбарцумяна, к результатам этой активности можно отнести и выброс из ядер галактик радиоизлучающих облаков, и даже возникновение спиральных рукавов (читатель, наверное, помнит тот не завершившийся спор?).

Новая гипотеза содержала не только много неожиданного, но и много необъяснимого. Возьмите хотя бы выбросы масс газа из ядер галактик! Раньше считалось, что центральные части этих систем состоят из одних звезд. Даже если допустить, что газ в ядрах есть, его там должно быть просто слишком мало! Откуда же берутся громадные массы вещества, истекающего из ядер галактик и создающего мощное радиоизлучение? Тут было много непонятного. Астрономы, например, знали, что в центральной части нашей Галактики плотность газовой материи не выше, чем на периферии. А между тем голландские астрономы во главе с Оортом обнаружили, что именно оттуда, из центра Галактики, происходит непрерывное истечение нейтрального водорода. И американский астроном Мюнч обнаружил очень похожее непрерывное истечение газа из ядра галактики Андромеды. Причем интенсивность истечения оказалась такой, что за какие-то миллионы лет ядро выбрасывало из своих недр массу, которой хватило бы на добрый миллион таких звезд, как наше Солнце.

Галактические ядра представляли некими бутылками, в которых заключен дух...Противоречия казались непреодолимыми.

Идеи бюраканской школы Амбарцумяна

На VI Московском совещании по вопросам космогонии в 1959 году он заявил: «Мы приходим к выводу, что в центрах галактик, в их ядрах, имеются тела, на много порядков превосходящие по массе обычные звезды и не являющиеся ни диффузными туманностями, ни звездами. Этот вывод о наличии в центрах не-

которых галактик плотных тел необычайно большой массы кажется нам неизбежным следствием наблюдательных данных».

Итак, налицо знакомая уже нам идея Бюраканской школы о сверхплотном дозвездном состоянии материи, только теперь уже на галактическом уровне. Армянские астрономы считали, что после выброса из ядер вещество претерпевает ряд трансформаций и превращается в конгломерат звезд, межзвездного газа и облаков заряженных частиц высоких энергий.

Один существенный недостаток снижал ценность выдвинутой гипотезы: никто и никогда не видел вещества в подобном состоянии, и не существовало теории, доказывающей возможность существования «необычно большой массы подобного «таинственного» вещества». Ведь имелась в виду масса, во много, очень много раз превышающая массу Солнца...

Неожиданно новую концепцию Амбарцумяна поддержал Воронцов-Вельяминов. Он предположил, что компактные галактики Цвикки, и открытые им самим «взаимодействующие галактики» следует рассматривать как разлетающиеся части, бывшие некогда единым ядром.

Но для большинства астрономов гипотеза Амбарцумяна была слишком революционной. Лишь кое-кто время от времени рисковал публично выступить в поддержку новой концепции.

Но если гипотезе Амбарцумяна приходилось туго, то и идея Бааде и Минковского тоже «дышала иа ладан». В ней обнаруживалось все больше и больше недостатков. А когда Метьюз и Шмидт увидели, что и одиночные галактики имеют оптические спектры, аналогичные «сталкивающимся» компонентам Лебедя-А, гипотеза столкновения рухнула окончательно, похоронив под своими обломками бутылку виски, за которой напрасно бегал Минковский десять лет назад.

К сожалению, его шеф Бааде уже окончил свой жизненный путь, так и не узнав, что в споре 1951 года прав-то был не он, а его помощник. Впрочем, может быть, и лучше умереть, не расставшись с иллюзиями...

Вскоре после окончательного падения гипотезы лобового столкновения общая концепция Амбарцумяна об активности ядер галактик получила существенное подтверждение. Наблюдатели обнаружили мощный взрыв в ядре галактики М-82. Да и вообще многие открытия 1960-х годов, словно сговорившись, «лили воду на мельницу армянской школы».

Интересно еще раз вспомнить последовательность воззрений этого выдающегося советского астронома. В 1947 году он впервые высказывает предположение о существовании сверхплот-

ных «Д-тел». Затем следует идея об активности ядер галактики...

Ученому пришлось выдержать немало критики и прямого отрицания, прежде чем его идеи стали если не подтверждаться полностью, то, во всяком случае, иметь под собой реальную почву. Тут и открытие новых типов галактик, и взрывы в ядрах, и, наконец, — квазары... Не родственники ли они таинственным «Д-телам»?...

Конечно, категорически утверждать это нельзя.. Штурм квазаров все еще продолжается. Природа сверхплотных тел остается по-прежнему неясной, хотя нейтронные звезды, коричневые и черные карлики благодаря открытию пульсаров вошли в астрономический арсенал довольно прочно.

Размышляя над причинами расширений звездных ассоциаций, обнаруженных коллективом Амбарцумяна, английский астроном Голд задался вопросом: каким должен быть механизм явления, разбрасывающего в разные стороны звезды? Скорее всего — мощнейший взрыв, супервзрыв. Но отчего бы ему произойти? Может быть, существуют в космосе силы, сжимающие гигантские массы газа до состояния коллапса? Тогда на каком-то этапе неудержимого сжатия в недрах этого сгустка вещества с массой, во много раз превосходящей массу Солнца, начнутся незатухающие ядерные реакции. Сжатие остановится. А затем коллапс перейдет в антиколлапс — в грандиозный взрыв.

Читатель, наверное, уже заметил, что ход рассуждений английского астронома очень похож на размышления о гипотетических превращениях «черных дыр» в «белые дыры». Но при этом не следует забывать, что высказывания Голда относятся ко времени, когда этой проблемой занималось в мире не так уж много теоретиков.

Выступая на Сольвеевской конференции, Голд развил свою гипотезу. «Предположим, — говорил он, — что подобные взрывы могут происходить в еще больших масштабах. Тогда мы приблизились бы к концепции коллеги Амбарцумяна...» Идея была заманчивой, и кое-кто из астрономов-теоретиков тут же принялся за расчеты возможных моделей.

А время все продолжало и продолжало «работать на Амбарцумяна». В рамки его гипотезы укладывались и «голубые галактики Аро», и компактные — Цвикки, галактики и квазаги Сэндиджа. А уж взрыв в ядрах галактик был просто подарком его коллективу. Со временем бюраканские астрономы пришли к выводу, что галактические ядра могут, по-видимому, взрываться неоднократно, хотя их активность и должна падать. Тогда вполне вероятно, что среди бесчисленных звездных архипелагов могут попадаться и галактики, утратившие способ-

ность к эруптивности (как любят говорить специалисты, обозначая этим термином способность к извержениям), и зрелые галактики, в которых указанные процессы идут с полной силой. Должны быть и такие, в ядрах которых космогоническая активность еще не проявилась.

В 1970-х годах на высокогорной обсерватории Астрофизического института Академии наук Казахской ССР аспирант Кондратьев обнаружил в созвездии Змеи весьма необычную туманность, состоящую из материи, находящейся в чрезвычайно ранней стадии развития, о которой науке пока известно очень мало.

Идут годы. Труд ученого тяжело оценить в количественных единицах. Для неспециалистов, для потребителей научной продукции всегда важен результат. А каков результат исследований о возможностях, тающих в галактическом ядре? Конкретно о нем говорить рано.

Сегодня теоретики довольно далеко отстали в своих попытках осмыслить и объяснить факты, представляемые наблюдениями. Все понимают, что в ядрах галактик, в условиях, пока совершенно нам неведомых, можно обнаружить явления, которые «могут привести к противоречию с законом сохранения энергии (и вещества) в его современной форме, ограниченной известными нам формами энергии, и потребовать обобщения этого закона». Так писал Амбарцумян. Об этом говорил и другой советский астроном — ленинградский профессор Козырев. Новые источники энергии звезд?! Не сжатие, не ядерный пожар?! Тогда что?..

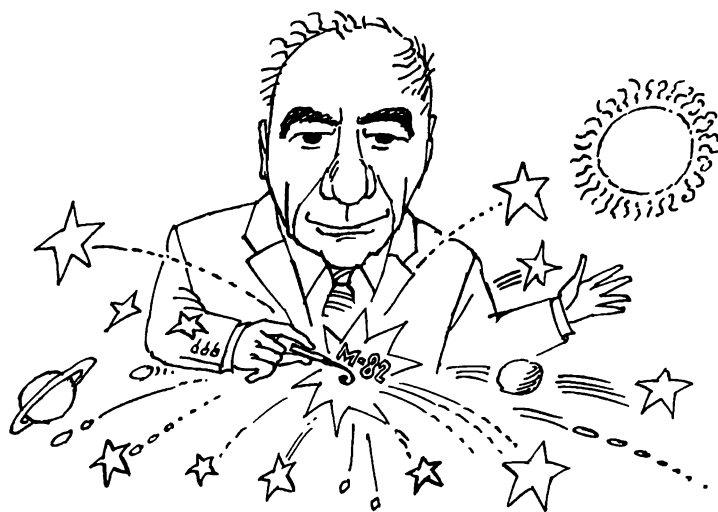
Армянские астрофизики пока не добились удовлетворительного построения теории сверхплотных, массивных тел И теоретическая разработка возможных новых источников энергии внегалактических, объектов, предпринятая Козыревым, тоже повсеместного признания не получила...

«Машина времени» Вселенной

«В результате исследований строения космических тел я пришел к выводу, что в природе существуют особые, ранее неизвестные силы. Источником этих сил является “ход времени”».

Примерно так начинался доклад известного ленинградского астрофизика Николая Козырева, который он прочитал в 1959 году в Географическом обществе.

Слова его породили ликование среди специалистов одного. направления и вызвали бурное негодование других. Слишком нео-



бычной казалась теория, изложенная ученым и названная им «причинной, или асимметричной механикой». Ее называли «спекулятивной», эксперименты некорректными, выводы поспешными и ошибочными. И вместе с тем в ней признавали глубину научного проникновения автора теории в сущность проблемы, его умение поставить тонкий эксперимент и сделать из него правильные выводы...

Короче говоря, заявление профессора Козырева никого не оставило равнодушным. Пожалуй, это и понятно: ведь его выводы касались самого обиходного, самого ускользающего и самого, казалось бы, тривиального понятия — времени. Многие его выводы имели непосредственное отношение и к космогонии. Потому, отнюдь не претендуя на глубокий анализ, было бы любопытно познакомиться с ее основными чертами.

Прежде всего: несколько известных положений, тех, что лежат в основе материалистического мировоззрения и позволяют построить картину мира, соответствующую современному этапу развития науки. «Время — одна из основных (наряду с пространством) форм существования материи... Время существует объективно и связано с движущейся материей... Время неразрывно связано с пространством, которое имеет три измерения, а время — одно. Движение материи во времени идет только в одном направлении — от прошлого к будущему. Время необратимо. Время бесконечно».

В приведенных постулатах заключаются едва ли не все те знания о времени, которые накопил здравый смысл за годы существования человечества.

Время как длительность наблюдаемого процесса легло в основу

всех количественных соотношений, измерений и физических законов. А направление времени определило собой принцип причинности. Так называют философы *«положение об объективности, всеобщности и необходимости причинной связи явлений»*. Другими словами: «Все должно иметь свою причину». Это качественная сторона времени.

С древних времен философы пытались связать время с движением, чтобы глубже проникнуть в природу первого. Эту связь отмечал еще Аристотель в своей «Физике». Однако в древности, да и в Средние века течение времени чаще всего соотносилось лишь с видимым движением небесного свода. Философы той поры понимали под движением обычное механическое перемещение, и выяснение характера связи являлось часто камнем преткновения для всего философского учения.

Немало интересовались связью течения времени с движением и естествоиспытатели, физики и математики. Так, Лобачевский в своих лекциях по механике подчеркивал, что именно разница между равномерным движением и любым другим неравномерным определяет время. Теория относительности показала, что время не просто измеряется движением, а по самой своей природе связано с ним и в зависимости от движения может изменять свое течение. (Напомним, что движение в философии понимается не как простое перемещение, а как любое изменение, превращение и развитие материи.)

По выражению Эддингтона, время характеризуется «стрелой времени», оно однонаправлено. Именно поэтому путешествия в прошлое оказываются возможными только в фантастических романах. А Эйнштейн еще в 20-х годах XX столетия говорил: *«Время, обозначаемое в физических формулах буквой t , может, конечно, входить в уравнения с отрицательным знаком; это дает возможность вычислять время в обратном направлении. Но тут мы и имеем дело именно с одним только вычислением, из чего никак нельзя заключить, что и само течение времени может стать отрицательным. Здесь корень всего недоразумения в этом смешении того, что допустимо и даже необходимо как прием вычисления, с тем, что возможно в действительности»*.

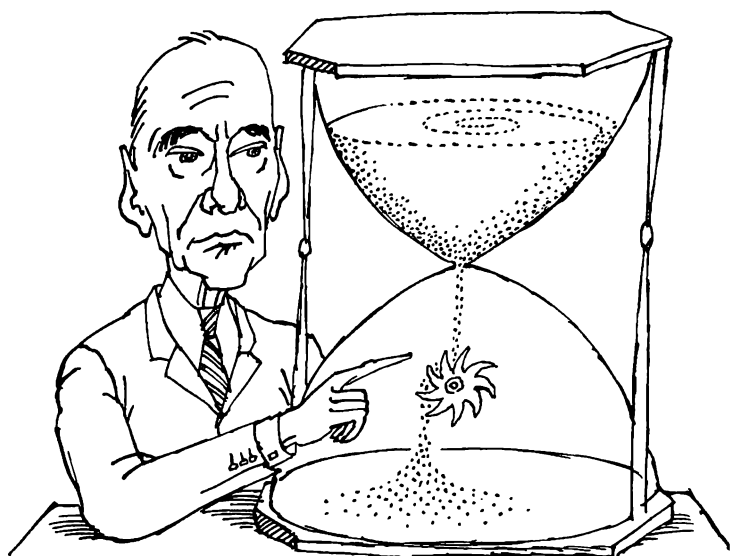
Кажется, все предельно ясно. И вместе с тем ни в физике, ни в механике нет, ни одного закона, который, учитывая направление времени, становился бы абсурдным при перемене знака у буквы t . Получается, что будущее, согласно этим законам, неотлично от прошлого?

Но тогда из изучаемого нами мира исчезает едва ли не главное его свойство всеобщей объективной закономерности и причинной обусловленностей; исчезает детерминизм. А мир, в котором ра-

зорваны причинно-следственные связи, непознаваем. В таком мире невозможно жить. Вы только представьте себе такую «вселенскую анархию»: Солнце всходит и заходит, когда ему вздумается, а посредине июля природе ничего не стоит развлечься снежной метелью и морозом. Или, задумав отметить свое совершеннолетие, вы приглашаете в гости прапрадедушку и своего же праправнука. Нет, мир, который изучает наука, должен быть и есть — строго детерминированным.

А как быть тогда с физическими законами? Призванные отображать объективную реальность, они тем не менее игнорируют главное свойство Вселенной — причинность? Выход один — ввести принцип причинности и направленность времени в законы физики и механики.

Здесь уместно вспомнить, что идея сведения временного порядка к причинному была выдвинута впервые Лейбницем. Немецкий математик и философ считал, что пространство и время вообще являются лишь формами динамических отношений между вещами и не имеют самостоятельного значения. Время же Лейбниц рассматривал как порядок последовательности явлений. Но где доказательство, что эта последовательность может идти лишь в одном направлении? В законах физики, отражающих суть природных явлений, его нет! И уже много лет ученые ищут такой закон природы, который ясно показал бы одностороннее направление времени во Вселенной.



Его величество Время по Николаю Козыреву

Английские физики Пенроуз и Персивал, опираясь на теорию вероятностей, пытались ввести направление времени в физические законы. Но и у них время получалось чисто статистическим, усредненным понятием, годным для ансамбля объектов. А с этим согласиться трудно.

Американский астроном Голд считал, что «ответственным за направление времени является расширение Вселенной». Он писал: «Картина мировых линий галактик ясно показывает направление времени; это именно то направление, в котором мировые линии расходятся».

Однако кроме расширяющейся модели Вселенной существуют и другие, в том числе пульсирующие, в которых на каком-то этапе расширение должно сменяться сжатием. Означает ли это, что и время в них должно идти назад? Так мы снова возвращаемся к проблеме: что такое время?

Много есть на эту тему разных высказываний, разных точек зрения. Заинтересовавшемуся читателю самому придется решить, к какой категории отнести представления о времени профессора Козырева, ради которого мы и пустились в приведенные выше воспоминания.

Прежде всего, что подразумевает создатель новой теории под термином «ход времени»? После несколько затянувшегося предисловия понять это становится несложно. «Ход времени» у Козырева — это скорость протекания физических процессов». Каких?.. Любых! Иными словами, это скорость превращения причины в следствие. Для различных процессов эта величина, естественно, различна, но ограничивается она скоростью света в вакууме. Это тоже понятно, потому что никакая материальная система двигаться быстрее не должна. Так новая величина получает не только физическую определенность, но и размерность, и предельное значение. Попробуем уточнить ее дальше.

Известно, что в физике одни величины обладают только размерами и называются потому скалярами. Это, к примеру, длина, площадь, а также длительность промежутка времени — секунда, час, век. Сюда же можно отнести и массу, плотность, температуру и многие другие величины, определяющие вещество, его основное состояние и движение.

Другие же величины, помимо размеров, характеризуются еще и направлением. Называют их векторами. Примерами могут служить скорость, ускорение, сила...

«Ход времени», по Козыреву, оказался не тем и не другим; он относится к псевдовекторам. Что это такое? А вот что: если вы утром мчитесь к автобусной остановке, ваша скорость — вектор.

Она определяет направление движения. А теперь представьте себя чемпионом фигурного катания. Заключительная фигура вашего (конечно, блестящего) выступления — вращение волчком. Чем является теперь ваша скорость? Теперь она псевдовектор.

Угловая скорость, момент сил и момент количества движения — типичные псевдовекторы. К этой же категории величин относит Козырев и «ход времени». Более того, поскольку направление времени всегда одно и то же, наш псевдовектор, как говорят математики, имеет «нулевой ранг», то есть становится псевдоскаляром.

Мы знаем, что время связано с пространством, как одна форма бытия материи с другой. По-видимому, и свойства их должны в чем-то определять друг друга.

Важным свойством пространства является его изотропность. То есть — независимость его свойств от направления. С этим связана симметрия нашего мира. Однако подробное изучение свойств атомов и молекул, кристаллов и даже живых существ убеждает нас в том, что какое-то принципиальное абсолютное различие в природе между левым и правым все же быть должно. С чем это связано, пока неизвестно. Ведь сами по себе оба понятия, левое — правое, условны. Во всей физике не найти пока никакого указания на внутреннее различие между левым и правым.

Такая же асимметрия, по-видимому, должна существовать и между прошлым и будущим. Причина и следствие при повороте «стрелы времени» не должны давать абсолютного тождества. И эта асимметрия времени, по мнению Козырева, может явиться могучим источником энергии.

Вывод «сногсшибательный»! Но чем он может быть подтвержден? Тут-то мы и подходим к самому интересному.

Известно, что вращение — форма движения, присущая всем небесным объектам. При этом линейная скорость любой точки на поверхности вращающегося тела имеет размерность, одинаковую с размерностью хода времени. А если их сложить?.. Получится, что для тела, вращающегося в одну сторону, линейные скорости точек к «ходу времени» нужно прибавить. А у тел, вращающихся в другую сторону, те же скорости нужно вычесть из «хода времени». Кроме того, на разных параллелях вращающихся галактик, звезд и планет ход времени в сумме с линейными скоростями будет разным. А эта разница немедленно даст и различие в количествах движения. Следовательно, должны появиться дополнительные силы. Пусть они парные; пусть действуют в разные стороны, но это силы. Не сдвигая с места центра тяжести вращающейся системы, они могут изменить его полную энергию...

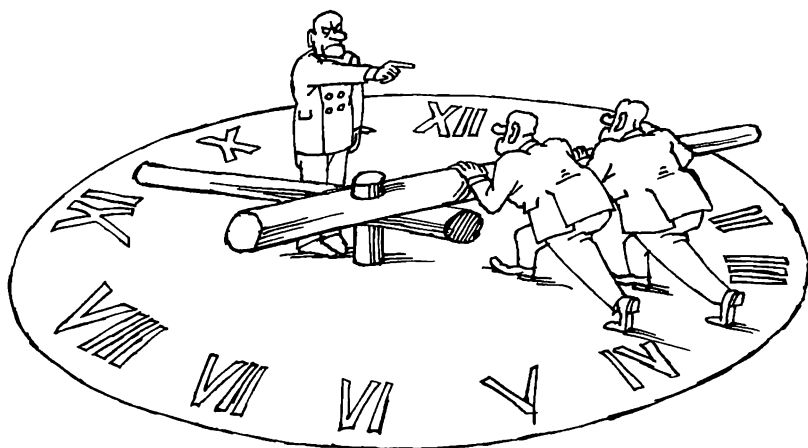
Впрочем, нужен опыт — только результат опыта может убедить нас в справедливости сказанного. Козырев провел серию взвешиваний вращающегося в разные стороны волчка-гироскопа. Если выводы его теории правильны, то в одном случае гироскоп должен быть легче, в другом — тяжелее...

Конечно, волчок, весы — все это грубые инструменты, с помощью которых мы хотим найти следы самого неуловимого свойства природы — времени. И надо отдать должное, исследователи понимали это и не спешили с публикацией своих выводов. Результаты получались не слишком надежные. Но чем больше накапливалось записей в рабочих тетрадях, тем яснее проступали закономерности. И в конце концов Козырев с сотрудниками пришли к выводу, что эффект «похудания и потолстения» есть! 90-граммовый гироскоп показывал разницу в весе примерно в ± 4 миллиграмма. Этот результат позволил не только вычислить абсолютную величину «хода времени», оказавшуюся равной примерно 700 км/ч, но и найти ее направление. Так, для нашего мира «ход времени» оказался положительным в левой системе координат, в той самой, к которой мы привыкли со школьной скамьи, и отрицательным в правой — ее зеркальном отражении. Это дало возможность впервые объективно определить понятия левого и правого в пространстве через время.

Опыты с гироскопами дали исследователям чрезвычайно интересные результаты. Создавалось впечатление, что именно теперь можно попытаться определить силу причины, то есть отличить активную силу физических законов от пассивной реакции. Для этого надо только узнать, какая из них увеличивается при данном направлении вращения, а какая — уменьшается. Кроме того, изменение «хода времени» проявилось в виде появления дополнительных сил, действующих вдоль оси вращения в противоположных направлениях. Такие силы раньше в теоретической механике известны не были, хотя влияние их весьма важно.

Давайте представим себе на месте вращающегося волчка планету, ну хотя бы Землю. В средней ее части результирующая дополнительных сил направлена по оси вращения к северу. Но поскольку силы эти не имеют права сдвигать с места центр тяжести планеты, то вблизи полюсов следует предположить существование уравнивающих сил, направленных к югу. Следовательно, Северное полушарие, находясь в тисках сдавливающих сил, будет сжиматься, тогда как Южное те же силы будут растягивать.

Планеты не являются абсолютно сферическими телами. Об этом мы знаем уже довольно давно. Но раньше мы предполагали, что земной шар примерно одинаково сдавлен у полюсов. И потому, когда на основании анализа движений искус-



ственных спутников выяснилось, что на севере сила тяжести больше, чем на юге, специалисты несколько растерялись. Появилась даже гипотеза о загадочном различии плотности вещества обоих полушарий Земли...

Учет сил «асимметричной механики», по Козыреву, деформирует Землю. Вместо эллипсоида вращения она приобретает форму вращающейся кардиоиды — сердца. И разница в полярных силах тяготения получает свое «естественное» объяснение. Просто Северный полюс примерно на 200 метров ближе к центру Земли, чем Южный.

Особенно хорошо такая асимметрия заметна на примерах Юпитера и Сатурна — гигантов, состоящих в основном из сгущенного газа. Благодаря большой скорости вращения описываемый эффект должен быть выражен у обеих планет значительно сильнее, чем у Земли. Фотографирование планетных фигур подтвердило теоретические предположения и расчеты. У Юпитера разница в положении полюсов относительно центра составила около 400 километров.

С помощью вновь открытых сил Козырев объяснял и некоторые географические особенности нашей планеты. Например, известно, что Северное полушарие Земли значительно богаче суши. Это могло явиться следствием отжимания материков новыми силами. «Ход времени», по мнению создателя «причинной механики», влияет и на различия в направлениях океанических течений обоих полушарий, и на то обстоятельство, что северная половина Земли теплее южной...

Опыты с гироскопами и весами дали еще один любопытный результат. Получалось, что дополнительные силы могут прилагаться к разным точкам единой системы. То есть получается пара сил. И время, которому они обязаны своим рождением,

должно уже обладать не только энергией, но и моментом вращения. Пусть пока он только поворачивает коромысло весов. С точки зрения космогонических гипотез важно, что этот момент может быть передан системе.

Конечно, свойства времени трудно представить себе наглядно, опираясь лишь на знакомые аналогии. Слишком много принципиальных отличий. Но если принять предлагаемое толкование результатов проделанных экспериментов, то можно прийти еще к одному выводу: из-за процессов, происходящих в природе, или в результате сознательного воздействия человека плотность времени может меняться. А тогда возникает вопрос: нельзя ли через время воздействовать одной материальной системой на другую? Для этого надо только предположить, что причинно-следственные изменения происходят не только во времени, но и с помощью времени. Или что в любом природном процессе время либо расходуется, либо... образуется...

«Ход времени» имеет конечную скорость. Однако само время не передается по Вселенной с какой-то конечной скоростью. Время возникло с родившимся миром и во всех его уголках сразу и одновременно. Может быть, это обстоятельство позволит когда-нибудь, изменяя свойства секунд, мгновенно передавать информацию на всю Вселенную независимо от расстояния?

Гипотетическая теория Козырева таит в себе много неожиданного и спорного. В «причинной механике» немало интересных находок, типа гипотезы о прерывности времени или об «атомах времени». Взгляды Козырева разделяют далеко не все, и трудно сегодня оценить степень истинности мнений, высказанных как сторонниками, так и противниками новой теории. Но гипотезы, лежащие в ее основе, поражают и привлекают смелостью даже тех, кто привык к самым революционным поворотам науки.

Время, пожалуй, самая неприступная вершина, на которой держится наше понимание системы мира и наше толкование картины мира. Точные науки пока старались обходить эту вершину стороной, делая вид, будто ее даже не существует. Но, может быть, пришло и ее время. Что же, тогда — «счастливого восхождения», как говорят альпинисты.

Тень «царицы мира»

В XIX столетии физик Больцман связал с направлением времени изменение энтропии. Тогда энтропию называли «тенью царицы мира», наделяя царским титулом энергию. Взаимодействие энергии с энтропией рисовали довольно мрачными красками.

«Над всем, что совершается в беспредельном пространстве, в потоке преходящего времени властвует энергия, как богиня, как царица, — здесь даря, там отнимая, а в общем — не даря и не отнимая. Она властвует со строгой справедливостью, беспрестанно озаряя своим спокойствием, вечно ровным светом одинаково былинку и гениального человека. Но где свет, там и тень. Тень властительницы мира — энергии — глубока и темна, многообразна и подвижна... Глядя на нее, нельзя подавить в себе смутного страха: она — злой демон, стремящийся умиротворить, если не совсем уничтожить, все то великое, прекрасное, доброе, что создает светлый демон. Злому демону мы даем название энтропии; и, как оказывается, он постоянно растет, медленно, но уверенно раскрывая свои злые наклонности. Энергия остается постоянной, энтропия растет. Солнце светит, но энергия его рассеивается, выравнивается, обесценивается... Тени становятся все длиннее». Далее, автор приведенных строк в стиле ушедших времен переходит к похоронному повествованию о «тепловой смерти Вселенной».

Сегодня на кошмары прошлого мы смотрим более по-деловому. Энтропия? Пожалуйста. Вот ее определение: это *«...функция состояния, характеризующая направление протекания самопроизвольных процессов в замкнутой термодинамической системе».* И все!

Да, вот еще добавление: «существование энтропии постулируется вторым началом термодинамики». Ну кто бы спорил?

А как быть с «тепловой смертью»? Ведь и первая формулировка второго начала термодинамики, принадлежавшая Клаузиусу, гласила: *«...невозможен процесс, при котором тепло переходило бы самопроизвольно от тел более холодных к телам более нагретым...»* Далее. Клаузиус писал: *«...во всех явлениях природы совокупная величина энтропии всегда может лишь возрастать, а не уменьшаться, и мы получаем поэтому как краткое выражение всегда и всюду совершающегося процесса превращения следующее положение: энтропия вселенной стремится к некоторому максимуму».*

Потом была другая формулировка Томсона. Были споры — чья лучше. Но в конце концов и в современной термодинамике второе начало формулируется хоть и без драматизма, но как закон возрастания энтропии. Конечная же гибель галактик и вообще Вселенной объявлена несостоятельной, потому что, во-первых, никто пока не знает, что конкретно происходит в недрах галактик и по какому пути они развиваются; во-вторых, нет оснований считать Вселенную замкнутой и изолированной системой, и, в-третьих, не исключено, что где-то имеют место процессы, идущие в прямо противоположном направлении, чем

к тому обязывает второе начало термодинамики и здравый смысл обитателей планеты Земля (вспомним гипотезу «белых дыр»)?

Обсуждая вопрос связи энтропии со временем, не следует забывать, что второе начало термодинамики — закон статистический. Он может применяться для большой совокупности объектов. А время? Оно ведь существует для каждого единичного объекта. Да и теория относительности говорит, что система отсчета (в том числе и времени) может быть связана с любым единичным объектом, будь он хоть частицей, разгоняющейся в синхрофазотроне. Так что, пожалуй, жестко связывать время с энтропией — занятие опасное. Нельзя ли поискать других коррелятов?

Так как же все-таки галактики рождаются?

Первоначальная хаббловская классификация галактик устарела; особенно после появления работы Бааде о звездных населенностях. По мере накопления новых данных о галактиках Хаббл сам не раз пытался пересмотреть свою классификацию и дополнить ее. К сожалению, и ученые смертны.

В 1957 году астрономы. Морган и Мейол предложили новую классификацию галактик. В основе ее лежал указанный еще Хабблом критерий роста концентрации яркости ядер, но при этом направление эволюции у них получилось обратным хаббловскому.

Они разделили все многообразие внегалактических объектов на 7 классов. К первому были отнесены неправильные галактики без видимого ядра. Дальше, по мере возрастания яркости ядра, шли классы второй, третий, четвертый, пятый и шестой, объединяющие в себе и спиральные галактики. Причем одновременно с ростом класса ослабевала степень «закрученности» спиральных рукавов. Седьмой класс объединял уже различные типы галактик эллиптических. Определенным прогрессом в новой классификации можно было считать то, что если раньше спектральный класс галактикам приписывался по суммарному излучению всех имеющихся в ней звезд, то теперь Морган и Мейол попытались ответить на вопрос — какие типы звезд вносят наибольший вклад в интегральное излучение.

Естественно, что, отдав столько времени и сил изучению активности ядер галактик, Амбарцумян должен был тоже предложить свою классификацию. И он это сделал, разбив существующие объекты на 5 классов по степени космической активности. В первый вошли галактики без заметного ядра и даже без заметного сгущения в центре. К ним относятся многие иррегулярные галактики, в том числе, вероятно, и наша соседка — галактика

Магеллановы Облака, а также карликовые эллиптические галактики, вроде той, которую обнаружили в созвездии Скульптора.

Во второй класс он объединил галактики с не очень ярким ядром. К ним можно отнести нашу Галактику, галактику Андромеды — М 31, а также галактики М 33 и NGC 5194.

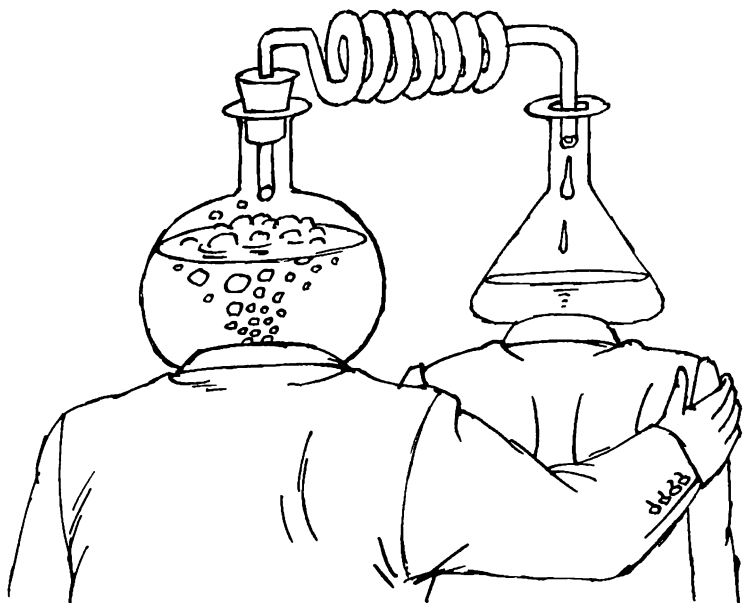
Напомним, что буква М в шифре галактик означает их принадлежность к каталогу Мессье, а NGC — означает «Новый общий каталог», составленный Дрейером. Могут встретиться и галактики, имеющие перед порядковым номером букву «С». Это значит, что их следует искать в дополнении к новому общему каталогу.

К третьему классу отнесены галактики тоже со спокойными, но более яркими ядрами, например NGC 4303 и NGC 3162.

К четвертому классу относятся галактики, подобные сейфертовским. Они обладают не просто яркими, но и возбужденными ядрами.

И, наконец, к пятому классу отнесены те звездные системы, в которых почти вся яркость сосредоточена в ядре. К ним можно причислить «компактные» галактики Цвикки, некоторые «голубые галактики» и квазары.

Астрономы из Армении считали, что именно изучение ядер галактик сулит наибольший прогресс в решении таких принципиальных вопросов, как возникновение и эволюция этих звездных систем.



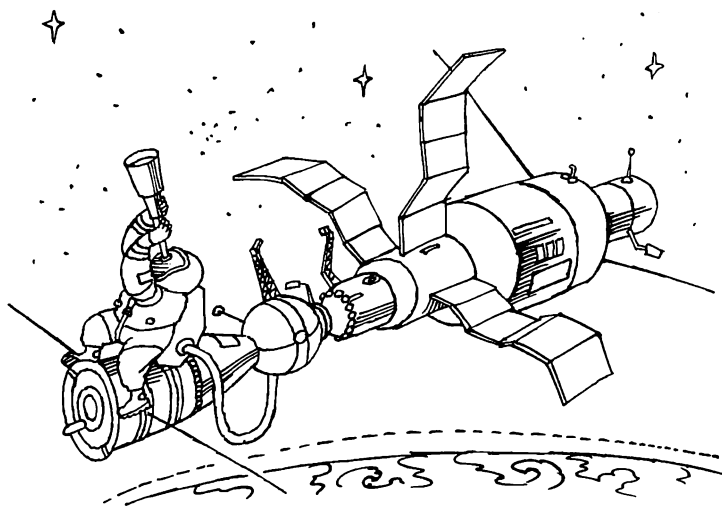
По мере развития нашей Галактики светимость ее ядра должна возрастать; постепенно в ней начинают формироваться новые подсистемы; из материи, выброшенной в пространство ядром, создаются спиральные рукава и галактика переходит в стадию спиральных систем (или спиральных с перемычкой). На этом этапе в них образуется звездное население первого типа, по Бааде. Затем яркие ядра спиральных галактик постепенно тускнеют, и системы переходят в новую фазу иррегулярных галактик.

Сотрудник Амбарцумяна Мирзоян признавал тогда, что «в настоящее время гипотеза возникновения галактик в результате деятельности плотных, массивных ядер, естественно, не может еще объяснить все физические и динамические свойства галактик. Например, при возникновении галактик из тел небольшого объема трудно пока объяснить огромные вращательные моменты, наблюдаемые у ряда галактик. Эта гипотеза встречается и с другими менее серьезными трудностями». Однако, несмотря на это, Мирзоян был полон оптимизма и вполне солидарен с Амбарцумяном, что «изучение взрывов и других проявлений нестационарности в галактиках ведет нас к решению проблем происхождения и эволюции галактик, а также к решению проблемы превращения незвездных тел, находящихся в ядрах галактик, в обычные звезды и туманности».

В 1967 году английский астроном Райл, сравнив спектры квазаров и радиогалактик, высказал мысль, что и те и другие — просто разные стадии эволюции одних и тех же объектов. Ведь и те и другие представляют собой двойные системы, только с разными расстояниями между компонентами. При этом мощность радиоизлучения у тесных пар явно больше.

Гипотеза Райла заключалась в том, что радиоисточник начинает свою жизнь в виде очень тесной пары, а может быть, и одиночного объекта большой активности. Постепенно, примерно за сто тысяч лет, облака плазмы, выброшенные ядром и дающие существенную долю наблюдаемого радиоизлучения, уходят и рассеиваются. Естественно, что при этом «радиояркость» объекта значительно падает.

В 1970 году советский астроном Озерной, основываясь на мысли, что каждая галактика в процессе нормального развития может вдруг перейти в возбужденное состояние, построил любопытную диаграмму. В ней по горизонтальной оси отложен порядок нормального развития галактик (от неправильных к спиральным, затем к эллиптическим и т.д.), а по вертикали даны возможные переходы в возбужденное состояние от каждой формы. При этом эллиптические галактики переходят в возбужденном состоянии в мощные радиогалактики, а спиральные — в



сейфертовские. Переход происходит через промежуточные состояния, которыми могут быть «компактные» галактики.

«N-галактики» и квазары — объекты, уже находящиеся в крайне возбужденном состоянии. Промежуточными положениями для них Озерной считал стадии «компактных» галактик Цвикки и квазагов. А вот исходные их формы пока неизвестны. На новой анаграмме нашлось место всем существующим разновидностям галактик. Но что ждет ее завтра?..

В том же году два других советских специалиста Комберг и Сюняев предложили иную схему развития галактик. По их мнению, на самой ранней стадии образования из больших скоплений диффузной материи формируются сначала квазизвездные объекты: квазары, квазаги либо еще какие-нибудь «кваги». В таком детски-возбужденном состоянии небесные объекты существуют сравнительно недолго, не более миллиона, ну, десятка миллионов лет. Затем наступает юность — промежуточное состояние. Неизвестные «кваги» переходят в ядра сейфертовских галактик, квазары превращаются в «компактные» галактики Цвикки, а квазаги — в ядра «N-галактик». Юность галактик длится примерно на порядок больше времени, чем детство, и начинается их зрелость. Внегалактические объекты переходят в основную стадию своего существования, которая длится около 10 миллиардов лет. Из сейфертовских галактик получаются спиральные, из «компактных» — эллиптические, а ядра «N-галактик» становятся ядрами мощных радиогалактик.

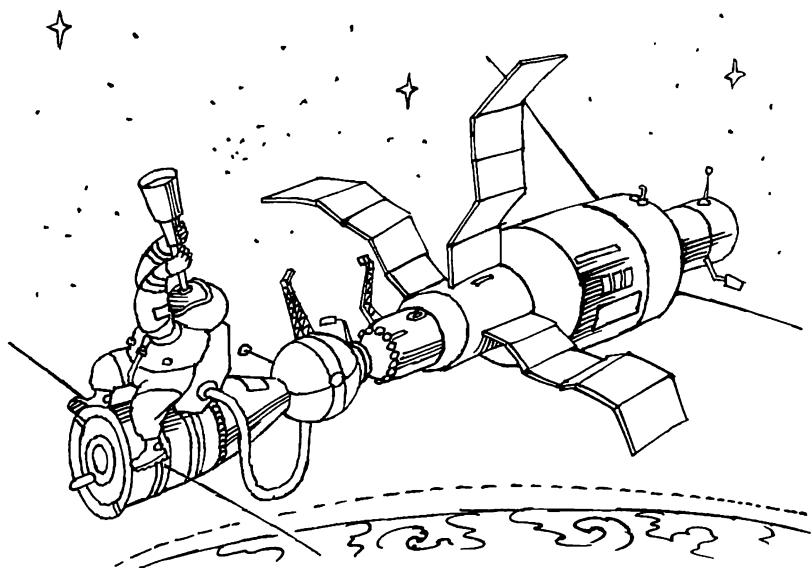
Озерный и Комберг с Сюняевым считают хаббловские типы галактик нормальным состоянием внегалактических объектов. Сегодня отдать предпочтение какой-нибудь одной из рассмотренных схем эволюции пока трудно. Скорее всего, в споре двоих прав будет кто-то третий. Тот, кто потом уступит свое место четвертому, а четвертый — пятому и так далее, потому что процесс познания бесконечен и вряд ли когда-нибудь серьезно нам надоест.

Новая техника на службе теории

Помните, начиная разговор о «ненормальных» галактиках, мы говорили, что большинство из них так далеки от Земли и от Галактики, что сведения, которыми располагают специалисты, ничтожны. Между тем новые объекты играют немаловажную роль в космогонии. Это легко видеть хотя бы из последних гипотез. Да и вообще для составления новых схем эволюции любых небесных объектов нужно, прежде всего, нащупать их взаимосвязи. А это значит — максимум информации о самих объектах. Среди специалистов постепенно выкристаллизовалось мнение, что основным диапазоном электромагнитных волн — основы энерговыделений в Галактике и Вселенной, — является инфракрасное излучение. Интересно? Очень! Вот только увидеть его с поверхности Земли сложно.

Ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца — ключ к загадкам его внезапных вспышек. А ведь Солнце — звезда! Из звезд же состоят и галактики. Но, увы, и из этого интересного диапазона электромагнитных волн у поверхности Земли почти ничего не выпарапашешь, не говоря уже о гамма-лучах. Атмосфера надежный щит. Что же делать и где искать выход?

В январе 1975 года на околоземной орбите развернул свою деятельность «Научно-исследовательский институт широкого профиля» — станция «Салют-4». За месяц командировки за пределы атмосферы космонавты провели большой объем разных работ, в том числе уделили немало полетного времени астрономическим, астрофизическим и радиофизическим исследованиям. На борту станции были установлены новые инструменты для получения уникальной информации — инфракрасных «портретов» Земли и других планет, для исследования вещества в межпланетном и межзвездном пространстве на молекулярном уровне и для наблюдения далеких, несационарных объектов, находящихся в плоскости Галактики. Космонавты много занимались наблюдениями Солнца, используя орбитальный солнечный телескоп с коротковолновым дифракционным спектрометром для ультрафиолетовых лучей.



На борту станции «Салют-4» был установлен и комплекс аппаратуры «Филин» для исследования рентгеновского излучения. Объема новых сведений, переданных космонавтами Губаревым и Гречко, хватило на несколько лет интенсивной работы в кабинетах на Земле.

Рентгеновская астрономия — молодая отрасль науки о звездах. Первый после Солнца космический источник рентгеновского излучения — Скорпион X-1 — был обнаружен лишь в 1962 году. И первые исследования проводились с помощью аппаратуры, поднятой за пределы атмосферы на геодезических ракетах и на спутниках.

В 1970 году американцы запустили первый специализированный спутник «УХУРУ» для наблюдения, систематизации и отождествления источников рентгеновского излучения. И результаты его работы оказались неплохими. Каталог «УХУРУ» содержал богатую информацию о 163 источниках рентгеновского излучения. Из них 108 были доселе неизвестны.

Собранная спутником информация позволила сделать интересный вывод: в космосе существуют тесные двойные системы, один из компонентов которых — источник рентгеновского излучения. Два таких источника (Геркулес X-1 и Центавр X-3) явились рентгеновскими пульсарами. Если согласиться с тем, что периодичность излучения обусловлена у них так же быстрым вращением вокруг своей оси, то размеры «звезд-волчков» должны быть крошечными, а плотность вещества — огромной. Это позволяло предположить, что оба рентгеновских пульсара являются

нейтронными звездами. А источник Лебедь X-1 мог оказаться «черной дырой»!

Эволюция вещества в галактиках проходит от фазы межзвездной среды к звездам. Когда по прошествии времени межзвездная среда в галактике истощится, ее звезды постареют. Останутся в основном звезды малой массы (они меняются медленнее). Звезды основного населения перейдут в состояние белых карликов, нейтронных звезд и «черных дыр». В них и окажется большая часть массы галактики.

Как всегда, новые средства, призванные помочь в объяснении старых загадок, задают и свои — новые загадки. И сегодня их больше чем было когда-либо. Но в этом, наверное, и заключается один из законов развития, прогресса...

ЗАКЛЮЧЕНИЕ «ЗАВИСТНИКА»

В заключение автор хотел бы сказать, что он старался изложить гипотезы в такой последовательности, чтобы они могли представить не столько само «действие», участниками которого являются окружающие нас миры, сколько наш собственный, человеческий подход к их познанию.

Перед глазами читателя прошло много идей, много гипотез и теорий. Где же истина? Однозначного ответа нет. Нет в космогонии единой точки зрения, одинаково приемлемой представителями разных направлений. Каждый из них на вопрос об истине ответит по-своему.

Плохо, когда нет никакого ответа. Но и много разных — тоже не лучше. Особенно когда и последний из них ненадежен. Не зря говорят: если часы пробили тринадцать раз, то возникает сомнение не в истинности хода времени, а в правильности хода часов... В нашем же случае некоторые «часовщики» подвергают сомнению и сам «ход времени».

Последняя глава этой книги называется «Космогония галактик». Если быть абсолютно честным, то в ее названии скрыто некоторое... Нет, не жульничество, конечно, но некоторая недоговоренность. Это как если бы мы с вами читали детектив без пары первых страниц. (По закону жанра, именно на первых страницах должно быть убийство, кража, похищение или что-то, заставившее вести розыск, следствие. То есть должна быть главная причина существования детектива. Если ее нет, бросьте книжку. Это не детектив!)

Задумайтесь сами: ради чего на протяжении многих лет масса умных людей исследуют небесные камни — метеориты, астероиды и кометы, далекие планеты, звезды, звездные архипелаги — галактики? Зачем? Эти знания не помогут вскопать огород и посадить кабачки или помидоры с огурцами, не научат водить «тачку», не только внедорожник, но даже старые «Жигули». Они не дадут возможности разобраться, почему «сдох» любимый компьютер... И снова я задаю вопрос, так зачем они, эти, в общем, не простые и достаточно дорогостоящие исследования? В чем их ЦЕЛЬ?

Конечно, есть «ушибленные люди», собирающие, например, этикетки или, что не менее бесполезно, — пробки от пивных бутылок (ведь все равно, несмотря на лютую рекламу, автомобиль никто не выиграет. И большинство из «ушибленных» это знает). Но мы не о них. Какую цель преследуют умные люди, тратя жизнь на изучение недостижимых небесных объектов?.. Может быть, конечно, их привлекает сам процесс исследования? Но цель-то должна быть?..

Так вот, лично мне кажется, что у каждого специалиста по космогонии где-то глубоко (за пазухой) есть мечта — узнать, как же в конечном счете родилась не планета, не звезда, а Мир. Мир, или, другими словами, Вселенная. Все то огромное, необъятное и необъяснимое, что нас окружает: все звезды, галактики, квазары, пульсары, черные дыры и загадочная темная материя. Ведь все сущее имеет свое начало и свой конец. Так как же, когда и почему родилась Вселенная? Из чего она родилась, где ее край и какова судьба?

Вот какой вопрос (так думаю я — автор этой книги) мучает ученых, мучает философов и здорово интересует нормальных (подчеркнем) умных людей, которые любят не только зарабатывать деньги, обедать и ужинать, но и думать.

А теперь — почему, закончив писать книгу о тайнах рождения звезд и планет, я в заключении говорю о некоторой недоговоренности? Дело в том, что все поставленные выше вопросы о рождении, о судьбе и, может быть, смерти Вселенной, то есть главной цели познания науки, относится к другому более общему, непростому разделу великой АСТРОНОМИИ — к космологии. Но о ней будет наша следующая книга. В ней тоже вы вряд ли найдете единственный и окончательный ответ на все. Но не в том наша цель. Цель автора, цель редактора, цель художника, корректора, верстальщика и многих других, кто из рукописи автора делал вашу книгу, в том, чтобы соблазнить читателя, увлечь его (то есть вас, мой друг) наукой, а не только зарабатыванием денег, вкусным обедом, ужином и теплой постелью. В этом смысл познавательной литературы.

А то, что у науки нет окончательного ответа на многие вопросы, так тем и лучше. Пока наука в поиске, значит, в ней достаточно высок потенциал жизненных сил. И такая наука молода. В ней непочатый край работы, великолепных трудностей и блестящих находок.

В сегодняшней астрономии, космогонии и космологии — обширнейшее поле приложения молодых сил. В них масса места для новых гипотез, новых теорий. Скорее всего, они тоже будут опровергнуты и заменены следующими. Но каждая из них продвигает нас шаг за шагом вперед по бесконечной спирали познания. И я приветствую избирающих этот путь, преклоняюсь перед ними и завидую...

В СЕРИИ «ТВОЙ КРУГОЗОР» ВЫШЛИ В СВЕТ

- Л. Кэрролл.** Логическая игра
М. В. Гумилевская. Где мороз, а где жара
В. П. Карцев. Приключения великих уравнений
М. В. Панов. Занимательная орфография
Э. А. Вартаньян. Путешествие в слово
О. М. Гурьян. Свидетели
В. А. Хинкис. Жизнь и смерть Роджера Бэкона
М. А. Гершензон. Робин Гуд
А. Н. Томилин. Как люди открывали свою Землю
С. П. Аржанов. Занимательная география
К. М. Моисеева. Караван идет в Пальмиру
Н. Н. Аменицкий, И. П. Сахаров. Забавная арифметика
К. М. Моисеева. Тайна горы Муг
О. М. Гурьян. Один рё и два бу
К. М. Моисеева. В древнем царстве Урарту
М. М. Колтун. Мир физики
А. Н. Томилин. Как люди изучали свою Землю

О. М. Гурьян. Наследство Би Шэна, или Воображаемые истории шестнадцати мудрецов, взятые из подлинных рукописей

С. И. Фингарет. Скифы в остроконечных шапках

Р. М. Смаллиан. Приключения Алисы в Стране Головоломок

М. Н. Ботвиник, М. Б. Рабинович,
Г. А. Стратановский.
Жизнеописания древних греков и римлян. Греки

М. Н. Ботвиник, М. Б. Рабинович,
Г. А. Стратановский.
Жизнеописания древних греков и римлян. Римляне

Э. А. Вартаньян. Из жизни слов

В. В. Одинцов. Лингвистические парадоксы

А. Б. Мигдал. От догадки до истины

Е. И. Игнатьев. В царстве смекалки. Книга I

Е. И. Игнатьев. В царстве смекалки. Книга II

Е. И. Игнатьев. В царстве смекалки. Книга III

О. П. Мороз. В поисках гармонии

Ю. П. Вронский. Рассказы о древнем Новгороде

К. И. Курбатов. Еретик Жоффруа Валле

В. П. Карцев. Путешествие в мир магнитов

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ
Серия «Твой кругозор»

Томилин Анатолий Николаевич

Тайны рождения звезд и планет

ДЛЯ СТАРШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Зав. редакцией *В. И. Егудин*

Редактор *Е. Г. Таран*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Компьютерная верстка *Э. Н. Малания*

Технический редактор *Н. Н. Бажанова*

Корректор *В. М. Фрадкина*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000.

Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 29.07.08.

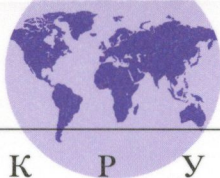
Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 10,49. Тираж 10 000 экз. Заказ № 4980.

Открытое акционерное общество «Издательство «Просвещение». 127521, г. Москва,
3-й проезд Марьиной Рощи, д. 41.

Отпечатано в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного Знамени
полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.





Т В О Й К Р У Г О З О Р

А. Н. Томилин

ТАЙНЫ РОЖДЕНИЯ ЗВЕЗД И ПЛАНЕТ

С ГЛУБОКОЙ ДРЕВНОСТИ ЛЮДИ ПЫТАЛИСЬ ПОНЯТЬ,
КАК ПОЯВИЛИСЬ НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА. КОСМИЧЕСКАЯ
ЭРА ОТКРЫЛА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДВИГАТЬ НОВЫЕ
ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПЛАНЕТ,
ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК. ОДНАКО НЕБО ПРОДОЛЖАЕТ
СКРЫВАТЬ МНОЖЕСТВО ТАЙН...

«Твой кругозор» — это проверенные временем традиции научно-познавательной литературы для детей. В серию вошли лучшие книги по гуманитарным и естественно-научным предметам, написанные российскими и зарубежными авторами. Книги серии позволят вам расширить кругозор, повысить свой образовательный уровень и стать знатоками в различных областях знаний.

МАТЕМАТИКА РУССКИЙ ЯЗЫК ФИЗИКА ГЕОГРАФИЯ ИСТОРИЯ

ISBN 978-5-09-019853-0



9 785090 198530