

В. Н. КОМАРОВ

НОВАЯ ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ



В. Н. КОМАРОВ

НОВАЯ ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Под редакцией Ю. Н. ЕФРЕМОВА



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1983

22.6
К 63

УДК 52

Комаров В. Н.

К 63 Новая занимательная астрономия.— 2-е изд., перераб.— М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.— 208 с.

Книга в популярной форме знакомит читателя с наиболее интересными открытиями и проблемами современной науки о Вселенной. Это и неожиданные с точки зрения привычных представлений факты, и оригинальные теоретические идеи, и новые методы исследования. В книге в занимательной форме освещены также некоторые дискуссионные вопросы астрономии, показана связь с достижениями физики.

Для широкого круга читателей, интересующихся современной астрономией.

К $\frac{1705000000-004}{053(02)-83}$ 168-83

ББК 22.6
52

К $\frac{1705000000-004}{053(02)-83}$ 168-83

© Издательство «Наука»
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1983,
с изменениями

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	5
Глава первая. ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ И АСТРОНОМИЯ	7
Все начинается... с отрицания	13
«Черные ящики» в космосе	16
Не верь глазам своим	18
И астрономы ошибаются	24
Вопреки здравому смыслу?	26
От теории к теории	30
Глава вторая. СЕМЬЯ СОЛНЦА	33
Земля и маятник	33
Над нами звездное небо	37
Новое о Тунгусском метеорите	40
Космонавтика проверяет астрономию	45
Судьба одной гипотезы	48
Вездесущие кратеры	52
Кольца планет-гигантов	61
Вулканы Солнечной системы	63
Луна и элементарные частицы	69
Невидимые миру спутники	73
Бывает ли движение по инерции?	75
Орбитальные парадоксы	78
«Этюдное решение» (научная фантастика)	80
Притяжение против... притяжения	89
«Странное совпадение»	92
Не грозит ли нам катастрофа?	94
Солнце и нейтрино	96
Глава третья. В ГЛУБИНАХ ВСЕЛЕННОЙ	99
Вселенная	99
В расширяющейся Метагалактике	100
В центре ли мы?	106
Вселенная в гамма-лучах	108
Космические взрывы	111
Черные дыры во Вселенной	117
Вселенная и нейтрино	120
Поиск разумной жизни во Вселенной	127
«Шалун» (научная фантастика)	131
Глава четвертая. ЧТО БЫЛО БЫ, ЕСЛИ БЫ?.. . . .	147
Неизбежность все более странного мира	147
Перегрузка и невесомость	149

Можно ли ликвидировать ночь?	155
Люди без звезд	157
Если бы не было Луны	163
Если бы это было возможно	165
Быстрее света?	168
Если бы четыре?	170
В сжимающейся Вселенной	178
«Если бы знать заранее ...» (научная фантастика)	180
Круговорот миров?	191

<i>Вместо заключения.</i> «ПЕРЕВОРОТ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ» (научная фантастика)	194
--	-----

Астрономия не только увлекательна, но и в высшей степени поучительна. Она была одной из первых наук, возникших на заре человечества, и всегда оставалась на передовой линии фронта познания природы.

Современная астрономическая наука развивается особенно бурно. Благодаря появлению новых средств исследования, от радиотелескопов до разного рода космических аппаратов, приток информации из космоса резко увеличился и открытия в области изучения Вселенной следуют буквально одно за другим.

Открытия эти представляют особый интерес, так как астрономия дает нам фундаментальные знания о природе, т. е. раскрывает наиболее глубокие общие закономерности строения и движения материи.

Однако астрономия не только вооружает нас современными представлениями о картине мира, но и являет собой один из ярчайших примеров диалектического характера процесса познания окружающей нас природы, движения от относительных истин к абсолютной.

Задача настоящей книги состоит не только в том, чтобы сообщить читателю ряд занимательных астрономических фактов, но и в том, чтобы познакомить его с диалектикой развития научной мысли, убедить, что современная эпоха требует творческого динамичного мышления, свободного от предвзятости, требует новых оригинальных идей.

Однако любое новое в науке, каким бы оригинальным оно ни казалось, всегда в конечном счете так или иначе вырастает на фундаменте прежнего знания. Нечто общее есть и в методах решения различных научных задач, хотя сама по себе любая научная задача неповторима.

В связи с этим значительная часть книги посвящена рассмотрению тех фактов и представлений, которые с точки зрения современной астрономической науки считаются достаточно надежно установленными.

Вместе с тем в современной астрономии есть немало проблем, которые еще не получили достаточно удовлетворительного ответа. В связи с этим в науке обсуждаются различные гипотезы, иногда довольно экстравагантные. И, вероятно, какая-то их часть в процессе дальнейшего развития наших знаний о Вселенной окажется отброшенной. Но без гипотез, т. е. научных предположений, которые еще не доказаны, но и не опровергнуты, астрономам не обойтись. Тем более, что, вне всякого сомнения, эта наука и в ближайшие годы будет бурно развиваться и ей придется осмысливать все новые и новые факты. Гипотеза — необходимая форма развития естествознания.

Поэтому в настоящей книге наряду с твердо установленными фактами освещаются и некоторые наиболее интересные гипотезы, связанные с изучением Вселенной.

В. И. Ленин говорил:

«Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней» *).

В современной астрономии происходит процесс, который с особенной силой еще раньше развернулся в физике. Представления науки о Вселенной становятся все более абстрактными, все менее и менее наглядными, все более трудными для восприятия.

Поэтому автор решил прибегнуть к несколько необычному для научно-популярной литературы приему — к помощи научной фантастики. К числу ее положительных качеств относится способность придавать самым отвлеченным идеям вещественность и наглядность.

С помощью фантастики автор стремится привлечь к некоторым проблемам современной астрономии особое внимание читателей, оживить эти проблемы, сделать их более выпуклыми и тем самым облегчить их восприятие.

Автор надеется, что его замысел найдет отклик у читателя.

*) Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 298.

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ И АСТРОНОМИЯ

Есть немало книг, у которых в заглавии эти два слова стоят рядом: «Занимательная астрономия», «Занимательное в астрономии», «Занимательно об астрономии».

Названия менялись. Развивалась астрономия, возрастал уровень знаний, и то, что вчера казалось удивительным, сегодня становилось не только общеизвестным, но и само собой разумеющимся, изменялось и само представление о занимательности.

Величайшая революция в естествознании на рубеже XIX и XX столетий, появление таких принципиально новых физических теорий, как теория относительности и квантовая механика, не только значительно расширили научные представления о мире, но и во многом изменили стиль научного мышления, подход к изучению явлений природы.

Все чаще совершаются неожиданные открытия, в особенности в физике и астрономии, открытия, которые заставляют во многом пересматривать привычные представления, открывают новые стороны явлений, существенно расширяют и углубляют наши представления о мире.

Разумеется, это вовсе не означает, что наука недалекого будущего начисто опровергнет все наши современные знания. Ожидать чего-либо подобного было бы просто нелепо. Естествознание достигло величайших успехов в познании природы, открыло многие фундаментальные законы, нашедшие немало практических приложений. Это — золотой фонд, который при любых «научных переворотах» сохранит свое значение. Конечно, наука движется вперед, но в этом движении она прежде всего опирается на всю сумму достигнутых знаний. И если даже в науке происходят революции и утверждаются принципиально новые представления, все равно прежние фундаментальные теории входят в них в качестве составных частей и остаются справедливыми для определенного круга явлений и условий.

И все же развитие современной науки во многом связано с необычным. Необычные идеи, идущие вразрез с установившимися взглядами, необычная постановка вопроса, необычный взгляд на обычное, необычный подход к решению той или иной проблемы; сопоставление, казалось бы, несопоставимых вещей; необычный вывод из давно известных данных; наконец, новые факты, противоречащие установившимся, ставшим привычными представлениям.

Противоречивость, парадоксальность...

Заглянем в «Большую советскую энциклопедию». Мы обнаружим, что парадоксом называется какое-либо явление или высказывание, противоречащее общепринятым представлениям или даже здравому смыслу.

Парадоксы бывают разные. Одни из них отражают действительное положение вещей, другие — лишь кажущиеся противоречия. Но так или иначе, парадокс — это прежде всего противоречие.

Одно из действующих лиц известной комедии английского писателя Оскара Уайльда «Идеальный муж», лорд Кавершем, по ходу пьесы много раз повторяет одну и ту же сакраментальную фразу:

— Парадокс? — Терпеть не могу парадоксов!..

Догадаться, почему парадоксы навлекли на себя столь упорную неприязнь почтенного лорда, не так уж трудно. Ведь всякое противоречие неизбежно разрушает привычный строй мыслей, требует, чтобы в нем разобрались... Оскар Уайльд в лице лорда Кавершема высмеял упрямый традиционизм и консервативность мышления известной части английского дворянства, не желавшего утруждать себя раздумьями и предпочитавшего отмахиваться от всего неясного и непривычного.

Между тем отмахнуться от парадоксов не так-то просто, потому что с ними приходится встречаться буквально во всех областях человеческой деятельности.

Существуют, например, занятые парадоксы — рассуждения, противоречащие общепринятому мнению и потому в первый момент вызывающие удивление и поражающие воображение. Разве не парадоксальна, скажем, такая пословица: «Тише едешь — дальше будешь»? И нужны определенные усилия, чтобы понять, какой смысл открывается в этом противоречивом утверждении. А он есть...

Весьма любопытны логические парадоксы — рассуждения вполне строгие, но ведущие к внутренне противो-

речивым выводам, относительно которых никак нельзя сказать, истинны они или ложны,— так называемые софизмы. Софизмы были знакомы еще мудрецам древнегреческой философии.

Один человек заявил: «Все, что я говорю,— ложь!» Но отсюда следует, что он солгал и в данном случае. А это, в свою очередь, означает, что он сказал правду. Но если сказанное этим человеком — правда, значит, он солгал... и т. д.

Или известная притча о том, как собирались казнить одного мудреца. Прежде чем лишить обвиняемого жизни, судья предложил ему произнести последнее слово, пообещав при этом, что, если осужденный скажет правду, его повесят, а если солжет, ему отрубят голову. Недолго думая, мудрец вскричал: «Мне отрубят голову!» И... казнь была отложена. Ведь если бы теперь мудреца повесили, то вышло бы, что он солгал и ему нужно было бы отрубить голову. Но если бы ему отрубили голову, это значило бы, что он сказал правду и его должны были бы повесить...

И в том и в другом случае вполне правильные логические рассуждения, не содержащие никаких ошибок, приводят к внутренне противоречивым результатам, которые нельзя считать ни истинными, ни ложными.

Между прочим, парадокс здесь не в том, что мы вращаемся в заколдованном круге противоречивых утверждений, а в том, что в рамках строгой и безошибочной формальной логики, признающей либо «да», либо «нет», оказываются возможными ситуации, при которых нельзя утверждать ни «да», ни «нет».

Видимо, уже в самих исходных посылках содержатся какие-то принципиальные пороки. Любопытно, что природе этих парадоксов, по существу, не удалось выяснить и до настоящего времени.

Парадоксы играют чрезвычайно важную роль и в развитии науки. Известный советский физик академик Л. И. Мандельштам говорил, что существуют две степени понимания той или иной проблемы. Первая — когда данный круг явлений достаточно хорошо изучен и как будто известно все, что к нему относится. Но если возникает новый вопрос из той же области, то он может поставить в тупик.

И вторая степень понимания — когда появляется общая картина, приходит ясное понимание всех связей, и внутренних, и внешних.

Так вот, весьма часто переход от первой ко второй, более высокой степени понимания связан с разрешением тех или иных парадоксов и противоречий.

Например, известный физик Сади Карно считал в свое время, что в природе имеется постоянное количество теплоты и она лишь перетекает с одного уровня на другой. Но вскоре другой ученый, Джоуль, опытным путем доказал, что теплота может возникать заново, за счет совершения работы. Оба утверждения явно противоречили друг другу. Попытки разрешить это противоречие в конечном счете привели к созданию современной термодинамики — науки о тепловых процессах.

Хорошо известно, что противоречия и парадоксы, оказавшиеся неразрешимыми в рамках классической физики, привели к созданию теории относительности, а позднее — квантовой механики.

С преодолением весьма существенных парадоксов непосредственно связана и разработка современной картины строения Вселенной.

С парадоксальными явлениями столкнулась и современная астрофизика. В последние годы в глубинах Вселенной был обнаружен целый ряд необычных объектов и явлений: реликтовое радиоизлучение, подтвердившее теоретические выводы о том, что наша Метагалактика образовалась в результате взрывного распада сверхплотного сгустка горячей плазмы; квазары, выделяющие огромные количества энергии; источники импульсного излучения — пульсары, оказавшиеся гипотетическими нейтронными звездами; взрывные процессы в ядрах галактик; рентгеновские звезды; радиоизлучение космического гидроксила ОН и многое другое.

Очень может быть, что эти сюрпризы Вселенной — первый сигнал о необходимости «усовершенствования» наших представлений о материи и мироздании, хотя еще слишком рано делать вывод о том, что новые астрономические открытия должны обязательно повлечь за собой очередную революцию в физике.

«Большинство астрофизиков считает, — пишет известный советский физик академик В. Л. Гинзбург, — что возможность объяснить необычные явления во Вселенной, не прибегая к существенно новым представлениям, отнюдь еще не исключена... С другой стороны, ядра галактик и квазары — как раз те объекты, где скорее всего можно подозревать существование отклонений от известных физических законов...»

Противоречия и парадоксы могут играть в науке и более скромную роль, помогая уяснить картину явления, разобраться во всем многообразии внутренних связей того или иного процесса, составить правильное представление о методах научного познания природы.

Итак, полезно взглянуть на некоторые явления окружающего нас мира с необычной стороны, постараться увидеть его не таким, каким он видится нам сквозь призму привычных представлений.

Невольно вспоминаются слова известного американского писателя-фантаста Роберта Шекли:

«...Решительно все можно вывернуть наизнанку и превратить в собственную противоположность. Исходя из такого допущения, можно поиграть во многие занятные игры...» *).

Стоит добавить: не только занятные, но и полезные. И не только астроному, физику или химику, но и любому специалисту, занятому своим творческим делом: писателю, художнику, инженеру и вообще каждому любознательному человеку.

Когда одного известного конструктора спросили, какими качествами должен, по его мнению, обладать хороший инженер, он ответил почти по Шекли: «Настоящий инженер должен не только хорошо понимать то или иное явление, но и уметь вывернуть его наизнанку».

Мало изучить какое-либо явление по учебнику, зазубрить соответствующие законы и запомнить наизусть математические формулы. Надо уметь подойти к явлению с различных сторон, уметь представить себе, что произойдет, если оно будет протекать не совсем обычным образом. И главное — быть готовым к тому, что оно может протекать не так, как мы этого ожидаем.

Выдающийся современный физик Р. Фейнман пишет в своей книге «Характер физических законов»:

«...Один философ сказал: „Для самого существования науки совершенно необходимо, чтобы в одних и тех же условиях всегда получались одни и те же результаты“. Так вот этого не получается. Вы можете точно воспроизвести все условия и все-таки не сможете предсказать, в каком отверстии вы увидите электрон. Тем не менее, несмотря на это, наука жива, хотя в одних и тех же условиях не всегда получаются одни и те же результаты...

*) Шекли Р. Рассказы и повести. — М.: Молодая гвардия, 1968, с. 314.

Поэтому в действительности для самого существования науки совершенно необходимо вот что — светлые умы, не требующие от природы, чтобы она удовлетворяла каким-то заранее предусмотренным условиям...»

Задача настоящей книги — познакомить с необычным в современной астрономии. С одной стороны, это новые факты, необычные с точки зрения прежних традиционных представлений, с другой стороны — рассмотрение известных фактов под необычным углом зрения. Часть книги посвящена оригинальным гипотетическим предположениям, а также некоторым дискуссионным вопросам современной науки о Вселенной.

Современная наука, и астрономия в особенности, смело вторгается в неизвестное. И точно так же, как стирается в наше время грань между отвлеченными теоретическими построениями и практическими применениями, стирается и грань между наукой и фантастикой. С одной стороны, сама современная наука с достаточной терпимостью и вниманием относится к самым ошеломляющим фантастическим гипотезам, с другой, научная фантастика — арена, где можно все же свободнее, чем в «официальной» науке, высказывать и обсуждать самые невероятные идеи, разумеется, если в них есть рациональное зерно. И, может быть, именно это последнее обстоятельство привлекает сегодня в сферу научно-фантастической литературы не только писателей, но и многих профессиональных ученых.

Наконец, научная фантастика делает многие вполне реальные идеи и проблемы более зримыми и выпуклыми, а потому и более доступными для восприятия.

Знакомясь с наиболее острыми проблемами современной науки о Вселенной, мы будем прибегать и к помощи научной фантастики...

Мир, в который вводит эта книга, будет в основном астрономическим. Но у его границ располагаются и другие науки: физика, математика, биология, химия... Тоже одна из характерных особенностей современной науки — обилие пограничных проблем...

Отправляясь в путь, приведем еще одну подходящую к случаю выдержку из рассказа Р. Шекли:

«Вполне возможно, что в искаженном мире с тобой совершенно ничего не случится. Рассчитывать на это неразумно, но столь же неразумно не быть готовым к этому... Возможно, эти замечания об искаженном мире не имеют ничего общего с искаженным миром. Но путешественник предупрежден».

Книга, к чтению которой вы приступаете, отнюдь не является стройным и последовательным изложением современной астрономии или каких-либо ее разделов — занимательным вариантом систематического курса астрономической науки. В ней рассматриваются лишь отдельные вопросы, так или иначе связанные с изучением Вселенной и представляющие интерес с точки зрения того понимания занимательности, о котором говорилось выше.

Автор старался как можно реже прибегать к расчетам и формулам, поскольку главную свою задачу видел в том, чтобы, не претендуя на строгость изложения, постараться раскрыть перед читателем прежде всего качественную сторону явлений и особенности их изучения.

ВСЕ НАЧИНАЕТСЯ... С ОТРИЦАНИЯ

Как ни покажется на первый взгляд странным, добрая половина научных открытий начинается с отрицания. Отрицательное и положительное. Взаимно исключаящие крайности. Но так ли это в действительности? Не рождается ли в некоторых случаях положительное из отрицательного? И, в частности, так ли уж «отрицательна» роль «отрицательного» в науке? Может быть, она скорее «положительна»?

За этой кажущейся игрой слов кроются серьезные вещи.

У любой научной теории есть свои границы, тот круг явлений и условий, которые она достаточно хорошо описывает, — границы ее применимости. Всякая теория неизбежно ограничена и не в состоянии отразить всех явлений бесконечно разнообразной природы. Правда, существует точка зрения, согласно которой все многообразие мировых процессов может быть в принципе описано конечным числом фундаментальных законов. Однако правомерность подобного утверждения вызывает серьезные сомнения. Во всяком случае, оно ничем пока еще не доказано. История естествознания скорее свидетельствует обратное.

Итак, у любой теории, даже самой общей, есть свои границы применимости, и рано или поздно обнаруживаются факты, которые лежат за этими границами, — происходит отрицание привычных представлений. То самое отрицание, с которого начинается созидание — построение новой, более общей теории.

И вовсе не следует представлять себе дело так, будто новая теория начисто отменяет все, что было раньше. На-

оборот, она вбирает в себя уже достигнутое как некий частный, предельный случай. В той области, в которой прежняя теория подтверждена фактами, она полностью сохраняет свое значение. В этом состоит «принцип соответствия» — одно из фундаментальных положений современной физической науки.

Прежняя теория не только не ликвидируется, наоборот, ее авторитет во много раз возрастает. Во-первых, ее положения применяются теперь в более четко очерченных границах, и это увеличивает их надежность. А во-вторых, ее значение подкрепляется не только собственными «заслугами», но и заслугами более общей теории, частным случаем которой она теперь становится...

Следовательно, с появлением новой теории отрицается не прежнее знание, а лишь прежние «заблуждения».

К примеру, в эпоху господства классической физики считалось, что механические закономерности применимы ко всем без исключения явлениям природы. Это было заблуждение. Именно по нему, а вовсе не по механике Ньютона нанесла удар теория относительности. Что же касается самой классической механики, то она оказалась частным случаем теории относительности при скоростях, значительно меньших скорости света, и при не слишком больших массах. Благодаря этому механика не только не утратила своего значения, но, наоборот, стала несравненно достовернее.

Таким образом, существенный прогресс научной теории начинается с отрицания.

Не случайно поиск новых фактов особенно интенсивно ведется именно в таких направлениях, где есть основания надеяться на получение принципиально новой информации.

«...Экспериментаторы усерднее всего ведут поиск там, где вероятнее всего найти опровержение наших теорий,— утверждает Р. Фейнман.— Другими словами, мы стараемся как можно скорее опровергать самих себя, ибо это единственный путь прогресса» *).

А всякому отрицанию неизбежно предшествует сомнение.

«Сомнение — необходимый компонент развивающейся науки,— говорит тот же Р. Фейнман,— одна из предпосылок научного знания: либо мы оставим открытой дверь

*) Фейнман Р. Характер физических законов.— М.: Мир, 1968, с. 173.

нашему сомнению, либо никакого прогресса не будет. Нет познания без вопроса, нет вопроса без сомнения...» *).

Итак: новые факты — сомнения — отрицание привычных представлений — разработка более общих, чем прежде, теоретических представлений — такова столбовая дорога научного прогресса. И отрицание на этой дороге — одна из первых узловых станций.

Таким образом, новые факты, противоречащие существующим представлениям, в конечном счете играют не разрушающую, а, наоборот, созидательную роль: они ведут к обобщению и углублению этих представлений.

Астрономическая наука последних десятилетий особенно богата открытиями новых фактов. И этим она прежде всего обязана усовершенствованию телескопов и появлению новых эффективных методов исследования Вселенной: радиоастрономии, инфракрасной, ультрафиолетовой, рентгеновской и гамма-астрономии, а также развитию полетов в космос и применению различных космических аппаратов для астрономических наблюдений.

Немаловажную роль играет и то обстоятельство, что космос на наших глазах становится поставщиком весьма ценной научной информации, значение которой далеко выходит за рамки чисто астрономических интересов.

В необъятных просторах Вселенной протекают такие процессы, которые на Земле не происходят и которые мы поэтому еще не знаем. Бесчисленные формы существования материи, неизвестные человеку источники энергии, необычные физические условия...

Современная физика достигла такого уровня развития, когда чуть ли не каждый новый шаг вперед требует весьма сложных и тонких экспериментов, для осуществления которых приходится создавать все более мощные и грандиозные установки. Их строительство занимает годы и требует значительных затрат. Но дело даже не только в этом. Как правило, современные экспериментальные физические исследования так или иначе представляют собой в большинстве случаев опытную проверку тех или иных выводов теории. Возможностей натолкнуться в эксперименте на какое-то непредвиденное, совершенно неожиданное явление с каждым годом остается все меньше. Времена «свободного» экспериментального физического поиска, как это было в «добрую» старую классическую эпоху, практически давным-давно миновали.

*) Журнал «Вопросы философии», 1968, № 12, с. 157..

Другое дело — поиск в бесконечно разнообразной лаборатории Вселенной, где всегда есть возможность обнаружить что-либо неизвестное. Хотя, разумеется, и здесь многое зависит и от технических средств (еще не все космические явления мы можем наблюдать), и от теоретических предпосылок (можно наблюдать нечто оригинальное и не обратить внимания).

Конечно, не следует думать, что на Земле физикам уже больше нечего делать и остается только одно — направить свои усилия на изучение космических явлений. Земная и космическая физика должны дополнять друг друга. Но, во всяком случае, на данном этапе развития естественных наук Вселенная в ближайшем будущем может стать очень важным поставщиком ценнейшей информации, которая способна значительно расширить наши представления о физике мироздания.

Но добывать новые факты в лаборатории Вселенной далеко не просто. Прежде всего, потому, что космические объекты находятся на огромных расстояниях от Земли. Есть и другие трудности.

«ЧЕРНЫЕ ЯЩИКИ» В КОСМОСЕ

В кибернетике рассматривается такая задача. Есть некоторый объект, внутреннее устройство которого нам неизвестно. Его называют «черным ящиком». Но у этого объекта имеются «входы» и «выходы». На «входы» поступают внешние воздействия, объект отвечает на них определенными реакциями.

Задача состоит в том, чтобы, не «вскрывая» черного ящика, только по характеру входных и выходных сигналов составить представление о его внутреннем устройстве.

Представьте себе, что вы не знаете ни конструкции, ни принципа действия вашего радиоприемника. Известно лишь, что на его «вход» поступают электрические сигналы с антенны, а на «выходе», в динамике, мы слышим звук: голос, музыку, пение. И по этим «входным» и «выходным» данным необходимо составить представление о конструкции черного ящика — радиоприемника.

В принципе существуют два пути решения задачи. Можно регистрировать поступающие от антенны сигналы и сравнивать их с тем, что происходит на «выходе». Это — путь наблюдений. Но есть и другая возможность, более активная. Самим подавать на «вход» различные сигналы и наблюдать, что произойдет на «выходе».

Очевидно, второй путь более эффективен; в частности, он открывает возможность оперативной проверки возникающих гипотез и предположений относительно «конструкции» черного ящика. Изучив закономерности, связывающие между собой входные и выходные сигналы, можно, в принципе, построить модель, достаточно точно отражающую устройство черного ящика. Астрофизики решают аналогичные задачи. Большинство космических объектов — черные ящики, внутреннее строение которых, т. е. происходящие в них физические процессы, можно изучать лишь по внешним проявлениям.

Однако положение астрономов осложняется, по меньшей мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, они лишены возможности экспериментировать, а могут лишь наблюдать. Во-вторых, большинство космических черных ящиков — это ящики, у которых нет «входов»:

Во всяком случае, эти «входы» в настоящее время нам неизвестны. Например, мы не знаем таких внешних воздействий, которые могли бы изменить течение физических процессов на Солнце. Есть, правда, экстравагантная гипотеза, принадлежащая Э. Броуну, гипотеза, согласно которой периодические колебания солнечной деятельности связаны с приливными возмущениями со стороны планет. Однако пока это всего лишь предположение...

Впрочем, среди космических объектов имеются и такие, для которых внешние воздействия играют существенную роль. В частности, любопытные явления были обнаружены в так называемых двойных системах, состоящих из двух звезд, обращающихся вокруг общего центра масс. Если одна из этих звезд достаточно массивная и обладает мощным гравитационным полем, то на нее, согласно выводам современной астрофизики, должно перетекать вещество второй, «нормальной» звезды. Подобный процесс может играть роль «входного» сигнала, заметно влияющего на состояние массивной звезды.

Есть определенные «входы» и у таких небесных тел, как планеты и кометы. Для планет это, к примеру, воздействие солнечной активности, а для комет — теплового и светового излучения Солнца, солнечного ветра, а также притяжения планет-гигантов.

Но при изучении Солнца у современных астрономов практически есть лишь одна реальная возможность: регистрировать явления, которые происходят в его внешних слоях. Это и есть «выходы» солнечного черного ящика.

НЕ ВЕРЬ ГЛАЗАМ СВОИМ

Другая трудность, с которой сталкиваются исследователи Вселенной при поиске новых фактов, характерна не только для астрономии, но и для таких наук, как, скажем, физика и математика. Речь идет о соотношении между нашими наглядными представлениями и реальной действительностью.

Весь опыт познания природы и, в частности, история астрономии убедительно доказывают, что «наглядность» — весьма ненадежный советчик при решении научных вопросов. Например, философы древности рассуждали так. Представим себе, что у Вселенной есть край и человек достиг этого края. Однако стоит ему только вытянуть руку — и она окажется за границей Вселенной. Но тем самым рамки материального мира раздвинутся еще на некоторое расстояние. Тогда можно будет приблизиться к новой границе и повторить ту же самую операцию еще раз. И так без конца... Значит, Вселенная бесконечна.

«Нет никакого конца ни с одной стороны у Вселенной, ибо иначе края непременно она бы имела», — писал Лукреций Кар в своей поэме «О природе вещей».

Но, к сожалению, подобные рассуждения не могут служить основанием для серьезных научных выводов. Мы многое не можем себе представить, но это само по себе еще ничего не доказывает. Рассуждение же Лукреция, хотя внешне и логично, на самом деле как раз опирается на наши привычные земные представления, молчаливо предполагая, что они справедливы везде и всегда.

Можно вспомнить хотя бы о тех возражениях, которые вызывала в свое время идея кругосветного путешествия, выдвинутая Магелланом. Его противники апеллировали именно к наглядности. «Как можно, — восклицали они, — двигаясь все время по прямой в одном направлении, вернуться в ту же точку?» Возможность такого результата противоречила общепринятым житейским представлениям. Но, как известно, действительность подтвердила предположения Магеллана.

Аналогичные возражения встречала идея антиподов: если Земля шарообразна, то как могут люди жить на другой ее стороне? — Ведь им приходится ходить вниз головой...

При астрономических же наблюдениях наглядность отказывает буквально на каждом шагу. Ежедневно мы видим, например, как в дневное время Солнце, а ночью

Луна и звезды перемещаются по небу с востока на запад. Зрительно нам кажется, что Земля неподвижна, а небесные светила вращаются вокруг нее. Так и думали люди в древности, принимая это кажущееся движение за действительное. Сегодня же любому школьнику известно, что видимое суточное перемещение небесных светил — всего лишь отражение собственного вращения Земли.

Весьма замысловаты и видимые перемещения планет среди звезд, происходящие за длительные промежутки времени. Планеты то движутся с запада на восток, то вдруг останавливаются и начинают движение в обратном направлении — к западу. А затем, описав на небе своеобразную петлю, вновь устремляются к востоку.

В действительности же, петлеобразное движение планет — это движение кажущееся, иллюзорное. Оно возникает вследствие того, что мы наблюдаем за планетами с Земли, которая сама обращается вокруг Солнца. Коперник не только понял природу этого явления, но и ввел в естествознание важнейший методологический принцип: мир может быть не таким, каким мы его непосредственно наблюдаем. И поэтому задача науки состоит в том, чтобы выяснять подлинную сущность явлений, скрытую за их внешней видимостью.

Этот принцип не только лег в основу гелиоцентрической системы мира, разработанной Коперником, но и по существу стал фундаментом всего современного естествознания.

Еще один пример, наглядно иллюстрирующий принцип Коперника. Солнце представляется нам на небе сравнительно небольшим диском, почти таким же, как диск Луны. Однако и это всего лишь иллюзия — результат того, что Солнце расположено в 400 раз дальше от Земли, чем наше ночное светило. Если бы мы наблюдали Солнце с орбиты Плутона, самой далекой планеты Солнечной системы, оно показалось бы нам точкой.

А звезды? Мы видим их точками даже при наблюдении в самые мощные телескопы. А среди них есть гиганты, в миллионы и миллиарды раз превосходящие Солнце по своим объемам. Все дело в огромных расстояниях.

Расстояния привносят свои коррективы и в наблюдаемые нами яркости звезд. Одни звезды представляются более яркими, другие — менее яркими. Но само по себе это еще ничего не говорит о количестве света, которое они действительно излучают. Приведем пример. Вот четыре всем известные звезды: Солнце — самая яркая наша

звезда, Сириус — ярчайшая звезда ночного неба, звезда Вега из созвездия Лиры (в 4 раза слабее Сириуса) и Полярная звезда — самая слабая из этих четырех светил (в 6 раз слабее Веги).

Но если бы мы могли расположить эти четыре звезды на одинаковом расстоянии от Земли, то нам пришлось

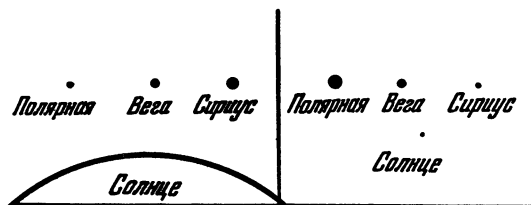


Рис. 1. Зависимость видимой яркости звезд от расстояния.

бы произвести полную «переоценку ценностей». На первое место вышла бы Полярная звезда, Вега и Сириус поменялись бы местами, а Солнце оказалось бы в самом конце...

И вообще внешний вид небесного светила может быть довольно обманчивым. Вот хотя бы Луна. Поэты издавна величают нашу космическую спутницу серебристой. В ясные ночи в период полнолуния земные предметы отбрасывают в лучах Луны вполне четкие тени...

В действительности же лунная поверхность отражает всего около семи процентов падающего на нее солнечного света.

В обычных земных условиях предмет, который отражает меньше одной десятой части световых лучей, мы называем черным или, во всяком случае, темно-серым.

И действительно, лунная поверхность — темная. Об этом свидетельствуют телевизионные изображения, переданные с Луны советскими и американскими автоматическими станциями. Это подтверждают и наблюдения американских космонавтов.

Впрочем, справедливость требует отметить, что не все лунные породы черные. Есть и желтые, и коричневые. Кроме того, цвет лунной поверхности во многом зависит от угла падения солнечных лучей. Кстати сказать, объективно измеренный цвет Луны — темно-желтый.

Почему же при всем этом Луна на земном небе кажется нам ярким светилом? Только по контрасту с окружающим черным фоном ночного неба...

И еще одна астрономическая иллюзия. Каждый, разумеется, не раз наблюдал на небе красавицу Венеру, утреннюю или вечернюю «звезду». Ярко сияющей точкой видна она на восходе или на закате... Но посмотрим на Венеру в телескоп. Чаше всего мы увидим серпик, напоминающий лунный «месяц»...

Однако иначе и быть не может. Ведь в пору своей видимости Венера располагается в стороне от линии, соединяющей Землю с нашим дневным светилом. И поэтому мы ни при каких обстоятельствах не можем увидеть всю освещенную Солнцем половину планеты. Это возможно лишь в том случае, когда Венера находится по другую сторону от Солнца. Но тогда она теряется в его ярких лучах и мы ее вообще не можем наблюдать.

Венера кажется нам звездообразной только благодаря тому, что из-за дальности расстояния наш глаз не способен различать действительные очертания венерианского серпика.

Обман зрения может возникать и при телескопических наблюдениях. Один из самых ярких примеров — знаменитая история открытия каналов Марса. В 1877 г. во время очередного сближения Марса и Земли итальянский астроном Скиапарелли, направив на Марс свой телескоп, обнаружил на поверхности этой планеты тонкую сетку линий, пересекающих ее в различных направлениях. Так родилась загадка марсианских каналов, породившая множество фантастических гипотез о высокой цивилизации, будто бы существующей на таинственной красноватой планете.

Однако многие астрономы утверждали, что никаких каналов на Марсе нет, что пресловутые каналы — всего лишь оптическая иллюзия, возникающая при телескопических наблюдениях. В действительности, говорили они, на поверхности планеты имеется большое количество разрозненных деталей. Но благодаря огромному расстоянию они сливаются для нашего глаза в сплошные линии...

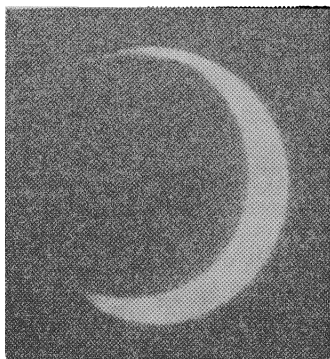


Рис. 2. Фотография планеты Венера.

Нечто подобное мы наблюдаем, глядя на экран телевизора. Как известно, телевизионная картинка состоит из нескольких сотен строчек, которые прочерчивает одну за другой электронный луч. Если подойти близко к телевизору, в особенности к телевизору с большим экраном, то эти строчки отчетливо видны. Но стоит удалиться от экрана на достаточное расстояние, и наш глаз перестает различать отдельные строки — они сливаются в сплошное, непрерывное изображение.

Пытаясь доказать, что каналы Марса — обман зрения, некоторые ученые ставили любопытные эксперименты. Они собирали в достаточно большой аудитории людей, которые ничего не слышали ни о Марсе, ни о проблеме марсианских каналов, и вывешивали перед ними на стене специальные рисунки, на которых были беспорядочно разбросаны всевозможные пятна и точки. Затем присутствующих просили перерисовать эти изображения.

Результаты подобных опытов оказались весьма убедительными. Испытуемые, сидевшие в первых рядах и хорошо видевшие оригинал, достаточно точно воспроизводили его без каких бы то ни было добавлений. Но те, кто сидел подальше, изображали линии, которых не было на оригинале, — изображали потому, что не могли на большом расстоянии четко различать отдельные детали, которые казались им сплошными линиями.

Время показало, что результаты подобных экспериментов верно отражали истинное положение вещей. Космические аппараты, передавшие телевизионные изображения марсианской поверхности с близкого расстояния, никаких каналов на этой планете не обнаружили. А в тех самых местах, где на обычных астрономических изображениях Марса «каналы» были видны на поверхности планеты, оказались цепочки небольших кратеров и других мелких деталей.

Нередко неопределенности при астрономических исследованиях возникают в связи с тем, что далеко не всегда удается уверенно определять расстояния до тех или иных космических объектов. Объекты, расположенные в одном и том же месте небесной сферы, на самом деле могут находиться на существенно разных расстояниях от Земли, а следовательно, и друг от друга.

Несколько лет назад американские астрономы сообщили о том, что в центральной части нашей звездной системы Галактики ими обнаружены обособленные плотные сгущения газа. Характер движения этих сгущений

можно было истолковать как свидетельство того, что в центре Галактики находится компактное массивное тело. Однако последующие наблюдения, проведенные на крупнейшем советском радиотелескопе РАТАН-600, показали, что сгущения, о которых идет речь, скорее всего не принадлежат нашей Галактике, а лишь случайно проецируются на ее центральную часть.

И еще одно обстоятельство, способное породить неопределенности: различные физические процессы в космосе могут генерировать электромагнитные излучения, обладающие приблизительно одинаковыми свойствами.

Вероятно, можно было бы привести еще немало примеров и соображений, показывающих, что исследователи Вселенной не имеют права ни доверять непосредственным впечатлениям, ни делать скоропалительные выводы. Особенно в тех случаях, когда изучаются сложные и неясные космические процессы.

Дело в том, что между физическим процессом, протекающим где-либо во Вселенной, и выводами ученых, наблюдающих этот процесс с Земли, лежит цепочка из очень многих звеньев. И при переходе от каждого из них к последующему возможны неточности и неправильные умозаключения. А проверить что-либо непосредственно так, как это делается, скажем, в физике или биологии, — возможности нет.

Кроме того, показание любого измерительного прибора, применяемого при астрономических исследованиях, — отклонение стрелки или почернение фотопластинки — само по себе еще не является научным фактом. Чтобы показание прибора стало таким фактом, оно должно быть соответствующим образом истолковано, интерпретировано. А такая интерпретация может быть осуществлена лишь в рамках определенной научной теории.

«Эксперимент никогда не имеет характера простого факта, который можно констатировать, — подчеркивал известный физик Луи де Бройль. — В изложении этого результата всегда содержится некоторая доля истолкования, следовательно, к факту всегда примешаны теоретические представления» *).

И если в какой-либо области науки имеются в данный момент конкурирующие теоретические концепции, то одни и те же наблюдательные или экспериментальные данные могут получить с точки зрения этих концепций совер-

*) Луи де Бройль. По тропам науки. — М.: 1962, с. 162.

шенно различные истолкования. Для того, чтобы заключения о природе того или иного космического явления были в достаточной степени надежны, необходимо рассматривать это явление под разными углами зрения, изучать его независимыми методами и полученные результаты сопоставлять между собой.

Впрочем, все это, разумеется, относится не только к астрономии, но и к любым другим наукам. Разница лишь в том, что для астронома этот вопрос, пожалуй, имеет особое значение. Ведь на протяжении столетий главным инструментом исследования небес был глаз — глаз наблюдателя. Он был источником всех сведений, и многое зависело от того, доверять ему безраздельно или относиться к полученной с его помощью информации в достаточной степени критически.

И АСТРОНОМЫ ОШИБАЮТСЯ

Верно оценивать факты и делать на их основе правильные выводы астрономам мешает не только общечеловеческое доверие к наглядности, но иной раз и самые обычные ошибки. Ни одна наука, даже такая точная, как математика, к сожалению, не обходится без ошибок. Досадные недосмотры и незамеченные опечатки со временем обнаруживаются почти в каждом научном труде. Говорят, один ученый задался целью подытожить ошибки, допущенные авторами нескольких десятков математических книг. Он написал по этому поводу солидный труд, но, как выяснилось, и сам допустил в нем несколько сотен ошибок.

Впрочем, ошибки бывают разные. Иногда — это результат небрежности, чаще — следствие ограниченности знаний, недостаточной изученности того или иного вопроса. Бывают и ошибки неожиданные, которые трудно предвидеть заранее и которые не так-то просто обнаружить.

Впрочем, и ошибки, если их выявить вовремя и как следует разобраться в причинах, тоже поучительны...

Несколько лет назад астрономический мир облетело любопытное сообщение: французские ученые на обсерватории Верхний Прованс обнаружили в спектре карликовой звезды HD 117042 линии излучения нейтрального калия... До этого в спектрах подобных звезд калия никто не наблюдал. Да и на последующих спектрограммах той же звезды ничего подобного не повторялось.

Однако спустя два года загадочная «калиевая вспышка» была отмечена еще у одной карликовой звезды — HD 88230.

Заинтригованные астрономы приступили к систематическим поискам. Увы, безуспешно. Возможно, дело на том бы и закончилось, если бы в 1965 г. не обнаружилась еще одна калиевая вспышка у третьей звезды.

В воздухе запахло сенсацией. Ведь на этот раз речь шла о звезде, у которой поверхностная температура составляла около 12 тысяч градусов. Как мог при такой громадной температуре сохраниться калий в нейтральном состоянии?

Загадочным казалось и то, что у всех трех звезд калиевая вспышка наблюдалась только по одному разу. На спектрограммах, полученных спустя всего лишь несколько часов, никаких следов таинственного калия не было и в помине. Но как мог состав атмосферы звезды так измениться за столь короткий срок? Тем более, что линия калия при «вспышке» была весьма широкой и интенсивной.

И вдруг три калифорнийских астронома сообщили о том, что ими найдено совершенно неожиданное решение проблемы. Загадочные линии калия на спектрограммах, утверждали они, — это не какие-то «призраки» и не «фотоиллюзии» как на снимках пресловутых «летающих тарелок», а вполне добропорядочные линии абсолютно реального калия. Только находился этот калий не на далеких звездах, а совсем рядом — в помещении самой обсерватории, через которое проходил луч света от звезды. И входил он не в состав звездных атмосфер, а в состав самой обыкновенной спички. Да, стоило во время наблюдений зажечь рядом с телескопом спичку, как на спектрограмме появлялся калий. Американские ученые проверили это многократными исследованиями. Так в истории астрономии появилась «спичечная гипотеза»...

Впрочем, может быть, калифорнийские исследователи тоже ошибаются? Ведь из трех наблюдателей, зарегистрировавших таинственные «калиевые вспышки», курильщиков было только двое...

Еще один пример. Изучая спектральными методами химический состав спутника Сатурна Титана — единственного в Солнечной системе спутника, обладающего газовой оболочкой, астрономы пришли к заключению, что она состоит главным образом из метана. На этом основании высказывались даже смелые предположения о возможности существования на Титане органической жизни.

Однако приборы, установленные на борту межпланетной автоматической станции «Вояджер-1», побывавшей в районе Сатурна в ноябре 1980 г., показали иное. Оказалось, что атмосфера Титана на 93% состоит из азота, а содержание метана не превосходит 1%.

Как же могли астрономы столь сильно ошибиться? Злую шутку с учеными сыграло строение атмосферы Титана. Хотя поперечник Титана равен всего приблизительно 5 тыс. км, т. е. в $2\frac{1}{2}$ раза меньше поперечника Земли, толща его атмосферы примерно в 10 раз превышает толщу атмосферной оболочки нашей планеты. А метан, как выяснилось, сконцентрирован в основном в самых верхних ее слоях. Эта «метановая маска» и скрывала истинное положение вещей, создавая превратное представление о составе всей атмосферной оболочки.

ВОПРЕКИ ЗДРАВОМУ СМЫСЛУ?

Пока что речь у нас шла о наглядности в более простом и непосредственном значении этого слова: «не верь глазам своим», а точнее: «проверяй и перепроверяй то, что видишь». Но этим проблема наглядности в науке отнюдь не исчерпывается. Есть у нее и другая сторона. Является ли наглядность необходимым условием справедливости того или иного научного вывода? Другими словами: если то или иное научное положение верно отражает реальный мир, значит ли это, что мы обязательно можем себе наглядно представить все, что с ним связано, да еще так, чтобы эти представления не противоречили нашему здравому смыслу?

Прежде всего — что такое «здравый смысл»? Мы уже говорили о том, что реальный мир всегда значительно богаче и разнообразнее, чем наши научные представления о нем. Как бы далеко мы ни продвинулись в своих исследованиях, в наших знаниях всегда будут определенные пробелы. Любые научные теории, как мы уже отмечали, имеют определенные границы применимости. Но где именно проходят эти границы, заранее обычно неизвестно. Вполне естественно, что попытки применить существующие представления за границами их применимости неизбежно приводят к неверным результатам. Однако до поры до времени подобные результаты принимаются за истину. Так рождаются заблуждения.

Это и есть «здравый смысл» данной исторической эпохи — «знания плюс заблуждения, принимаемые за знания».

И, как ни парадоксально, такие заблуждения не только неизбежны, но и необходимы. Знанием, в котором есть явные пробелы, трудно пользоваться, оно не дает целостной картины изучаемых явлений. Эти пробелы и заполняются, до поры до времени, заблуждениями.

Таким образом, заблуждение — это своеобразное «временное знание», а точнее, «незнание, принимаемое за знание».

Разумеется, следует различать здравый смысл в житейском понимании как обобщение практического опыта человечества и здравый смысл, который определяется уровнем научных знаний.

Из чего складывался, к примеру, здравый смысл эпохи, когда возникла и утвердилась первая система мира — система Аристотеля — Птолемея? Чем располагала в те времена наука? Наблюдениями неподвижных звезд, точного вращения небесной сферы и годовых петлеобразных движений планет. Это было знание. Но его не хватало для объяснения причин наблюдаемого и построения логически завершенной картины мира.

В результате видимое с Земли движение небесных тел было незаконно распространено и возведено в ранг всеобщей истины. Так возникло одно из самых великих и устойчивых заблуждений в истории человечества — представление о центральном положении Земли во Вселенной.

Но зато с помощью этого заблуждения удалось построить стройную модель мироздания, не только объяснявшую с единой точки зрения характер наблюдаемых перемещений небесных светил, но и позволявшую с точностью, вполне достаточной для тех времен, предвычислять будущие положения планет среди звезд.

Как мы теперь знаем, система мира Аристотеля — Птолемея и то соотношение между знанием и заблуждениями, которое она определила, были лишь одним из этапов познания природы. Но переход к следующему очередному этапу потребовал не только титанических усилий со стороны передовых умов человечества, но и преодоления жесточайшего сопротивления. И речь в данном случае идет не о сопротивлении со стороны церкви, для которой система Аристотеля — Птолемея была признанной единственной картиной мира, а о сопротивлении со стороны здравого смысла эпохи. Того самого здравого смысла, который, возводя привычные заблуждения в ранг знания, заставляет принимать новое знание за заблуждения...

Но в конце концов новое знание все же торжествует. Как известно, на смену системе Аристотеля — Птолемея пришло учение Коперника. С прежним заблуждением — геоцентризмом было покончено навсегда. Но и система Коперника, в свою очередь, содержала целый ряд заблуждений. Ее автор считал, что все планеты обращаются вокруг Солнца строго по окружностям и с постоянными угловыми скоростями. Коперник полагал также, что Вселенная ограничена сферой неподвижных звезд.

Следующим шагом в познании мира явилось открытие Кеплером законов обращения планет вокруг Солнца. Кеплер показал, что планеты в действительности движутся по эллипсам и с переменной скоростью. Но в поисках причин этого движения Кеплер исходил из распространённого в то время заблуждения, что для поддержания равномерного прямолинейного движения необходимо постоянное действие силы. И он искал в Солнечной системе силу, «подталкивающую» планеты и не дающую им остановиться.

Вскоре и с этим заблуждением было покончено: Галилей открыл принцип инерции, а Ньютон — основные законы движения и закон всемирного тяготения. Эти открытия не только окончательно прояснили закономерности Солнечной системы, но и разрушили представления о сфере неподвижных звезд.

• Классическая физика пришла к выводу, что все тела Вселенной существуют и движутся в бесконечном и безграничном пространстве.

Однако, в свою очередь, классическая физика Ньютона принесла с собой новое величайшее заблуждение: твердую уверенность в том, что все без исключения явления природы сводятся к чисто механическим процессам. Мы уже не говорим о таких «частных» заблуждениях, как «абсолютное пространство», «абсолютное время» и т. п.

Все вопросы мироздания представлялись с точки зрения классической физики вполне ясными и решенными бесповоротно и окончательно, как, впрочем, и почти все другие проблемы. Но и на этот раз достигнутая ясность оказался обманчивой, а истина — куда более сложной, чем считалось во времена Ньютона.

Открытая в начале текущего столетия Эйнштейном теория относительности перевернула успешные уже стать привычными ньютоновские представления о пространстве и геометрических свойствах Вселенной. При этом одной из главных заслуг Эйнштейна явилось установление глу-

бокой органической связи между свойствами материи и геометрией пространства.

Новая очередная трансформация здравого смысла науки была довольно метко отражена в стихотворной форме:

Был этот мир глубокой тьмой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон.
Но сатана недолго ждал реванша:
Пришел Эйнштейн — и стало все, как раньше.

Любопытно, что первое и второе двустихия принадлежат разным авторам и написаны с интервалом около 200 лет.

Разумеется, здесь верно лишь то, что от классических представлений о пространстве пришлось отказаться. Но это вовсе не означает, что теория относительности вернула науку к доньютоновским, аристотелевским временам. Новая физика явилась необычайно важным шагом к еще более глубокому пониманию строения окружающего нас мира...

И этот процесс изменения здравого смысла продолжается и сегодня и будет продолжаться и впредь... Потому что и наши современные знания о Вселенной отнюдь не являются истиной в последней инстанции.

Итак, здравый смысл в науке — явление относительное, временное, соответствующее уровню знаний данной эпохи. Поэтому ученым в их борьбе за все более глубокое познание мира приходится вести неизбежное сражение и с привычными представлениями, привычным здравым смыслом.

Что же касается наглядности, то чем дальше развивается наука, в особенности физика и астрономия, тем в большей степени мы отказываемся от всего того, что можно зримо себе представить. Это может не нравиться, даже раздражать, но от этого никуда не уйти.

Станный мир современной физики! Это новый мир, в котором очень многое трудно и даже невозможно наглядно себе представить,— мир не только современной физики, но и современной астрономии. Наука уже вступила на его извилистые и крутые дороги.

И следя за новыми поразительными открытиями, против которых нередко восстает наш здравый смысл, поскольку они не укладываются в привычные представления, мы никогда не должны забывать о том, что всякий здравый смысл неизбежно включает в себя и заблуждения.

ОТ ТЕОРИИ К ТЕОРИИ

Как мы уже говорили, появление принципиально новых фактов, необъяснимых в рамках существующей теории, ведет к разработке теории более общей, которая «вбирает в себя» и прежние представления.

Как отмечает советский космолог А. Л. Зельманов, если в процессе познания оказывается, что какая-то

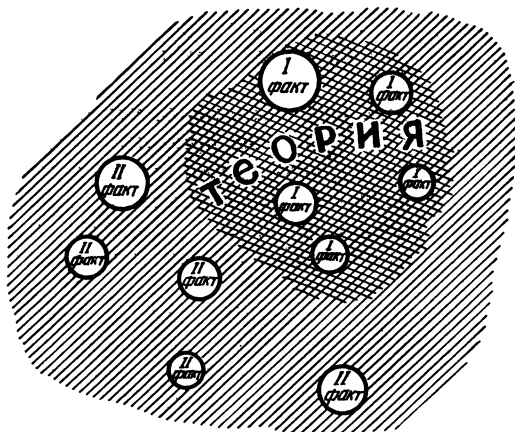


Рис. 3. Развитие познания от частной теории к общей.

группа закономерностей может быть выведена из закономерностей более общих, то это отнюдь не означает, что первые целиком сводятся ко вторым. У них имеется своя специфика. Другими словами, «выводимость» еще не есть простая «сводимость». Соотношение между частными и общими теориями значительно сложнее.

Представим себе, что у нас есть две физические теории, из которых одна частная, другая более общая. Тогда область применимости частной теории лежит внутри области применимости общей. У этих теорий разные уравнения. И дело не только в том, что уравнения общей теории точнее. Если взять совокупности всех физических величин, входящих в те и другие уравнения, то окажется, что они неодинаковы. Есть некоторые величины, общие для обеих теорий. Но есть и разные — в уравнениях общей теории одни, в уравнениях частной другие.

Появление новых величин в более общей теории связано с применением новых понятий. При переходе от частной теории к общей выясняется, что с а м и п о н я т и я

частной теории (именно понятия, а не уравнения) являются приближенными, отражают реальный мир лишь с определенной степенью точности. Новые понятия, применяемые в более общей теории, являются более точными.

Таким образом, при переходе от частной теории к общей происходит то, что называется ломкой понятий. Именно поэтому частная и общая теории качественно отличаются друг от друга.

Каким же образом в таком случае одна из них может быть частным случаем другой, вытекать из нее? Уравнения более общей физической теории содержат на одну мировую константу больше. Таких констант в настоящее время известно три: постоянная тяготения, так называемый квант действия, или постоянная Планка, и скорость света (обычно используется величина, обратная скорости света).

Так, например, уравнения классической механики Ньютона вообще не содержат мировых констант, а уравнения квантовой механики, частным случаем которой является механика Ньютона, содержат постоянную Планка.

Для того чтобы из общей теории получить частную, необходимо соответствующим образом преобразовать уравнения и перейти к пределу при стремлении «лишней» константы к нулю. Уравнения, которые мы получим в результате такого предельного перехода, будут не эквивалентны исходным. Те и другие качественно отличны друг от друга, в них входят разные величины, они имеют разный смысл.

Поэтому, если бы мы располагали только уравнениями частной теории и захотели провести обратную операцию, т. е. по уравнениям частной теории восстановить уравнения общей, нам не удалось бы этого сделать, так как по виду уравнений частной теории нельзя догадаться, какими должны быть уравнения общей теории. Для этого необходимы соображения более высокого порядка, например философские. Это утверждение, разумеется, не следует понимать в том смысле, что непосредственно из философских соображений можно выводить уравнения или получать другие конкретные физические результаты. Но философские принципы помогают определять наиболее перспективные пути развития науки, осуществлять выбор между различными возможными вариантами новых теорий.

Исторически переход от частной теории к общей — это революция, требующая принципиально новых, иногда «сумасшедших» идей, выработки новых понятий.

В качестве примера можно привести ньютонову теорию тяготения и общую теорию относительности. Первая оперирует евклидовым пространством и независимым от него временем; вторая рассматривает пространственно-временной континуум, обладающий неевклидовыми свойствами. Переход к этим принципиально новым понятиям явился революционным сдвигом в науке о тяготении.

Таким образом, частная и более общая теории являются качественно различными. И было бы точнее называть частную теорию не частным, а предельным случаем общей теории.

СЕМЬЯ СОЛНЦА

ЗЕМЛЯ И МАЯТНИК

История науки знает немало проблем, решение которых потребовало многовекового труда передовых умов человечества и длительной борьбы с ложными представлениями. Ясность достигалась ценою невероятных усилий. Но во многих случаях впоследствии точно такие же результаты удавалось получить либо гораздо более простыми средствами, либо в качестве довольно элементарных следствий новейших открытий и достижений.

К числу таких проблем относится и вопрос о вращении Земли вокруг собственной оси. То обстоятельство, что людям долгое время не удавалось доказать, что они живут на вращающейся планете, не так тривиально, как может показаться на первый взгляд.

Вообще говоря, во вращающихся системах можно обнаружить ускорения, связанные с вращением (так называемые кориолисовы ускорения). Именно эти ускорения вызывают, например, подмыв правых берегов рек в северном полушарии Земли и левых — в южном.

Но, во-первых, кориолисовы ускорения проявляются только при перемещении тел, а во-вторых, они служат лишь косвенным свидетельством вращения нашей планеты.

Гораздо убедительнее такие явления, которые позволяют обнаруживать не ускорения, а сам факт вращения планеты. Бесспорным признаком суточного вращения Земли могло бы явиться видимое суточное движение Солнца по небу, а также смена дня и ночи. Но, к сожалению, такую же картину мы наблюдали бы и в том случае, если бы Земля была неподвижна, а небесные светила, в том числе и Солнце, «обходили» вокруг нее.

О вращении других небесных тел судить на основе непосредственных наблюдений можно. Так, вращение Солнца можно обнаружить, например, по перемещению

солнечных пятен, вращение планеты Марс — по смещению деталей, видимых на ее поверхности. Свою же планету, Землю, люди не могли наблюдать со стороны.

Наглядным и убедительным доказательством вращения Земли явился опыт Фуко с качающимся маятником.

Маятник, т. е. груз, подвешенный на нити, — один из самых простых по устройству и в то же время самых замечательных приборов. Физическая сущность опыта с маятником состоит в следующем. Силы, действующие на качающийся маятник, сила земного притяжения и сила натяжения нити, лежат в одной плоскости — в плоскости его качаний. Поэтому приведенный в движение свободно подвешенный маятник будет все время качаться в одной и той же плоскости. Физики формулируют это свойство маятника так: «Плоскость качаний маятника сохраняет неизменное положение в пространстве».

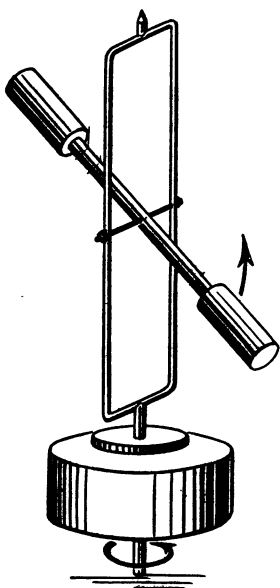


Рис. 4. Маятник Пошехонова.

Доказательство вращения Земли с помощью качающегося маятника общеизвестно, и мы не будем его напоминать. Заметим только, что этот опыт обладает одним существенным недостатком. Чтобы надежно обнаружить поворот плоскости качания маятника вследствие вращения Земли, нужно довольно длительное время.

В начале пятидесятих годов нашего века советским инженером Пошехоновым был предложен оригинальный прибор для доказательства суточного вращения нашей планеты. По существу это тоже маятник, но особого типа, а само доказательство основано на совершенно ином принципе.

Представьте себе вертикально расположенную рамку, установленную на подставке и способную вращаться относительно нее вокруг вертикальной оси. В центре рамки на горизонтальной оси укреплен свободно вращающийся штанг с грузиками на концах. Вот и весь прибор. Как же он работает? Действие этого своеобразного маятника основано на законе сохранения момента количества движения.

Момент количества движения — это произведение массы данного тела m на его линейную скорость V и на расстояние R от оси вращения. Но линейная скорость равна произведению R на угловую скорость ω ($V = R\omega$).

Итак, $N = m\omega R^2$, где m — величина постоянная.

Теперь допустим, что радиус R уменьшается, т. е. тело приближается к оси вращения. Так как m постоянна, то для того, чтобы произведение ωR^2 не изменилось, должна соответственно увеличиться ω .

Другими словами: с приближением вращающихся масс к оси вращения угловая скорость возрастает.

Обычно в качестве примера приводят вращающегося фигуриста. Выбрасывая руки в стороны или поднося их к груди, он регулирует скорость своего вращения. То же самое может проделать и парашютист во время затяжного прыжка, и космонавт, свободно плавающий в состоянии невесомости в кабине корабля или в открытом космосе.

Вернемся к нашему маятнику. Установим его на неподвижной площадке и заставим центральную штангу вращаться вокруг горизонтальной оси. Штанга будет вращаться до тех пор, пока не остановится вследствие трения в подшипниках. Это на неподвижной площадке.

А теперь пусть подставка равномерно вращается вокруг вертикальной оси, т. е. маятник находится в центре вращающейся площадки. В этом случае картина существенно изменится.

В то время, когда штанга занимает горизонтальное положение, т. е. грузы расположены далеко от вертикальной оси, маятник поворачивается вместе с площадкой. Но в момент, когда штанга придет в вертикальное положение и грузы на ее концах окажутся на оси вращения подставки, угловая скорость вращения рамки относительно вертикальной оси возрастет. И рамка вместе со штангой должна сделать «рывок», обгоняя вращение подставки.

Таким образом, в том случае, если наш маятник находится на вращающейся площадке, будет наблюдаться постепенный поворот плоскости вращения штанги. Нетрудно сообразить, что по этому принципу можно судить о вращении подставки, даже не наблюдая его непосредственно.

А это значит, что описанный нами маятник может быть с успехом применен и для обнаружения вращения Земли. Заметный эффект смещения будет достигаться значительно быстрее, чем у маятника Фуко.

Несколько лет тому назад маятник, о котором идет речь, был построен и установлен в фойе Московского пла-

нетария. Он безотказно работал в соответствии с теми соображениями, которые были приведены выше.

Казалось бы, самый верный способ как можно лучше изучить Землю — побывать в каждом ее уголке, проникнуть в ее недра, учесть все явления, происходящие на ее поверхности. Ученые так и поступают.

Но в целом ряде случаев решение земных проблем значительно облегчается, если «оторваться» от нашей планеты и выйти в космос. Если задуматься, то ничего удивительного в этом нет. Вообще, в естествознании действует неписанный закон: если мы хотим изучить какой-либо объект, надо рассматривать не только этот объект сам по себе, но обязательно более широкую область явлений. В частности, выход в космос дает нам весьма убедительное и в то же время наглядное свидетельство вращения нашей планеты. Речь идет о движении искусственных спутников Земли.

На искусственный спутник, движущийся по околоземной орбите, фактически действует лишь сила земного тяготения, которая лежит в плоскости этой орбиты (мы не будем сейчас принимать во внимание отклонения, связанные с тем, что Земля не является идеальным однородным шаром, и некоторые другие тонкие эффекты). Благодаря этому плоскость орбиты спутника за короткие отрезки времени не изменяет своего положения относительно звезд. Если бы земной шар не вращался вокруг своей оси, то спутник при каждом последовательном обороте проходил бы над одними и теми же точками земной поверхности. Но в связи с тем, что Земля вращается с запада на восток, трасса спутника, т. е. проекция его движения на поверхность Земли, непрерывно смещается в направлении к западу.

Как известно, искусственный спутник, движущийся на высоте порядка 200—300 км, затрачивает на один полный оборот вокруг Земли около 90 минут, т. е. около полутора часов. Нетрудно подсчитать, что за это время земной шар успевает повернуться на $22^{\circ},5$. Протяженность окружности земного экватора составляет около 40 тыс. км. Таким образом, поворот на $22^{\circ},5$ соответствует примерно 2500 км. Следовательно, при каждом обороте спутник пересекает линию экватора на 2500 км западнее, чем при предыдущем. Примерно через сутки, совершив 16 витков вокруг Земли, спутник пройдет над районом запуска.

Вспомним, что при осуществлении группового полета советских космических кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» в 1969 г. каждый следующий корабль стартовал приблизительно через сутки после предыдущего.

НАД НАМИ ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

Задумывались ли вы над тем, почему в дневное время на небе не видны звезды? Ведь воздух и днем так же прозрачен, как и ночью. Все дело здесь в том, что в дневное время атмосфера рассеивает солнечный свет.

Представьте, что вы находитесь вечером в хорошо освещенной комнате. Сквозь оконное стекло яркие фонари, расположенные снаружи, видны достаточно хорошо. Но слабо освещенные предметы разглядеть почти невозможно. Однако стоит только выключить в комнате свет, как стекло перестает служить препятствием для нашего зрения.

Нечто похожее происходит и при наблюдениях неба: днем атмосфера над нами ярко освещена и сквозь нее видно Солнце, однако не может пробиться слабый свет далеких звезд. Но после того, как Солнце погружается под горизонт и солнечный свет (а с ним и свет, рассеянный воздухом) «выключается», атмосфера становится «прозрачной» и можно наблюдать звезды.

Иное дело в космосе. По мере подъема космического корабля на высоту плотные слои атмосферы остаются внизу и небо постепенно темнеет.

На высоте около 200—300 км, там, где обычно совершают полеты пилотируемые космические корабли, небо совершенно черное. Черное всегда, если даже на видимой его части в данный момент находится Солнце.

«Небо имеет совершенно черный цвет. Звезды на этом небе выглядят несколько ярче и четче видны на фоне черного неба», — так описывал свои космические впечатления первый космонавт Ю. А. Гагарин.

Но все же и с борта космического корабля на дневной стороне неба видны далеко не все звезды, а только самые яркие. Глазу мешает ослепительный свет Солнца и свет Земли.

Если посмотреть на небо с Земли, мы отчетливо увидим, что все звезды мерцают. Они как бы то гаснут, то разгораются, переливаясь при этом разными цветами. И чем ниже над горизонтом расположена звезда, тем сильнее мерцание.

Мерцание звезд тоже объясняется наличием атмосферы. Прежде чем достичь нашего глаза, свет, излучаемый звездой, проходит сквозь атмосферу. В атмосфере же всегда имеются массы более теплого и более холодного воздуха. От температуры воздуха в той или иной области зави-

сит его плотность. Переходя из одной области в другую, световые лучи испытывают преломление. Направление их распространения изменяется. Благодаря этому в некоторых местах над земной поверхностью они концентрируются, в других оказываются сравнительно редкими. В результате постоянного движения воздушных масс эти зоны все время смещаются, и наблюдатель видит то усиление, то ослабление яркости звезд. Но так как различные цветные лучи преломляются не одинаково, то моменты усиления и ослабления разных цветов наступают не одновременно.

Кроме того, определенную роль в мерцании звезд могут играть и другие, более сложные оптические эффекты.

Наличие теплых и холодных слоев воздуха, интенсивные перемещения воздушных масс сказываются и на качестве телескопических изображений.

Где наилучшие условия для астрономических наблюдений: в горных районах или на равнине, на берегу моря или в глубине материка, в лесу или в пустыне? И вообще, что лучше для астрономов — десять безоблачных ночей на протяжении месяца или всего одна ясная ночь, но такая, когда воздух идеально прозрачен и спокоен?

Это лишь малая часть тех вопросов, которые приходится решать при выборе места для строительства обсерваторий и установки крупных телескопов. Подобными проблемами занимается особая область науки — астроклиматология.

Несколько лет назад в нашей стране вступил в строй крупнейший в мире телескоп с поперечником зеркала шесть метров. Это на целый метр больше поперечника зеркала знаменитого Паломарского телескопа в США.

Что означает лишний метр для астрономов? Рамки наблюдаемой области Вселенной раздвинулись приблизительно в 1,2 раза.

В связи с постройкой нового телескопа ученые Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке в течение нескольких лет проводили астроклиматические исследования в различных районах Советского Союза, в первую очередь в кубанских степях, на Кавказе, в Грузии и Армении, на Памире и в горах Тянь-Шаня, на озере Иссык-Куль и даже в Уссурийском крае. В результате этих поисков был избран один из районов Северного Кавказа в Ставропольском крае. Там и возведена новая обсерватория для шестиметрового гиганта.

Правда, на территории нашей страны есть места с еще лучшими астроклиматическими условиями — в Средней

Азии и на Памире. Однако строительство крупной обсерватории в этих труднодоступных местах было бы сопряжено с огромными техническими трудностями и дополнительными затратами. Кроме того, районы, о которых идет речь, удалены от больших научных центров. Поэтому предпочтение все же было отдано Северному Кавказу.

Но, разумеется, наилучшие условия для астрономических наблюдений — за пределами плотных слоев атмосферы, в космосе. Кстати, и звезды здесь не мерцают, а горят холодным спокойным светом.

Привычные созвездия выглядят в космосе точно так же, как и на Земле. Звезды находятся на огромных расстояниях от нас, и удаление от земной поверхности на какие-нибудь несколько сотен километров ничего не может изменить в их видимом взаимном расположении. Даже при наблюдении с Плутона очертания созвездий были бы точно такими же.

В течение одного витка с борта космического корабля, движущегося по околоземной орбите, в принципе можно увидеть все созвездия земного неба. Наблюдение звезд из космоса представляет двойкий интерес: астрономический и навигационный. В частности, очень важно наблюдать звездный свет, не измененный атмосферой.

Не менее важное значение имеет в космосе и навигация по звездам. Наблюдая заранее выбранные «опорные» звезды, можно не только ориентировать корабль, но и определять его положение в пространстве.

На протяжении длительного времени астрономы мечтали о будущих обсерваториях на поверхности Луны. Казалось, полное отсутствие атмосферы должно создавать на естественном спутнике Земли идеальные условия для астрономических наблюдений как во время лунной ночи, так и в условиях лунного дня.

Для изучения условий астрономических наблюдений на Луне были проведены специальные исследования. С этой целью советская автоматическая передвижная лаборатория «Луноход-2» была оборудована специальным прибором — астрономическим фотометром, разработанным и изготовленным в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Прибор установили на «Луноходе» таким образом, что его оптическая ось всегда была направлена в зенит лунного неба.

Результаты измерений оказались несколько неожиданными. Выяснилось, что свечение неба на Луне и в видимых и, в особенности, в ультрафиолетовых лучах заметно выше

ожидавшегося. Изучение характеристик этого свечения показало, что оно может быть вызвано находящимися в околосолнечном пространстве частицами лунной пыли.

В связи с этим было высказано предположение, что вокруг Луны существует разреженный рой пылевых частиц, образовавшийся в результате бомбардировки лунной поверхности метеоритами и микрометеоритами. Эти частицы удерживаются на некоторой высоте над поверхностью Луны действием электростатических сил. Они рассеивают не только солнечный свет, но и свет Земли. Ведь наша планета в лунном небе — это светило примерно в 40 раз более яркое, чем полная Луна в небе Земли.

Наличие пылевого роя вокруг Луны может отрицательно сказаться на эффективности астрономических наблюдений с будущих лунных обсерваторий.

НОВОЕ О ТУНГУССКОМ МЕТЕОРИТЕ

На протяжении более полувека всеобщее внимание привлекает к себе загадочное событие, которое произошло летом 1908 г. в Сибири. Речь идет о знаменитом Тунгусском метеорите.

На рассвете 30 июня 1908 г. вековое спокойствие сибирской тайги было неожиданно нарушено появлением ослепительно яркого тела, с огромной скоростью летящего по небу. Затмив на несколько секунд солнечный свет и оставив за собой густой дымный след, оно скрылось за горизонтом. Еще через мгновение вблизи фактории Вановара, расположенной в районе реки Подкаменная Тунгуска, взметнулся гигантский столб пламени, хорошо видимый с расстояния до 450 км, образовалось огромное дымовое облако. Катастрофа сопровождалась оглушительными взрывами, которые были слышны в радиусе 100 км. На огромной территории, как при сильном землетрясении содрогалась почва, дрожали здания, лопались оконные стекла, качались висятые предметы. Колебания почвы были зарегистрированы многими сейсмическими станциями Земли, а воздушная волна несколько раз обошла вокруг планеты...

Первая экспедиция к месту Тунгусской катастрофы была организована лишь после Октябрьской революции в 1927 г. Академией наук СССР. В 1928—1930 годах были осуществлены еще две дополнительные экспедиции, а в 1938 г. произведена аэрофотосъемка района катастрофы, к сожалению, очень неполная.

Затем исследования прервала Великая Отечественная война, и очередная Тунгусская экспедиция состоялась только в 1958 г. Однако в последние годы на месте Тунгусской катастрофы побывало несколько хорошо оснащенных самостоятельных экспедиций. Работала в этом районе и комплексная экспедиция Академии наук СССР.

Еще в ходе первоначальных исследований был обнаружен ряд загадочных обстоятельств. В частности, не было найдено ни одной воронки, которые обычно образуются при ударе о Землю космических тел, и ни одного осколка. Лес оказался повален на огромном пространстве в десятки километров, причем направление лежавших на земле стволов деревьев отчетливо указывало направление к центру взрыва. Но именно в центре, где, казалось бы, разрушения должны быть наибольшими, деревья устояли на корню. И только их верхушки и почти все ветви были обломаны таким образом, что создавалось впечатление, будто воздушная волна ударила по ним сверху...

Возникло предположение о том, что взрыв Тунгусского метеорита произошел в воздухе, на значительной высоте над поверхностью Земли. Судя по всему, взрыв этот носил точечный характер, т. е. произошел мгновенно, в течение сотых долей секунды — в противном случае не получился бы столь правильный радиальный вывал леса. В связи с этим появился ряд гипотез о природе загадочного тела, в том числе и весьма экзотических — вплоть до чисто фантастической гипотезы об аварии космического корабля инопланетной цивилизации, будто бы потерпевшего над тунгусской тайгой ядерную катастрофу.

Однако все предположения — речь, разумеется, идет о научных гипотезах — наталкивались на серьезные трудности и ни одно из них не могло считаться общепризнанным.

На примере Тунгусского метеорита отчетливо прослеживается одна любопытная закономерность, связанная с изучением загадочных явлений природы, для которых в течение долгого времени не удается найти исчерпывающего научного объяснения. Обычно в поисках такого объяснения предпринимаются попытки привлечь для этого каждое новое фундаментальное открытие в соответствующей области естествознания.

Так, с открытием античастиц и развитием идеи антивещества в физике элементарных частиц было высказано предположение о том, что Тунгусский метеорит

представлял собою небольшой кусок антивещества, миллиарды лет носившийся в космическом пространстве, а затем столкнувшийся с нашей планетой. Как известно, соприкосновение вещества и антивещества приводит к их аннигиляции — вещество и антивещество полностью превращаются в электромагнитное излучение и при этом выделяется колоссальное количество энергии. Таким путем авторы новой гипотезы пытались объяснить те разрушительные явления, которыми сопровождалась Тунгусская катастрофа.

Правда, предположение об «антиприроде» тунгусского тела особой популярности не приобрело. В частности, было трудно объяснить, каким образом «осколок» антивещества мог длительное время сохраняться, двигаясь в космическом пространстве. Ведь при этом он должен был бы постоянно сталкиваться с многочисленными частицами межзвездной и межпланетной среды, что неизбежно очень быстро привело бы к его аннигиляции.

Еще одна попытка объяснить Тунгусский феномен была предпринята «по следам» другого крупнейшего открытия физики нашего века — создания квантовых генераторов — лазеров.

Выдвигалась идея, согласно которой все явления, возникшие в 1908 г. в тунгусской тайге, были вызваны тем, что в этот момент мощный космический лазерный луч неизвестного происхождения «полоснул» по нашей планете... Однако подобное объяснение выглядело настолько фантастично, что его в общем-то никто не принял всерьез.

В самые последние годы была сделана еще одна попытка связать Тунгусскую катастрофу с новыми физическими идеями. На этот раз «отправным пунктом» послужила гипотеза «черных дыр», интенсивно разрабатываемая физиками и астрофизиками. Черная дыра — это вещество, сжатое до такой степени, что оно оказывается «заперто» силами собственного тяготения. Такой объект способен только поглощать окружающее вещество, но из него наружу не могут вырваться ни частица, ни излучение *). Исходя из этого, американские физики из Техасского университета А. Джексон и М. Риан высказали предположение, согласно которому Тунгусский метеорит в действительности был... небольшой черной дырой, которая с огромной скоростью ворвалась в земную атмосферу.

*) Более подробно о черных дырах будет рассказано в третьей главе.

Однако более точные расчеты, проведенные физиками в разных странах, показали, что характер явлений, которые должны были бы наблюдаться при столкновении Земли с черной дырой, совершенно не соответствуют тому, что действительно произошло при падении Тунгусского метеорита.

В то же время осуществлялись и вполне серьезные научные исследования сибирского феномена 1908 г.

Так советскими учеными в Институте физики Земли были проведены весьма интересные эксперименты по моделированию взрыва Тунгусского метеорита. В специальной камере был установлен макет местности района катастрофы в соответствующем масштабе, на котором множество проволочек изображало стволы деревьев. Над этим макетом в разных точках и на разной высоте взрывали небольшие пороховые заряды, приближая их с различными скоростями под разными углами. В каждом таком опыте получалась своя картина вывала «леса». В частности, при некоторых условиях удавалось получить и такой вывал, который совпадал с картиной поваленных деревьев на месте катастрофы.

Анализ полученных результатов показал, что тунгусское тело двигалось со скоростью 30—50 км/с, а вызванный им взрыв произошел на высоте от 5 до 15 км. Эта сила была эквивалентна взрыву 20—40 мегатонн тротила. Что же касается разрушений, возникших в районе падения, то все они, видимо, были вызваны ударными волнами — волной, пришедшей сверху от места взрыва, и волной, отраженной от земной поверхности.

Интересную гипотезу выдвинул известный советский астроном и специалист по изучению метеоритов академик В. Г. Фесенков. Согласно предположению ученого, наша Земля летом 1908 г. столкнулась с ледяным ядром небольшой кометы. Как показали расчеты, проведенные советским ученым К. П. Станюковичем, легкоплавающие кометные льды после входа в земную атмосферу со сверхзвуковой скоростью сначала испарялись сравнительно медленно. Но затем (это должно было произойти в нижних плотных слоях воздуха), когда вся масса льда в достаточной степени прогрелась, она мгновенно должна была превратиться в газовый сгусток и испариться. Произошел мощный взрыв.

Соответствующие вычисления показали, что подобная гипотеза способна вполне удовлетворительно объяснить все явления, наблюдавшиеся в момент Тунгусской ка-

тастрофы и после нее. Но для того чтобы предпочесть подобную гипотезу всем прочим предположениям, нужны были дополнительные факты, тем более, что в 1908 г. вблизи Солнца никаких комет зарегистрировано не было. Разумеется, небольшая комета могла остаться и незамеченной, но все же независимые подтверждения, подкреплявшие версию о комете, были необходимы. И такие подтверждения удалось получить.

Уже довольно давно астрономы заметили, что даже после пролета по небу ярких болидов, которые связаны с вторжением в атмосферу достаточно крупных космических тел, как правило, в районе, где наблюдалось это эффектное небесное явление (по небу летит, разбрасывая огненные брызги, ослепительно яркий шар), выпадения метеоритов не происходило. Это обстоятельство получило свое подтверждение в результате наблюдений, проводившихся в последние годы чехословацкими и американскими астрономами, создавшими специальные «метеоритные сети» для систематического фотографирования болидов.

Таким образом, напрашивается вывод, что большинство космических тел, влетающих в земную атмосферу, до поверхности планеты не долетает. Между тем, достаточно крупные каменные или железные метеориты должны были бы выпадать на землю. Уже одно это обстоятельство наводит на мысль о том, что и тело, вызвавшее Тунгусскую катастрофу, и тела, чаще всего создающие явление болидов, имеют одинаковую физическую природу.

Недавно московский астроном В. А. Бронштэн, сравнив данные о 33 ярких болидах с данными о Тунгусском метеорите, пришел к выводу о физическом подобии Тунгусского тела и основной массы крупных метеоритных тел, которые, влетая в земную атмосферу из межпланетного пространства, вызывают явления болидов, но не достигают поверхности планеты. Иными словами, все эти тела обладают малой плотностью и прочностью и легко разрушаются при движении в атмосфере...

В последние годы была выдвинута еще одна гипотеза, которая представляет собой как бы дальнейшее развитие идеи ледяного ядра кометы. Ее автором является известный советский ученый академик Г. И. Петров. Согласно расчетам ученого, загадочное тело, вызвавшее Тунгусскую катастрофу, представляло собой огромный снежный ком — тело с очень рыхлым ядром, состоящим из кристалликов льда массой около 100 тысяч тонн и поперечником

порядка 300 м, средняя плотность которого была в десятки раз меньше плотности воды.

Влетев в земную атмосферу со скоростью, более чем в 100 раз превосходящей скорость звука, снежный ком быстро разогрелся и стал интенсивно испаряться. На высоте в несколько километров остатки снежного тела и образовавшиеся в результате испарения газы, летящие перед ним, мгновенно расширились, что привело к образованию очень мощной ударной волны. Именно эта волна и вызвала радиальный вывал леса на площади поперечником в десятки километров.

Предлагаемая гипотеза хорошо объясняет как физическую природу воздушного взрыва Тунгусского метеорита, так и отсутствие воронок и осколков. Вместе с тем следует признать, что единого мнения относительно природы Тунгусского феномена у специалистов не существует и до сих пор и катастрофа 1908 г. в районе реки Подкаменная Тунгуска во многом продолжает оставаться неясной.

Но одно не вызывает сомнений — Тунгусская катастрофа — бесспорно уникальное явление природы и неослабевающий интерес ученых к ней вполне оправдан. И очень может быть, что в результате дальнейшего изучения этого удивительного феномена наука откроет какие-то новые, неизвестные еще стороны космических и геофизических процессов.

КОСМОНАВТИКА ПРОВЕРЯЕТ АСТРОНОМИЮ

Могут ли дистанционные исследования приносить достоверные сведения об окружающем мире?

Вопрос, имеющий самое непосредственное отношение к астрономии. Ведь космические объекты находятся на огромных расстояниях от Земли и поэтому исследователи Вселенной, по крайней мере до самого последнего времени, не имели возможности изучать их непосредственно. В последние годы такая возможность появилась благодаря быстрому развитию ракетно-космической техники и успешному освоению космического пространства. На наших глазах родилась космическая астрономия: космические аппараты доставляют измерительную и телевизионную аппаратуру в районы ближайших небесных тел и даже на их поверхность.

Появилась вполне реальная возможность сопоставить «багаж знаний», кропотливо накопленных поколениями

астрономов о Солнечной системе с новыми «космическими» данными. И что же?

Ответ на этот вопрос в весьма образной, хотя и несколько парадоксальной форме был дан известным советским астрономом членом-корреспондентом АН СССР И. С. Шкловским в одном из его выступлений:

— Величайшим достижением в области изучения Солнечной системы с помощью космических аппаратов является то, что в этой области никаких великих открытий сделано не было. Не оказалось, что «все не так». Принципиальная схема космических процессов, протекающих в планетной семье Солнца, построенная наземной астрономией, получила убедительное подтверждение...

Этот вывод имеет чрезвычайно важное, принципиальное значение: несмотря на дистанционный характер и возникающие вследствие этого трудности, астрономические исследования дают нам достоверные знания о Вселенной.

Разумеется, было бы наивно думать, что роль космической астрономии сводится лишь к подтверждениям. Если бы это было так, то ее, вероятно, не стоило бы и развивать. Новый метод изучения космических объектов в ряде случаев гораздо эффективнее прежних традиционных. И это позволяет с его помощью добывать принципиально новую информацию, недоступную наземной астрономии, выяснять важные детали космических процессов и явлений, находить ответ на многие вопросы, долгое время остававшиеся неясными.

Так, например, еще до полета на Луну космических аппаратов остро стоял вопрос о свойствах лунного грунта. Существовало мнение, что благодаря миллиардам лет метеоритной бомбардировки поверхностный слой Луны превращен в мельчайшую пыль, толстый слой которой способен засосать совершивший посадку космический аппарат. Проверкой этой гипотезы занялись радиоастрономы Горьковского радиофизического института.

Начались исследования теплового радиоизлучения лунной поверхности. Вывод был такой: толстого слоя пыли на Луне нет, лунный грунт достаточно прочен и в механическом отношении напоминает мокрый песок. Разумеется, поверхностный слой Луны не мокрый, речь идет о сходстве механических свойств...

Этот вывод наземной астрономии был подтвержден многочисленными космическими аппаратами, побывавшими на Луне, а также советскими луноходами и участниками американских лунных экспедиций.

Но прежде попробуем разобраться в том, почему дистанционные методы астрономических исследований приносят результаты, соответствующие реальному положению вещей?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо познакомиться с теми принципами, которые лежат в их основе. Главный принцип состоит в том, что изучаются не сами космические объекты, а их излучения — электромагнитные и корпускулярные. Свойства этих излучений зависят от свойств их источников. Иными словами, в них содержится информация о свойствах космических объектов и различных физических процессах, протекающих во Вселенной.

Таким образом, астрономические исследования в принципе сводятся к наблюдению и регистрации различных излучений, приходящих из космоса, их анализу и извлечению соответствующей информации. Но это либо те же самые методы, которые с успехом используют физики в земных лабораториях, либо методы, допускающие всестороннюю экспериментальную проверку.

Еще в прошлом столетии французский ученый Огюст Конт во всеуслышание заявлял, что человек никогда не сможет узнать химического состава звезд. Но этому мрачному прогнозу, как и многим другим подобным же пессимистическим предположениям, не суждено было исполниться. Довольно скоро он был опровергнут. Нашелся надежный и эффективный метод определения химического состава удаленных объектов, разработанный физиками и многократно проверенный в земных лабораториях — метод спектрального анализа светового излучения. Более того, спектральные исследования позволяют не только изучать химический состав источников космического излучения, но и определять их температуру, физическое состояние, магнитные свойства, скорость движения в пространстве, находить ответ на многие вопросы, интересующие ученых.

То же самое можно сказать и о других методах астрономических исследований.

В заключение следует подчеркнуть, что космическая астрономия не может обойтись без своего наземного собрата. Решение очень многих проблем, связанных с изучением космических явлений, требует параллельных оптических и радиоастрономических исследований, сравнения данных, полученных различными методами. Только

при этом условии можно понять физическую сущность целого ряда наблюдений, выполненных с космических орбит. Без наземного астрономического комплекса гармоническое развитие науки о Вселенной просто невозможно.

СУДЬБА ОДНОЙ ГИПОТЕЗЫ

У планеты Марс есть два маленьких спутника — Фобос и Деймос. Деймос обращается по орбите, удаленной от планеты примерно на 23 тыс. км, а Фобос движется на расстоянии всего около 9 тыс. км от Марса. Вспомним, что Луна удалена от нас на 385 тыс. км, т. е. находится в 40 с лишним раз дальше от Земли, чем Фобос от Марса.

Вся история изучения Фобоса и Деймоса полна удивительных событий и увлекательных загадок. Судите сами: первое упоминание о наличии у Марса двух небольших спутников появилось не в научных трудах, а на страницах знаменитых «Путешествий Гулливера», написанных Джонатаном Свифтом в начале XVIII столетия.

По ходу событий Гулливер оказывается на летучем острове Лапуте. И местные астрономы рассказывают ему, что им удалось открыть два маленьких спутника, обращающихся вокруг Марса.

В действительности же марсианские луны были открыты А. Холлом лишь спустя полтора столетия после выхода романа в свет, во время великого противостояния Марса 1877 г. И открыты при исключительно благоприятных атмосферных условиях после упорных многодневных наблюдений, на пределе возможностей инструмента и человеческого глаза.

Сейчас можно только гадать, что побудило Свифта предсказать существование двух спутников Марса. Во всяком случае, не телескопические наблюдения. Скорее всего Свифт предполагал, что число спутников у планет должно возрастать по мере удаления от Солнца. В то время было известно, что у Венеры спутников нет, вокруг Земли обращается один спутник — Луна, а вокруг Юпитера — четыре, они были открыты Галилеем в 1610 г. Получалась «очевидная» геометрическая прогрессия, в которую на свободное место, соответствующее Марсу, казалось, сама собой просилась двойка.

Впрочем, Свифт предсказал не только существование Фобоса и Деймоса, но и то, что радиус орбиты ближайшего спутника Марса равен трем поперечникам планеты, а внешнего — пяти. Три поперечника — это около

20 тысяч километров. Примерно на таком расстоянии расположена орбита Деймоса. Правда, не внутреннего спутника, как утверждал Свифт, а внешнего — но все равно совпадение впечатляет. Разумеется, именно совпадение...

В очередной раз внимание к марсианским лунам было привлечено во второй половине текущего столетия. Сравнивая результаты наблюдений, проведенных в разные годы, астрономы пришли к заключению, что ближайший спутник Марса Фобос испытывает торможение, благодаря которому постепенно приближается к поверхности планеты. Явление выглядело загадочно. Во всяком случае, никакими эффектами небесной механики наблюдаемое торможение объяснить не удавалось.

Оставалось одно: предположить, что торможение Фобоса связано с аэродинамическим сопротивлением марсианской атмосферы. Однако, как показывали расчеты, газовая оболочка Марса на высоте 6 тыс. км способна оказывать соответствующее сопротивление только при условии, что средняя плотность вещества Фобоса невелика. Точнее сказать, неправдоподобно мала!

Тогда-то и возникла оригинальная идея: столь небольшую плотность Фобоса можно объяснить его... пустотелостью! Но мы не знаем природных процессов, которые могли бы приводить к образованию пустых внутри небесных тел. Напрашивалась мысль, что Фобос, а возможно и Деймос — искусственные спутники Марса, созданные миллионы лет назад разумными существами, либо населявшими в то время Марс, либо прилетевшими откуда-то из космоса.

Быть может сейчас, когда спутники Марса сфотографированы с близкого расстояния космическими аппаратами и в их естественном происхождении не остается никаких сомнений, об этом не стоило бы и вспоминать. Но эпизод, о котором идет речь, весьма поучителен.

Есть наука — и есть фантастика. Где в этой гипотезе проходит граница между ними? Если в движении Фобоса действительно имеет место торможение, отмеченное наблюдениями, это может означать, что спутник Марса пустотелый. Это — полноправная научная гипотеза. Она исходит из астрономических данных и с помощью соответствующих математических выкладок приводит к определенному выводу. Обычная схема научной гипотезы: «если то — то это». Все же остальное относится к области научной фантастики.

Дальнейшая судьба гипотезы, о которой идет речь, была ясна с самого начала — ее ожидала та же судьба, что и любую другую научную гипотезу. Она должна была либо получить необходимые подтверждения, либо оказаться опровергнутой. Многое зависело от того, насколько точными окажутся данные наблюдений относительно торможения ближайшего спутника Марса. А их надежность внушала опасения — наблюдения велись на пределе точности астрономических инструментов. И эти опасения подтвердились...

Когда в распоряжении исследователей Марса появился новый, более мощный способ исследования планет — автоматические космические станции, все стало на свои места. На космических снимках отчетливо видно, что Фобос и Деймос — огромные глыбы неправильной формы и, конечно, природного происхождения.

Если сопоставить результаты астрономических наблюдений с тем, что сообщили космические станции, вырисовывается такая картина. Спутники Марса — небольшие небесные тела. Размер Фобоса — 27 на 21, Деймоса — 15 на 12 км. Они движутся по почти круговым орбитам, расположенным в плоскости экватора планеты, в направлении ее суточного вращения. Деймос завершает один полный оборот за 30 ч. 18 м., а Фобос — за 7 ч. 39 м. Если учесть, что продолжительность марсианских суток чуть больше $24\frac{1}{2}$ часов, нетрудно сообразить, что Фобос заметно обгоняет суточное вращение планеты. Находясь на поверхности Марса, мы наблюдали бы, как Фобос и Деймос своими большими полуосями всегда направлены к центру Марса. (Вспомним, что таким же образом обращается Луна вокруг Земли — она всегда повернута к нашей планете одной и той же стороной.)

Полет автоматической станции «Викинг-1» впервые позволил оценить массу Фобоса. Когда орбитальный отсек этой станции пролетал на расстоянии 100 километров от спутника Марса, американским ученым удалось определить возмущение траектории его движения, вызванное притяжением Фобоса. Располагая такими данными, вычислить массу возмущающего тела уже не стоит труда. А зная его размеры, можно подсчитать и среднюю плотность. Для Фобоса она оказалась близка к 2 г/см^3 . Вполне нормальная плотность, примерно такая же, как у ряда каменных метеоритов. И, таким образом, нет нужды в гипотезе о пустотелой структуре спутников Марса.

Теперь ясно, где было слабое звено этой гипотезы — в исходных астрономических данных о движении Фобоса.

Зная массу Фобоса, можно вычислить величину силы тяжести на его поверхности. Она меньше земной в 2 тысячи раз. Может сложиться впечатление, что космонавт, оказавшийся на поверхности Фобоса, при малейшем толчке



Рис. 5. Спутник Марса Фобос.

должен улететь в космос. Однако это не совсем так. Как показывают подсчеты, вторая космическая скорость для Фобоса составляет в среднем около 11,7 м/с. Это не так уж мало. Такую скорость на Земле может развить лишь спортсмен при прыжке в высоту на два с половиной метра. А так как мускульные усилия везде остаются

одинаковыми, то еще не родился такой человек, который, оттолкнувшись ногами от Фобоса, мог бы безвозвратно его покинуть.

Большой интерес представляют фотографии Фобоса и Деймоса. Они были получены космическими станциями с расстояния всего нескольких десятков километров. На поверхности обоих спутников Марса отчетливо просматривается большое количество кратеров, похожих на лунные. Самый большой кратер на Фобосе достигает в поперечнике 10 км.

Любопытно, что в то время, когда обсуждалась проблема малой плотности Фобоса, было высказано предположение о том, что этот феномен объясняется не пустотелостью, а является результатом обработки его поверхности метеоритами, вследствие чего вещество Фобоса приобрело сильную пористость. А ведь это, между прочим, было тогда, когда еще шел спор о происхождении лунных кратеров — метеоритном или вулканическом. История науки знает и подобные курьезы — когда верные предположения высказываются на основе неправильных данных.

Кроме кратеров, на снимках Фобоса видны почти параллельные борозды шириной до нескольких сотен метров, тянущиеся на большие расстояния. Происхождение этих загадочных полос остается неясным. Возможно, это результат мощного удара крупного метеорита, «потрясшего» Фобос и вызвавшего образование многочисленных трещин. Может быть, таинственные борозды возникли благодаря приливному воздействию Марса. В пользу этого говорит тот факт, что на Деймосе, расположенном на значительно большем расстоянии от Марса, подобные детали не обнаружены. Ведь известно, что гравитационные воздействия ослабевают пропорционально квадрату расстояния.

Что касается происхождения Фобоса и Деймоса, не исключено, что это тела астероидного типа, захваченные Марсом. Может быть, они образовались даже раньше, чем сама планета. В любом случае их дальнейшее изучение представляет интерес для выяснения закономерностей формирования Солнечной системы.

ВЕЗДЕСУЩИЕ КРАТЕРЫ

С тех пор, как начались телескопические наблюдения Луны, одной из наиболее характерных особенностей нашего естественного спутника считалось обилие кольце-

вых гор — кратеров. Эти кольцевые образования покрывают значительную часть видимой стороны лунного шара, некоторые из них достигают в поперечнике двухсот и даже трехсот километров.

По поводу происхождения лунных кратеров долгое время боролись две точки зрения — метеоритная и вулканическая. Однако для того, чтобы ответить на вопрос, что же в действительности представляют собой кольцевые горы на Луне — кратеры потухших вулканов или воронки, образовавшиеся в результате падения космических тел — метеоритов, в распоряжении исследователей Луны не было достаточного количества необходимых данных. Такие данные появились лишь в результате изучения нашего естественного спутника космическими аппаратами. И эти данные убедительно свидетельствуют в пользу ударного происхождения подавляющего большинства лунных кратеров (хотя и не всех).

В частности, оказалось, что согласно современным оценкам, количество метеоритных тел, бороздивших пространство Солнечной системы в разные эпохи, как раз таково, чтобы объяснить именно то число кратеров, которое фактически существует на различных участках лунной поверхности. Так, например, подсчеты количества кратеров показали, что Луна подвергалась наиболее интенсивной метеоритной бомбардировке на протяжении первого миллиарда лет своего существования. В дальнейшем, по мере исчерпания метеоритного материала в пространстве Солнечной системы, число метеоритных ударов по лунной поверхности резко снизилось. Этим объясняется тот факт, что в лунных морях, которые образовались несколько позже континентальных районов, количество кратеров примерно в тридцать раз меньше.

Любопытно отметить, что в настоящее время интенсивность метеоритной бомбардировки Луны весьма невелика. Согласно имеющимся в распоряжении ученых данным, на площади радиусом около двухсот километров метеорит с массой около одного килограмма падает, в среднем, приблизительно один раз в месяц.

Сравнительно мало в современную эпоху выпадает на лунную поверхность и микрометеоритов. Однако воздействие микрометеоритных тел на поверхность нашего естественного спутника в масштабах всей Луны за астрономические промежутки времени ощутимо и в современную эпоху. Об этом свидетельствуют микрократеры — микроскопические воронки от ударов мельчайших частиц

космического вещества, обнаруженные на зернах лунного грунта в образцах, доставленных на Землю. Примесь метеоритного вещества обнаружена в поверхностном слое лунного грунта везде, где были взяты соответствующие пробы.

Убедительный аргумент в пользу метеоритного происхождения лунных кольцевых гор дает, как ни странно, изучение уже известного нам спутника Марса Фобоса.

Выяснилось любопытное обстоятельство. Как уже говорилось, поверхность Фобоса сплошь усеяна кратерами. И они заведомо ударного происхождения: ведь спутник Марса невелик по размерам — всего около 27 км в длину, и ясно, что ни о каких вулканических процессах в его недрах не может быть и речи. А это, в свою очередь, означает, что и аналогичные кратеры на Луне, скорее всего, также должны иметь метеоритное происхождение, тем более, что кратеры, подобные лунным, в последние годы были обнаружены не только на Фобосе, но и на других телах Солнечной системы, в частности, и на самом Марсе. Как показало космическое фотографирование, многие участки поверхности этой планеты усеяны кратерами, напоминающими лунные. Большинство этих кратеров образовалось примерно в ту же эпоху, что и кратеры лунных материков, то есть 3,5—4 миллиарда лет назад. Часть из них довольно хорошо сохранилась, некоторые сильно разрушены, а есть и такие, от которых остались лишь едва заметные следы.

Многочисленные метеоритные кратеры были с помощью космических аппаратов обнаружены также и на самой близкой к Солнцу планете Солнечной системы Меркурии. Они покрывают практически всю поверхность этого небесного тела. Наиболее крупные из них имеют в поперечнике несколько десятков километров, наиболее мелкие (которые удалось разглядеть на телевизионных снимках, переданных из космоса) — около пятидесяти метров. В среднем, таким образом, кратеры Меркурия обладают меньшими размерами, чем лунные.

На многих крупных меркурианских кратерах можно обнаружить мелкие кольцевые образования, видимо, более позднего происхождения. Это говорит о том, что на ранней стадии существования Меркурия на его поверхность падали космические глыбы разных размеров, в том числе и весьма крупные, а с течением времени метеоритный материал в космическом пространстве становился все мельче. Справедливость подобного вывода подтверждает-

ся и тем, что более поздние по своему происхождению кратеры лунных морей значительно меньше по размерам, чем более древние континентальные кратеры. При этом нелишне отметить, что поверхность Меркурия формировалась приблизительно в ту же эпоху, что и лунные материки, то есть около 4—4,5 млрд. лет назад.

С помощью радиолокационных измерений были обнаружены кратерные образования и на планете Венера. Как известно, поверхность этой планеты в телескопы увидеть нельзя из-за сплошного непрозрачного слоя облачности. Но радиоволны проходят сквозь облачный слой и, отразившись от поверхности планеты, приносят информацию о характере ее рельефа. В результате радионаблюдений в одном из участков экваториальной области Венеры было зарегистрировано свыше десяти кольцевых кратеров диаметром от 35 до 150 км. Был также обнаружен кратер с поперечником около 300 км и глубиной в 1 км. Ему присвоено имя известного физика, одного из пионеров исследования радиоактивности, Лизы Мейтнер.

В отличие от лунных кратеров, а также кратеров Меркурия, венерианские кратеры довольно сильно сглажены.

Кроме того, на Венере была обнаружена похожая на кратер кольцевая структура довольно правильной формы, окруженная сильно разрушенным двойным валом с поперечником около 2600 км. Однако относительно природы этого образования существуют различные точки зрения.

Как известно, Юпитер и Сатурн — это водородно-гелиевые планеты. Однако их многочисленные спутники являются телами земного типа. И как показали космические исследования последних лет, они тоже в свое время подвергались интенсивной метеоритной бомбардировке. Например, следы многочисленных метеоритных ударов видны на поверхности так называемых галилеевых спутников Юпитера Ганимеда и особенно Каллисто. Оба эти спутника покрыты толстыми ледяными панцирями, поэтому кратерные образования на них имеют значительно более светлую окраску, чем кольцевые структуры на Луне. На снимке Ганимеда хорошо виден также большой темный бассейн диаметром свыше 3000 км. Не исключено, что это «след» столкновения Ганимеда с очень крупным телом типа астероида.

Отчетливые метеоритные кратеры просматриваются и на поверхности некоторых спутников планеты Сатурн.

Так, например, на Мимасе, на стороне, постоянно обращенной к Сатурну, хорошо виден огромный метеоритный кратер, поперечник которого — 130 км — равен одной третьей части поперечника самого Мимаса. Как показывают расчеты, будь удар, вызвавший образование этого кратера, чуть сильнее, и Мимас развалился бы на части. Кратеры покрывают и всю остальную поверхность Мимаса,



Рис. 6. Спутник Юпитера Каллисто. (Снимок получен космическим аппаратом «Вояджер-1».)

делая его похожим на Луну. Они меньше по размерам, но зато довольно глубокие.

Есть крупные метеоритные кратеры и на поверхности другого спутника Сатурна — Дионы. Поперечник самого большого — около 100 км. От некоторых из них расходятся светлые лучи, видимо, образовавшиеся в результате выброса материала при ударах крупных метеоритных тел. Не исключено, правда, что лучи, о которых идет речь, представляют собой отложения инея на поверхности Дионы.

Наиболее крупные кратеры обнаружены на спутнике Сатурна Рее. Они достигают 300 км в поперечнике. Многие из них имеют центральные пики. Вообще, своим внешним видом Рея также весьма напоминает Луну или Меркурий.

С помощью автоматической межпланетной станции «Вояджер-2», побывавшей в районе Сатурна в конце августа 1981 г., на спутнике этой планеты Тефии был зарегистрирован кратер поперечником около 400—500 км. Специалисты считают, что этот кратер скорее всего обра-

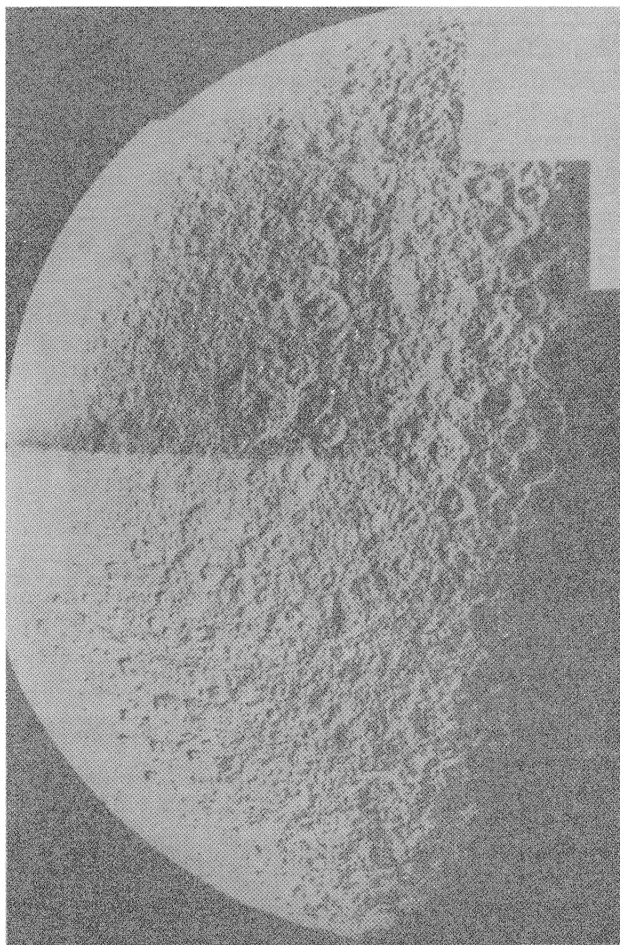


Рис. 7. Спутник Сатурна Рея. (Снимок получен космическим аппаратом «Вояджер-1».)

зовался в результате столкновения Тефии с массивным телом.

Кратер поперечником около 100 км обнаружен и на поверхности спутника Сатурна Гипериона. Оказалось также, что этот спутник обладает неправильной формой, похожей на картофелину. По мнению ученых, столь необычную форму Гиперион мог приобрести в результате космического столкновения.



Рис. 8. Аризонский метеоритный кратер.

Таким образом, образование кратеров в результате падения метеоритных тел — явление, характерное как для планет земной группы, так и для спутников планет-гигантов. Но в таком случае возникает вполне естественный вопрос: почему подобных кольцевых образований нет на нашей планете Земля?

Правда, кольцообразные воронки, возникшие на месте падения метеоритов на Земле, существуют. Один из таких кратеров находится в США в штате Аризона. Его поперечник около 1200 м, а глубина достигает 174 м. Целая группа метеоритных кратеров обнаружена и на острове Сааремаа в Эстонии. Наибольший из них имеет около 110 метров в поперечнике и заполнен водой.

Однако все эти и подобные им кратеры по своим размерам не идут ни в какое сравнение с наиболее крупными аналогичными кольцевыми образованиями, например, на Луне. И до недавнего времени считалось, что на Земле кратеров таких масштабов не существует вообще.

Это обстоятельство представлялось по меньшей мере странным, поскольку Земля формировалась в ту же эпоху, что и соседние с ней небесные тела. Следовательно в от-

даленном прошлом на ее поверхность также должны были падать крупные метеориты. Возможное объяснение состояло в том, что за миллионы и миллиарды лет гигантские воронки, образовавшиеся в местах их падения, подвергались воздействию целого ряда природных факторов, совокупность которых характерна именно для Земли: дождя, ветра, сезонных колебаний температуры, различных подвижек земной коры... Кроме того, на Земле существует биосфера, оказывающая весьма существенное преобразующее воздействие на строение поверхностных слоев нашей планеты.

В то же время, геологические структуры, подобные гигантским кольцевым метеоритным кратерам, могли возникать чисто земными путями, не имеющими никакого отношения к падениям космических тел. К числу таких явлений, способных вызвать образование больших круговых впадин, относятся, например, проседания поверхностных слоев в карстовых районах, всплывания ледяных масс в областях вечной мерзлоты, и, в особенности, вулканические процессы.

Можно ли отличить древние гигантские метеоритные кратеры — их называют астроблемами — скажем, от вулканических образований? Такая возможность, в принципе, существует. Дело в том, что вулканические процессы тесно связаны с определенным характером строения земной коры в данном районе, они подготовлены всей предшествующей историей развития того или иного ее участка. Расположение же метеоритных кратеров совершенно случайное, поскольку метеориты с равной степенью вероятности могли падать в любой точке нашей планеты. Иными словами, метеоритные кратеры располагаются вне всякой зависимости от геологических структур.

Так как падения крупных метеоритных тел сопровождаются выделением значительного количества энергии при ударе о земную поверхность, то в метеоритных кратерах, как правило, можно обнаружить сдвиги пород в радиальных направлениях. Кроме того, в результате дробления пород в районе крупных метеоритных кратеров нарушается характерное для данного района расположение магнитных силовых линий.

Наконец, в местах падения гигантских метеоритов обнаруживаются специфические конусовидные образования размером от нескольких сантиметров до нескольких метров, для возникновения которых необходимы сверхвысокие давления. При ударах большой силы происходит

также образование особых модификаций кварца, обладающих необычными физическими свойствами.

Чтобы оценить грандиозный характер явлений, возникающих при падении гигантских метеоритов, достаточно сравнить их с таким могучим природным процессом, как извержения вулканов. Во время гигантского взрыва, которым сопровождалось происходившее несколько лет назад извержение вулкана Безымянный на Камчатке, давление в ударной волне составило около 3—5 килобар. Это максимальное давление, которое может вообще развиваться в ходе геологических процессов. А при падении гигантских метеоритов развивается давление до 250 и более килобар.

Таким образом, в принципе имеется возможность отличить древние астроблемы от сходных по форме геологических образований. А это очень важно: выявление метеоритной природы гигантских кольцевых структур представляет не только теоретический, но и большой практический интерес. Если та или иная структура имеет не вулканическое, а метеоритное происхождение, то по-иному будут оцениваться возможности существования в данном районе полезных ископаемых.

В 1970 г. на севере Красноярского края была открыта одна из самых интересных в мире астроблем — Попигайская. Ее поперечник достигает 100 км, а глубина — 200—250 м. Расчеты показывают, что метеорит, породивший такую астроблему, должен был иметь несколько километров в поперечнике. Падение этого космического тела произошло около 40 млн. лет назад. Интересно, что в Попигайской астроблеме характер растительности соответствует зоне лесотундры, в частности, обильно произрастает лиственница. В окрестностях же астроблемы растительность практически отсутствует, даже еще значительно южнее простирается тундра. Возможно, подобное явление объясняется тем, что астроблема образует котловину, лежащую значительно ниже уровня окружающей местности. А может быть, в астроблеме существует интенсивный тепловой поток из земных недр. Окончательный ответ на этот интригующий вопрос могут дать только специальные исследования.

В настоящее время на территории Советского Союза известно несколько десятков древних кольцевых структур (из них около 20 — на территории Казахской ССР). Метеоритное происхождение этих объектов пока находится под сомнением.

Таким образом и Земля, и другие небесные тела планетного типа, входящие в состав Солнечной системы, на определенном этапе своего существования подвергались интенсивной метеоритной бомбардировке. Это еще одно свидетельство в пользу того, что планеты формировались в едином процессе. И еще один вывод, имеющий немаловажное значение для выяснения закономерностей образования и эволюции Солнечной системы: в ее истории был период, когда в околосолнечном пространстве двигалось большое число крупных метеоритных тел.

Дальнейшее изучение метеоритных кратеров позволит глубже заглянуть в историю Земли и Солнечной системы.

КОЛЬЦА ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ

Среди планет Солнечной системы своим необычным видом выделяется Сатурн. Он окружен удивительным и необычайно красивым образованием — кольцами, состоящими из множества мелких ледяных частиц и ледяных глыб размером до нескольких десятков метров, обращающихся вокруг основного тела планеты.

На протяжении длительного времени кольца Сатурна считались уникальным образованием в семье планет. Однако в 1976 г. с помощью наземных наблюдений несколько колец было обнаружено и вокруг седьмой планеты Солнечной системы Урана. А спустя некоторое время космическая станция «Вояджер-1» зарегистрировала наличие слабого кольца и у планеты Юпитер. Его толщина около 1 км. А образовано оно частицами, поперечник которых заключен в пределах от микрометра до нескольких метров.

Что же касается колец Сатурна, то, исходя из многолетних наблюдений, полученных наземными обсерваториями, астрономы полагали, что их четыре. Кольца обозначили большими буквами латинского алфавита А, В, С и D, начиная от четвертого кольца, которое в свое время считалось самым внешним. Поэтому, когда было обнаружено пятое, еще более удаленное от Сатурна кольцо, ему присвоили индекс Е.

Новая эпоха в изучении колец была открыта благодаря исследованиям Сатурна с борта американских межпланетных станций «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» в 1979—1981 гг. В частности, «Пионер-11» обнаружил самое дальнее кольцо, обозначенное буквой F, а «Вояджер-1» передал на Землю изображение колец D

и Е, существование которых вызывало определенные сомнения. Более того, анализ снимков, полученных с «Вояджера-1», привел ученых к выводу о возможном существовании еще одного — седьмого кольца.

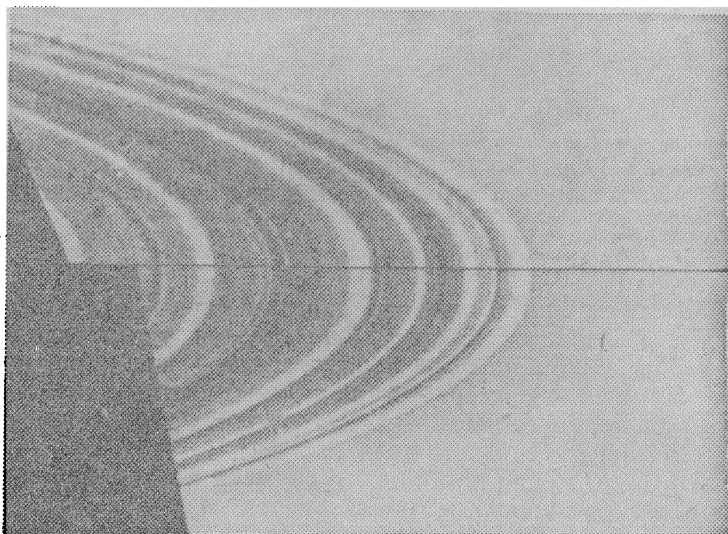


Рис. 9. Кольца Сатурна. (Снимок получен космическим аппаратом «Вояджер-1».)

Но поистине сенсационным было другое. Оказалось, что Сатурн окружен не шестью-семью широкими кольцами, а несколькими сотнями концентрических узких колец. По оценкам специалистов их число составляет от 500 до 1000! На photographиях «Вояджера-2» видно, что эти узкие кольца в свою очередь распадаются на еще более тонкие «колечки» или «пряди». Не менее удивительно и то, что далеко не все узкие кольца обладают правильной формой. Так, например, ширина одного из них изменяется от 25 до 80 км.

Чем объяснить подобную структуру колец? Наиболее интересным представляется предположение, согласно которому расслоение колец на многочисленные нити происходит благодаря гравитационному воздействию спутников Сатурна, в том числе и малых, открытых в самое последнее время с помощью космических аппаратов.

Обращает на себя внимание и сравнительно небольшая ширина кольца F. Скорее всего она также объясняется влиянием двух ранее неизвестных небольших спут-

ников Сатурна с поперечниками около 200 км. Один из них расположен у внешнего края кольца F, другой — у внутреннего. Как показывают расчеты, эти спутники своим воздействием «загоняют» частицы внутрь кольца. В связи с этим их образно называли «пастухами» — они как бы сторожат структуру кольца.

Еще одна удивительная особенность колец Сатурна — «спицы», странные образования, тянущиеся через кольца в радиальных направлениях на расстояние нескольких тысяч километров. Подобно спицам колеса, они вращаются вокруг планеты и прослеживаются на протяжении нескольких оборотов. Но если бы «спицы» являлись составной частью колец, то они должны были бы быстро разрушаться, так как частицы колец, расположенные на разных расстояниях от планеты, движутся с различными угловыми скоростями. Тщательный анализ фотографий, переданных космическими станциями, показал, что время полного оборота «спиц» в точности соответствует периоду осевого вращения самого Сатурна. В связи с этим высказано предположение, что «спицы» образованы мелкими частицами, расположенными над плоскостью колец и удерживаемыми электростатическими силами. А их вращение объясняется тем, что они увлекаются магнитным полем Сатурна.

И еще одна загадка: в кольце F были обнаружены утолщения и даже переплетения отдельных нитей. Явление труднообъяснимое с точки зрения законов обычной механики! Скорее всего оно также связано с электромагнитными воздействиями.

Открытие колец Юпитера и Урана говорит о том, что существование подобных структур закономерно для планет-гигантов. Судя по всему, их образование является результатом незавершившегося процесса формирования спутников планеты из частиц допланетного облака на близком расстоянии от нее. Впрочем, существуют и другие предположения.

ВУЛКАНЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Для современной астрономии характерно широкое применение «принципа сравнения». Если мы хотим изучить закономерности развития и строения какого-либо космического объекта, то один из весьма эффективных методов решения этой задачи состоит в том, чтобы отыскать во Вселенной другие подобные же объекты и постараться

выявить их сходство и различие с объектом, интересующим нас. Обнаружив причины этого сходства и этого различия, мы значительно продвинемся в решении поставленной задачи.

Сходство указывает на общность причин, определенных факторов, оказывавших влияние на эволюцию изучаемых объектов, различие — помогает отыскать те обстоятельства, которые предопределили разные пути их развития.

Вполне естественно, что при изучении даже самых отвлеченных научных проблем конечной целью исследований является применение новых знаний в человеческой практике. Такая направленность обусловлена социальной природой науки, как одной из форм человеческой деятельности. Не составляет исключения и астрономия. Изучая космические явления, астрономы думают, прежде всего, о Земле. В особенности это относится к исследованиям других планет Солнечной системы, позволяющим лучше познать наш собственный космический дом. Одной из важных задач такого рода является изучение вулканизма.

Вулканические процессы представляют собой одно из характерных проявлений внутренней жизни нашей планеты, отзвуки которого оказывают существенное влияние на многие геофизические процессы. О масштабах земного вулканизма говорит хотя бы тот факт, что на Земле насчитывается около 540 действующих вулканов, т. е. таких вулканов, которые хотя бы однажды извергались на памяти человечества. Из них 360 находится в так называемом Огненном поясе вокруг Тихого океана и 68 на Камчатке и Курильских островах.

Еще больше вулканов, как выяснилось в последние годы, расположено на дне океанов. Только в центральной части Тихого океана их не меньше 200 тысяч.

Во время одного только среднего по мощности вулканического извержения выделяется энергия, сравнимая с энергией 400 тысяч тонн условного топлива. Если же сравнить вулканическую энергию с энергией, заключенной в каменном угле, то при крупных извержениях их «угольный эквивалент» достигает 5 млн. тонн.

Множество твердых частиц выбрасывается из недр Земли во время извержений. Они поступают в атмосферу и, рассеивая солнечные лучи, оказывают заметное влияние на количество тепла, приходящее на Землю. В частности, имеются данные, свидетельствующие о том,

что некоторым периодам длительного похолодания в истории нашей планеты предшествовала сильная вулканическая активность. Современная наука располагает многочисленными данными, свидетельствующими о том, что вулканические явления происходят не только на Земле, но и на других небесных телах планетного типа, сходных с Землей по своей природе и строению.

Ближайшее к нам небесное тело — Луна и, судя по всему, условия ее формирования были близки к условиям формирования нашей собственной планеты. Поэтому сравнение с Луной представляет особенно большой интерес.

Как известно, в результате изучения Луны космическими аппаратами выяснилось, что подавляющее большинство лунных кольцевых гор-кратеров имеют ударное, метеоритное происхождение. Но тем не менее на поверхности нашего естественного спутника обнаруживаются и явные следы вулканической деятельности. Так, например, на Луне широко распространены базальты вулканического происхождения, встречаются и выходы застывшей лавы. Есть также основания предполагать, что концентрации масс — «масконы», обнаруженные с помощью искусственных спутников Луны под дном некоторых лунных морей, представляют собой не что иное, как застывшие лавовые пробки.

Существуют на поверхности Луны и такие образования, которые, возможно, связаны с вулканическими процессами еще более тесным образом. Речь идет о так называемых куполах — своеобразных круглых пологих вздутиях, на вершине которых иногда располагается образование, напоминающее вулканическую кальдеру (область обрушения вокруг кратера). Интересно, что подобные образования встречаются в довольно большом количестве и на Земле. Это — лакколиты, поднятия земной коры, возникшие в результате деятельности вулканических очагов. К их числу относятся, например, некоторые горы Северного Кавказа, которые большинство читателей наверняка хорошо знает, — Машук, Бештау, Змейка...

Вообще же в формировании лунного рельефа принимали участие как внешние — экзогенные процессы, так и внутренние — эндогенные. Примером совместного действия этих факторов является образование круглых морей. Согласно имеющимся в распоряжении исследователей Луны данным происходило это приблизительно так. В результате удара крупного метеоритного тела возни-

кала воронка глубиной в несколько десятков километров. С течением времени за счет упругости лунной коры дно воронки постепенно выпрямлялось, а примерно через 500 миллионов лет происходил прорыв лавы с глубины около 200 км. Заполняя дно воронки и застывая, лава образовывала ровную поверхность. Примерно таким же образом происходило формирование лунных кратеров с плоским дном, так называемых затопленных кратеров.

Ко всему этому можно добавить, что изучение снимков лунной поверхности, полученных с борта искусственных спутников Луны, показало, что в целом ряде мест на лунной поверхности имеются застывшие лавовые потоки и озера. Как считают специалисты, активные вулканические процессы происходили на Луне в основном в первые полтора миллиарда лет после ее образования. В пользу такого предположения говорят измерения возраста образцов лунного грунта, содержащих вулканические породы. Возраст этот оказался не менее 3 миллиардов лет.

Явные следы вулканической деятельности можно обнаружить и на космических фотографиях Меркурия — ближайшей к Солнцу планеты. Поверхность Меркурия почти сплошь покрыта огромным количеством кратеров. И хотя сами эти кратеры, как и лунные — ударного происхождения, на дне некоторых из них хорошо заметны следы излияния лавы.

Есть также ряд данных, которые говорят в пользу предположения о том, что на Венере вулканическая активность продолжается до настоящего времени. Как известно, температура поверхности этой планеты приближается к 500° Цельсия. Видимо, столь высокая температура объясняется, прежде всего, действием парникового эффекта, благодаря которому в нижних слоях венерианской атмосферы аккумулируется тепло, поступающее от Солнца. Но не исключено, что определенный вклад в эту температуру вносят и вулканические процессы, в частности, излияние на поверхность масс горячей лавы. Возможно, с вулканическими выбросами связано и значительное количество твердых частиц, которые, согласно некоторым данным, присутствуют в газовой оболочке Венеры.

Следует также отметить большое количество углекислого газа (97%) в атмосфере этой планеты. А как известно, выделение углекислого газа — характерная черта вулканических явлений.

Мы пока не знаем, какова природа кратеров на Венере,— вулканическая или метеоритная. Зато обнаружены три «светлых» пятна, т. е. области, лучше отражающие радиоволны.

Одна из них достигает 400 километров в поперечнике. По мнению специалистов, пятна, о которых идет речь,— это образования, сформированные лавовыми потоками.

В районе горного массива Максвелл, на вершине самой высокой на Венере горы расположена 100-километровая кальдера — вероятнее всего вулканического происхождения.

А над областью, обозначенной греческой буквой «Бета», зарегистрировано значительное возмущение гравитационного поля — явление, которое в земных условиях отмечается над районами расположения молодых (хотя и не обязательно действующих) вулканов. Предполагается также, что многочисленные лучи, расходящиеся в разные стороны от Беты,— это застывшие потоки лавы. Видимо, Бета — щитовой вулкан с поперечником основания около 800 км и 80-километровой кальдерой на вершине.

В пользу предположения о вулканических явлениях, происходящих на Венере в настоящее время, свидетельствуют многочисленные электрические разряды типа молний, зарегистрированные советскими станциями «Венера-11, 12 и 13» в районе некоторых венерианских гор. Подобные явления не раз отмечались и при извержении земных вулканов.

Обращают на себя внимание и огромные скорости движения газовых масс в атмосфере Венеры. При сравнительно медленном собственном вращении планеты (один оборот вокруг оси в течение 243 земных суток), скорость атмосферной циркуляции достигает 4—5 суток. Но подобные ураганные скорости должны быть связаны с затратами колоссальных количеств энергии. Возможно, что эта энергия поступает не только от Солнца, но также из недр планеты.

Анализ новых данных о Марсе, полученных главным образом с помощью космических аппаратов, показал, что и на этой планете весьма существенную роль в формировании рельефа играли вулканические процессы. Так, некоторые марсианские кратеры обладают центральными горками с темной точкой на вершине. Не исключено, что это — потухшие вулканы.

Есть на Марсе и горы, относительно вулканической природы которых нет никаких сомнений, например, гора Олимп высотой около 24 км. Для сравнения достаточно напомнить, что высочайшая горная вершина Земли Эверест не достигает и 9 км. Когда в 1971 г. на Марсе

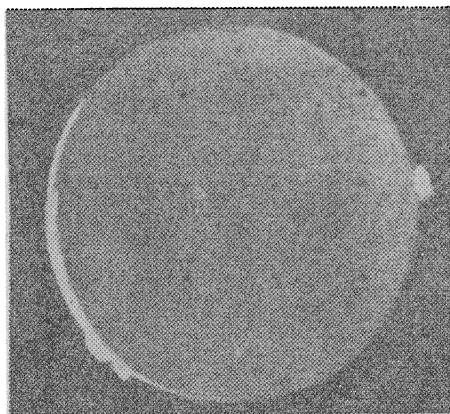


Рис. 10. Извержение вулкана на спутнике Юпитера Ио. (Снимок получен космическим аппаратом «Вояджер-1».)

бушевала сильнейшая пылевая буря, конус Олимпа возвышался над пылевой пеленой.

В том же районе расположено еще три гигантских потухших вулкана, высота которых лишь чуть меньше. Согласно оценкам специалистов, извержения этой группы вулканов происходили десятки или сотни миллионов лет назад. Они сопровождались выбросом огромных количеств пепла, вероятно, покрывающего в настоящее время многие равнинные области планеты. Наличие на Марсе столь высоких гор вулканического происхождения свидетельствует о большой мощи вулканических процессов, благодаря которым на поверхность планеты изливались огромные массы вещества.

Пожалуй, одним из самых интересных открытий, сделанных с помощью космических аппаратов, явилось обнаружение на спутнике Юпитера Ио 8—9 действующих вулканов. Они выбрасывают пыль и раскаленные газы на высоту до 200 км.

Вулканические процессы, происходящие на Земле, связаны с разогревом земных недр главным образом за счет распада радиоактивных элементов. Что же касается Ио, то здесь источником разогрева, по-видимому, служат

приливные возмущения со стороны соседних спутников Юпитера в его мощном гравитационном поле.

Несомненный интерес представляет тот факт, что хотя между фотографированием Ио станциями «Вояджер-1» и «Вояджер-2» прошло несколько месяцев, шесть из обнаруженных действующих вулканов продолжали извергаться. Чем объяснить столь большую длительность извержений? Интересную гипотезу выдвинул советский астроном Г. А. Лейкин.

Если Ио обладает собственным магнитным полем, не исключено, что на его поверхность происходит высыпание частиц из радиационных поясов Юпитера. Вполне возможно также, что в районах вулканических извержений существуют магнитные аномалии, способствующие концентрации таких частиц именно в этих местах. Под их воздействием может происходить испарение вещества поверхности, способствующее вулканическим явлениям.

Вулканические процессы могут протекать и на спутнике Сатурна Титане, который является одним из самых крупных спутников планет в Солнечной системе. Но только при извержениях на Титане изливаются не потоки горячей лавы, а жидкий метан и растворы аммиака.

Таким образом, вулканические процессы, судя по всему, представляют собой, несмотря на их разнообразие, закономерный этап эволюции небесных тел земного планетного типа. Поэтому изучение вулканических явлений на других планетах Солнечной системы несомненно будет способствовать более глубокому познанию закономерностей внутренней жизни Земли.

ЛУНА И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Незаменимой природной лабораторией физикам, изучающим строение материи, служат космические лучи. В потоках космического излучения, пронизывающих мировое пространство, можно встретить частицы с такой энергией, которую мы еще не умеем получать даже на самых мощных ускорителях.

Однако у «лаборатории космических лучей» есть и весьма существенный недостаток: если речь идет о поиске частиц, обладающих редкими свойствами, то ожидание может длиться многими десятилетиями. Ведь нельзя знать заранее, когда интересующая нас частица окажется именно в той точке пространства, где находится в данный момент регистрирующая аппаратура.

Физики пытаются выйти из положения, устанавливая в горных районах специальные фотопластинки с толсто-слойными эмульсиями. Пронизывая такие эмульсии, космические лучи оставляют в них свои следы — треки

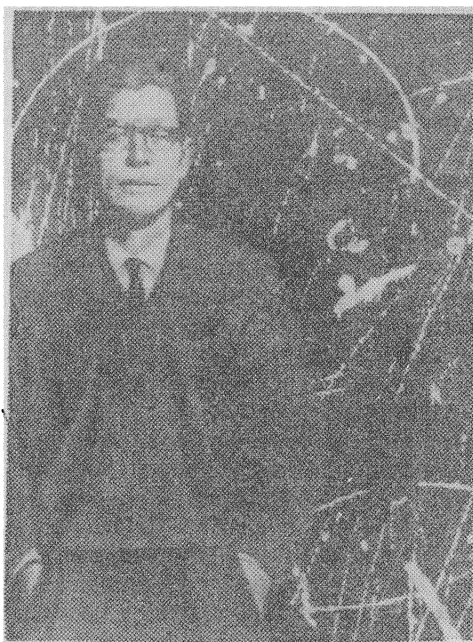


Рис. 11 Следы элементарных частиц в фотоэмульсии.

Но, во-первых, продолжительность подобных наблюдений пока еще невелика, а во-вторых, даже самые высочайшие горные вершины еще далеко не космос. Не все частицы могут пробиться сюда сквозь толщу земной атмосферы. Правда, с развитием техники физики получили возможность поднимать свои приборы на высотных самолетах, шарах-зондах и разного рода космических аппаратах. Но самолеты и шары-зонды могут обеспечить лишь кратковременные наблюдения, а космические аппараты появились сравнительно недавно.

И все же именно космические аппараты могут произвести в изучении космических лучей подлинный переворот. Они сделали доступной для исследователей лабораторию, где регистрация космических лучей ведется уже на протяжении миллиардов лет. Эта лаборатория тоже создана самой природой. Речь идет о Луне.

Как мы уже знаем, лунная поверхность, не защищенная атмосферой, подвергается непрерывной обработке частицами космических лучей. И лунные породы хранят следы этих ударов. Изучение таких следов уже началось.

Появились первые, чрезвычайно интересные сообщения. Индийские ученые Д. Лал и Н. Бхаудари в результате специальной обработки образцов, доставленных с Луны, обнаружили в кристаллах лунного вещества необычно длинные треки каких-то частиц. Один из них достигает 18 микрометров. Для сравнения можно указать, что частицы, образовавшиеся при спонтанном делении ядер атомов урана, дают треки длиной только до 14 микрометров.

А американский ученый Б. Прайс обнаружил в лунной породе трек еще в пятьдесят раз длиннее.

Каким же частицам могут принадлежать столь длинные следы?

Что касается треков, обнаруженных индийскими учеными, то не исключена возможность, что они оставлены осколками ядер атомов сверхтяжелых трансурановых элементов...

Как известно, на протяжении долгого времени последнее, девяносто второе место в периодической таблице Менделеева занимал уран. Благодаря успехам ядерной физики ученым удалось искусственным путем синтезировать целый ряд трансурановых элементов.

Главная трудность такого синтеза состоит в том, что трансурановые элементы чрезвычайно неустойчивы. Чем тяжелее ядро, тем быстрее оно распадается. Поэтому можно было ожидать, что получить элементы с номерами выше 103-го очень трудно или даже вообще невозможно. Однако когда в Дубне был синтезирован 104-й элемент, названный «курчатовием», то оказалось, что продолжительность его жизни составляет около трех секунд.

Проанализировав этот и некоторые другие факты, теоретики пришли к выводу, что в мире трансурановых элементов должны существовать своеобразные «островки устойчивости» — атомы, обладающие устойчивыми электронными оболочками. Предполагается, что подобные островки расположены в районе 106—114-го и 124—126-го элементов.

Но если некоторые трансурановые элементы действительно обладают большой продолжительностью жизни, то они должны существовать и в природе. Возникнув, скажем, при каких-либо бурных космических процессах, они

могли добраться и до Земли. А значит, имеет смысл искать их следы.

В последние годы такие поиски интенсивно ведутся в различных средах: в земной коре, в арктических льдах в древних отложениях на дне океанов и даже в старинных стеклах и зеркалах.

Но очень может быть, что наилучшие условия для подобных изысканий существуют на нашей древней спутнице Луне...

Какая же чудовищная частица могла оставить в лунном веществе след длиною чуть ли не в миллиметр? Не исключено, что это загадочный монополь — гипотетическая частица, предсказанная еще в 1931 г. известным английским физиком-теоретиком П. Дираком.

Как известно, электрические заряды, положительные и отрицательные, могут существовать независимо друг от друга. В природе имеются электроны и позитроны, протоны и антипротоны. В то же время магнитные заряды, северный и южный, неразрывно связаны между собой. Создать или хотя бы наблюдать монополь и антимонаполь, т. е. отделить друг от друга магнитные полюсы, никому никогда еще не удавалось.

Согласно расчетам Дирака, магнитный заряд монополя должен быть приблизительно в 70 раз больше, чем электрический заряд электрона. Следовательно, даже в весьма слабых магнитных полях монополь может приобретать колоссальную энергию. Поэтому, обладая монополем, мы могли бы довольно элементарными средствами создавать необычайно мощные ускорители, не говоря уже о том, что доказательство существования монополя помогло бы разрешить много трудностей теории происхождения космических лучей, в частности, объяснить необычайно высокие энергии некоторых космических частиц.

Кроме того, монополи, согласно подсчетам Дирака, должны обладать значительными массами и взаимодействовать друг с другом в несколько тысяч раз интенсивнее, чем элементарные электрические заряды. В связи с этим выделение монополя и антимонполя в чистом виде гораздо труднее, чем обычных элементарных частиц. Но, с другой стороны, значительно меньше и вероятность их взаимной аннигиляции. Благодаря этому монополи могли бы явиться превосходными «снарядами» атомной артиллерии для бомбардировки различных элементарных частиц, «снарядами», которые можно разгонять до огромных энергий и употреблять много раз подряд. Это привлекло

к поискам монополя многих физиков, поискам, которые пока что остались безрезультатными.

Но дело не только в заманчивых практических возможностях, которые сулит получение монополя. Вопрос о существовании элементарных магнитных частиц представляет большой теоретический интерес.

Как обнаружение монополя, так и открытие закона, «запрещающего» его существование, имело бы одинаково важное значение для развития физических представлений о строении мира.

НЕВИДИМЫЕ МИРУ СПУТНИКИ

Разные планеты «владеют» различным количеством спутников. Это «богатство» распределено в Солнечной системе явно неравномерно. У гиганта Юпитера их 15, у Сатурна по некоторым данным — больше 20, а по мере приближения к Солнцу число спутников резко понижается. У Марса всего два спутника — знаменитые Фобос и Деймос, у Меркурия и Венеры их нет совсем.

У Земли единственный естественный спутник — Луна.

Впрочем, надо еще уточнить, что называть спутником. Мы привыкли к тому, что наша Луна — шаровидное тело, но ведь, вообще говоря, спутники планет могут быть и иными. Важно только, чтобы они были связаны с данной планетой силами тяготения.

В каких же состояниях вообще может находиться в космосе твердое вещество? В виде отдельных бесформенных глыб и в виде... пыли, пылевых облаков. Что касается отдельных глыб, то вполне возможно, что у Земли есть несколько таких спутников. Но зарегистрировать их никому не удавалось, хотя некоторые косвенные свидетельства их существования имеются.

А спутники пылевые?

Еще в XVIII столетии знаменитый французский математик Лагранж, исследуя задачу движения трех взаимодействующих тел, пришел к заключению, что при определенных условиях эти тела могут образовать в пространстве весьма любопытный равносторонний треугольник.

Само собой разумеется, что с течением времени каждое из трех тел будет перемещаться по своей орбите относительно общего центра масс. Но все дело в том, что при этих перемещениях они все время будут оставаться в вершинах равностороннего треугольника. Сам этот треугольник непрерывно видоизменяется, то сжимаясь, то растяги-

ваясь и поворачиваясь относительно центра масс. Но при этом он всегда остается равносторонним. Таким образом, в системе трех тел могут существовать своеобразные «точки равновесия».

А если система состоит только из двух тел, как, например, система «Земля—Луна»? Тогда в ней все равно есть, так сказать, потенциальная «точка равновесия», образующая вместе с двумя другими телами вершины равностороннего треугольника. А так как в плоскости, в которой уже происходит движение двух тел, всегда можно построить пару равносторонних треугольников с двумя совпадающими вершинами, где находятся эти два тела, то, очевидно, в системе двух тел всегда должны существовать две «точки равновесия». Хотя до поры до времени эти точки могут оставаться и незанятыми.

Однако если какое-либо тело окажется в точке Лагранжа и при этом мгновенно потеряет скорость относительно Земли и Луны, то оно попадет как бы в гравитационную ловушку и останется в ней навсегда или, во всяком случае, очень надолго.

На первых порах, пока «ловушка» еще пуста, она работает плохо — частицы беспрепятственно пролетают через «зону равновесия» и уходят своей дорогой. Но по мере заполнения «ловушки» веществом процесс «захвата» будет ускоряться. Теперь пролетающие частицы могут сталкиваться с теми, которые уже попались в невидимые сети, и, теряя скорость, пополнять «улов».

Хотя процесс этот чрезвычайно медленный, можно было ожидать, что за многие сотни миллионов лет в точках Лагранжа системы «Земля—Луна» должно было накопиться заметное количество вещества: ведь в околоземном пространстве движется множество пылинок, а возможно, и более крупных тел.

Еще в начале текущего столетия были обнаружены спутники, расположенные в точках Лагранжа системы «Солнце—Юпитер». Вблизи каждой из этих точек астрономы обнаружили по несколько астероидов.

Всем им были присвоены имена героев древнегреческого эпоса о Троянской войне. Большую группу стали называть «греками», меньшую — «троянцами».

Однако аналогичные спутники Земли, возможное существование которых вытекало из теории, долгое время обнаружить не удавалось. Дело в том, что увидеть подобный спутник можно только тогда, когда соответствующая точка Лагранжа располагается в области небосвода, про-

тивоположной Солнцу, и в то же время достаточно далеко от светлой полосы Млечного Пути. И ко всему этому надо, чтобы ночь была безлунной...

Подобные благоприятные сочетания осуществляются в природе крайне редко. Астрономы многие годы фотографировали точки Лагранжа, но никаких следов твердого вещества не обнаруживали. И только несколько лет назад наконец удалось сфотографировать «невидимые» спутники нашей планеты. Они оказались довольно внушительными: поперечник каждого из них сравним с поперечником Земли.

Впрочем, масса этих пылевых облаков по космическим меркам довольно незначительна — всего около 20 тыс. тонн. И уж вовсе не велика их плотность — одна пылинка на кубический километр. Не удивительно, что их так трудно было обнаружить.

Тем не менее с облаками космической материи, расположенными вблизи «точек равновесия», видимо, придется всерьез считаться при выборе траекторий движения космических кораблей.

С другой стороны, весьма заманчиво создать в точках Лагранжа космические орбитальные станции. Их положение в пространстве длительное время почти не придется корректировать. Но тогда, вероятно, возникнет необходимость каким-то образом избавиться от скопившегося в этих районах вещества. Оно может оказаться опасным для сооружений станции и мешать научным наблюдениям.

БЫВАЕТ ЛИ ДВИЖЕНИЕ ПО ИНЕРЦИИ?

Очень важную роль в понимании движений небесных тел, в частности планет Солнечной системы, сыграло открытие Галилеем закона инерции.

В те времена, когда этот закон был еще неизвестен, великий Кеплер, пытаясь найти причину, заставляющую планеты безостановочно обращаться вокруг Солнца, искал загадочную силу, подталкивающую планеты и не дающую им остановиться.

Теперь хорошо известно, что круговое движение планет складывается из двух движений — прямолинейного и равномерного движения по инерции и падения на Солнце под действием солнечного притяжения.

Но вот несколько неожиданный вопрос: существует ли в реальном мире движение по инерции?

На всю жизнь запомнился мне поучительный случай. Я тогда учился в школе, кажется, в восьмом классе, и мы проходили на уроках физики три закона Ньютона.

На заключительное занятие наш учитель, человек изобретательный и отлично знавший физику, пришел с проекционным фонарем и коробкой диапозитивов.

— Сейчас я буду показывать картинки, — сообщил он. — На них изображены различные ситуации. А вы должны внимательно в них всматриваться и говорить, какой из трех законов Ньютона в них проявляется. Начнем...



На экране появилась первая картинка. Бегущий мальчик зацепился за камень и стремительно падает, выставив вперед руки.

— Итак, о каком законе Ньютона идет речь?

— О первом, — ответили мы дружным хором.

И у нас были основания для подобного ответа: дело в том, что за несколько дней до этого нам попалась на глаза пояснительная записка к комплекту диапозитивов «Три закона Ньютона». Уж не знаю, кем она была составлена, но в аннотации к номеру первому — «падающему мальчику» — говорилось:

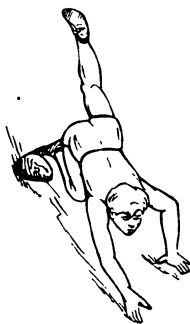


Рис. 12. Мнимая иллюстрация первого закона Ньютона.

«Иллюстрация к первому закону Ньютона — закону инерции. Мальчик на бегу зацепился ногой за камень, но верхняя часть его тела продолжает двигаться по инерции. В результате мальчик падает...» Или что-то в этом роде.

— Допустим, — сказал учитель. И вызвал меня к доске.

Я бодро начал:

— Мальчик на бегу зацепился ногой...

— Так... значит, первый закон?

Я кивнул.

— Хорошо. В таком случае вспомним, как он читается?

— Тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно

не понуждается внешними силами изменить это состояние,— без запинки отбарабанил я ньютоновскую формулировку.

— Верно... А теперь переведем это на привычный физический язык. Если на тело не действуют внешние силы, его ускорение равно нулю. Не правда ли?..

— А покой? — спросил кто-то с места. — Вы о нем ничего не сказали?

— Покой — частный случай движения, когда скорость равна нулю... Итак, о чем же говорит и о чем *не* говорит первый закон? Он говорит только о том случае, когда силы равны нулю. И ни о чем другом! А если силы не равны нулю — первый закон об этом ничего не «знает».

Это было нечто новое. До того дня мы просто старались запомнить формулировки трех законов и научиться решать задачи. Теперь же первый закон Ньютона как бы приоткрылся для нас и с другой своей стороны. Вдруг мы поняли, что «падение мальчика» на картинке не имеет к первому закону ровным счетом никакого отношения.

В самом деле, мальчик зацепился ногой за камень. Но ведь это значит, что на него подействовала сила и в движении мальчика появилось ускорение. С этого момента его движение перестало быть равномерным и прямолинейным... Действительно, первый закон о таком случае ничего сказать не может.

А из всего этого следует важный вывод. О движении по инерции можно говорить только тогда, когда на данное тело не действуют абсолютно никакие силы. Или хотя бы равнодействующая всех сил равна нулю.

Довольно часто приходится слышать такие высказывания: «Двигатели выключились, и ракета продолжала движение по инерции», «Шофер затормозил, но машина по инерции продолжала скользить по ледяной поверхности дороги».

Правомерны ли подобные выражения? Пожалуй, только в литературном смысле. В действительности же и ракета после выключения двигателей, и автомобиль после начала торможения двигались ускоренно. В первом случае это ускорение (положительное или отрицательное) ракете сообщила сила притяжения Земли, во втором — отрицательное ускорение машине сообщила сила трения между протекторами колес и полотном дороги.

Если встать на абсолютно строгую точку зрения, то вряд ли вообще в природе можно указать хотя бы один случай движения «по инерции» в чистом виде, в точном

соответствии с первым законом Ньютона. Ведь на любой объект, где бы он ни находился, всегда действуют силы притяжения множества небесных тел.

Речь может идти лишь о таких случаях, когда допустима известная идеализация, т. е. силы, действующие на данное тело, столь незначительны, что практически не оказывают на его движение никакого влияния.

Но без этой существенной оговорки первый закон Ньютона в природе практически никогда не выполняется — это лишь крайний, предельный случай ускоренного движения.

ОРБИТАЛЬНЫЕ ПАРАДОКСЫ

Как мы уже знаем, в основе движения небесных тел лежат законы Кеплера и закон тяготения Ньютона. Эти законы сделались настолько привычными, что невольно может сложиться впечатление, будто в движении космических объектов многое можно предугадать и без расчетов, так сказать, качественно, исходя из физического содержания вышеупомянутых законов. Иногда это в самом деле неплохо удается. Однако в ряде случаев расчеты приводят к результатам, совсем не похожим на те, которые казались нам чуть ли не очевидными...

Космический корабль стартует с борта искусственного спутника Земли, движущегося вокруг планеты по эллиптической орбите. В какой момент выгоднее осуществить пуск — когда спутник будет в апогее или в перигее?

Казалось бы, ответ совершенно ясен: разумеется, в апогее: ведь чем дальше от Земли, тем слабее земное притяжение, тем ниже скорость освобождения, а следовательно, тем меньше необходимый расход топлива.

Однако не следует забывать, что, согласно второму закону Кеплера, спутник движется по своей орбите с переменной скоростью. И в апогее она самая низкая, а в перигее — наиболее высокая.

Что выгоднее? Меньшая скорость освобождения в апогее, но зато и меньший запас начальной скорости или больший запас начальной скорости в перигее, но зато и более высокая скорость освобождения, которую должен набрать корабль?

Никакие качественные соображения не дадут ответа на этот вопрос — нужны точные расчеты.

Необходимо вычислить для апогея и перигея разности между скоростью движения искусственного спутника и

скоростью освобождения в данной точке околоземного пространства и сравнить эти разности между собой. Очевидно, предпочтение будет отдано тому варианту запуска искусственного спутника, для которого эта разница окажется меньшей.

Рассмотрим конкретный пример. Пусть запуск космического корабля осуществляется с борта искусственного спутника Земли, который движется по орбите с высотой апогея 330 км и высотой перигея 180 км.

Значения скорости освобождения для разных высот давно вычислены и сведены в специальные таблицы. Заглянув в такую таблицу, мы найдем, что для высоты перигея орбиты этого спутника Земли она составляет 11 040 м/с, а для высоты апогея 10 918 м/с.

Не представляет особого труда рассчитать и скорость движения спутника в перигее и апогее. Она составляет соответственно 7850 и 7680 м/с.

Теперь вычислим искомые разности.

Для перигея $11\,040 - 7850 = 3190$ м/с,

для апогея $10\,918 - 7680 = 3238$ м/с.

Таким образом, более выгодной точкой для старта является не апогей, как могло показаться на первый взгляд, а перигей.

Любопытно, что с увеличением эллиптичности орбиты преимущества перигейного старта возрастают в еще большей степени и парадоксальность ситуации становится особенно отчетливой. Например, при сильно вытянутой орбите с перигеем на расстоянии 40 тыс. км от Земли и апогеем, расположенным за лунной орбитой на расстоянии 480 тыс. км от нашей планеты, достигнуть второй космической скорости и вырваться из «тисков» земного притяжения в четыре (!) раза легче из района перигея, чем из района апогея.

Странно получается, не правда ли?

Этот факт лишний раз демонстрирует обманчивость многих наглядных представлений. Впрочем, следует еще раз подчеркнуть, что парадокс, о котором идет речь, справедлив только при сравнении выгодности запусков с одного и того же спутника, движущегося по данной орбите.

Интересно, что при снижении искусственного спутника Земли имеет место обратный парадокс. Казалось бы, выгоднее включать тормозную двигательную установку и начинать торможение в тот момент, когда спутник проходит перигей, т. е. находится ближе всего к земной поверхности.

Но расчеты показывают, что и в этом случае главную роль играет не расстояние от Земли, а скорость движения спутника по орбите. В апогее она ниже, и потому с точки зрения расхода топлива начинать спуск целесообразнее всего именно с апогейного участка орбиты. Правда, в данном случае речь идет о несколько идеализированной задаче, поскольку не принимается во внимание скорость вхождения спутника в плотные слои земной атмосферы.

Рассмотрим теперь еще один космонавтический парадокс, идущий вразрез с обычными представлениями земной механики. Наши привычные представления свидетельствуют о том, что чем быстрее мы будем двигаться, тем скорее преодолеем заданное расстояние. При движении космических аппаратов в полях тяготения небесных тел это утверждение справедливо не всегда. Например, оно отказывается служить при полетах с Земли к планете Венера.

Как известно, Земля обращается по орбите вокруг Солнца со скоростью около 29,8 км/с. Следовательно, такую же начальную скорость относительно Солнца имеет и космический аппарат, стартующий с орбиты искусственного спутника Земли. Орбита Венеры расположена ближе к дневному светилу, и поэтому для того, чтобы ее достичь, начальную скорость аппарата относительно Солнца надо не увеличить, как, скажем, при полете к Марсу, а уменьшить. Но это еще пока только первая «половина» парадокса. Оказывается, чем меньше будет эта скорость, тем быстрее космический аппарат достигнет орбиты планеты Венеры. Как показывают расчеты, при скорости отлета, равной 27,3 км/с относительно Солнца, полет будет продолжаться 146 суток, а при скорости 23,8 км/с — всего 70 суток.

Таким образом, наши привычные земные представления далеко не всегда применимы к движению космических аппаратов.

«ЭТЮДНОЕ РЕШЕНИЕ»

(научная фантастика)

Транспортный звездолет «Омикрон» совершал очередной рейс к Мегосу, имея на борту двенадцать человек экипажа и 360 пассажиров. Капитан Менг и штурман Гасконди молча смотрели на табло и оба отчетливо понимали, что положение безнадежное... Ошибка произошла

в момент выхода из гиперпространства. Что-то не работало в сложном хозяйстве автоматического управления кораблем. Ничтожное отклонение от программы, малозаметная флуктуация, впрочем ее оказалось достаточно, чтобы звездолет оказался в пяти парсеках от расчетной точки... А здесь его поджидал белый карлик — маленькая звездочка с огромной плотностью и могучим тяготением.

Были включены на полную мощность все двигатели. Это лишь спасло «Омикрон» от падения в пылающую бездну, но было недостаточно, чтобы разорвать цепи притяжения. Теперь корабль двигался вокруг карлика по замкнутой орбите на среднем расстоянии около 20 тысяч километров от центра звезды и всей мощи его двигателей не хватало, чтобы вырваться из плена. К тому же, расчетное время истекло и запасы энергии, необходимой для поддержания защитного поля, противостоящего испепеляющему жару звезды, подходили к концу.

— Сколько? — резко спросил Менг, не отрывая глаз от табло, где маленькая красная точка прочерчивала аккуратный эллипс вокруг звезды.

Штурман, давно привыкший с полуслова понимать своего командира, быстро нажал несколько клавиш на пульте вычислителя.

— Шесть с половиной часов... Может быть, пошлем SOS?

Карлик был слишком близко. И хотя звездолет охраняло защитное поле, Менг почти физически ощутил горячее дыхание звезды. Пока охраняло... Но через шесть с половиной часов энергия иссякнет и тогда...

— Нельзя ли ослабить защиту? — спросил Менг.

— Поле и так минимальное, — коротко отозвался Гасконди. — Так как насчет SOS?

Менг, не отвечая, опустил в свое кресло и закрыл глаза. Сейчас ему предстояло решить задачу, непосильную даже самому совершенному вычислительному устройству...

Разумеется, в сложившейся ситуации он обязан был дать SOS. Этого требовал «Космический устав». Но Менг точно знал, что в их секторе сейчас нет ни одного корабля, способного оказать помощь «Омикрону». Ближайшая станция находилась на Мегосе, а звездолет от него на таком расстоянии, которое обычная радиogramма преодолевает лишь за многие месяцы. Чтобы сигнал бедствия дошел вовремя, надо было посылать его через гиперпространство. Подобная радиопередача требовала слиш-

ком большого расхода энергии. А энергия нужна для защиты от белого карлика: она давала «Омикрону» лишние секунды и минуты.

И все же Менг решил бы на гиперпространственную радиопередачу, если бы была хоть малейшая надежда. В галактическом флоте насчитывается всего три или четыре корабля, способных в такой ситуации приблизиться к «Омикрону», чтобы пополнить запасы его энергии или взять на буксир, и при этом не попасть самим в гравитационную ловушку. Но Менг хорошо знал, что все они сейчас находятся в дальних секторах и ни при каких обстоятельствах не успеют подойти к нему вовремя...

— Мы можем выиграть немного времени,— сказал Гасконди.— Минут тридцать...

Капитан вопросительно посмотрел на штурмана.

— Если снять искусственную тяжесть,— пояснил Гасконди.

— Нет,— решительно сказал Менг.— Среди пассажиров есть женщины и дети...

Вот еще одна проблема, которую никто не может решить, кроме командира корабля. Пассажиры!.. Сейчас они спокойно отдыхают в своих каютах, в полной уверенности, что через пару суток благополучно прибудут к месту назначения. И никто из них даже не подозревает, что всего шесть с половиной часов отделяют корабль от неизбежной катастрофы... Должен ли он оповестить пассажиров о случившемся? Или оставить их в счастливом неведении до самого конца?

За свою долгую космическую службу капитан Менг не раз попадал в критические положения. Но это были ситуации, из которых существовал выход. Тогда все решали опыт и находчивость командира,— требовалось в считанные секунды найти оптимальное решение. И до сих пор Менг всегда его находил.

Но сейчас выхода не было. Об этом неумолимо свидетельствовал несложный расчет, который мог бы произвести любой студент. И от капитана Менга уже ничего не зависело. Он мог применять какие угодно средства, но исход все равно оставался один.

А это означало, что им следовало покориться своей участи и безропотно ждать, пока испепеляющее дыхание звезды не превратит «Омикрон» в сверкающую вспышку.

Сдаться без борьбы?.. Ничего подобного у Менга еще не было. «Но такое и случается только один раз»,— горько усмехнулся про себя Менг.

Нет, все равно надо бороться. Не сдаваться ни при каких обстоятельствах. Даже, если ситуация кажется безнадежной.

— Ты просчитал все возможности? — спросил он, посмотрев на штурмана.

Гасконди медленно повернул голову. Впервые с того момента, как табло сообщило о близкой катастрофе, они взглянули друг другу в глаза. Гасконди пожал плечами:

— Сам ведь знаешь...

— И все же надо еще раз проверить все варианты.

— Но это же элементарный случай! — взорвался Гасконди. — Какие могут быть варианты?..

Капитан Менг понимал это ничуть не хуже своего штурмана. Классическая ситуация, которую исследовали вдоль и поперек еще на заре космических полетов и которой много лет уже никто не интересовался. Новейшие средства навигации избавили космонавтов от подобной угрозы. По крайней мере, за последние пятьдесят лет в гравитационные ловушки не попадал ни один корабль. И только «Омикрон» не повезло...

Но, может быть, именно в этом и заключен их единственный шанс? В том, что теоретически этой проблемой давно не занимались. А наука ведь не стоит на месте. И если еще раз взглянуть на безвыходную ситуацию, в которой они оказались, с позиций современного знания, возможно, и отыщется вариант, не учтенный классической навигацией.

Во всяком случае, искать надо. Но как убедить Гасконди? Штурман он отличный и работает безошибочно. Менг не помнил случая, чтобы Гасконди хоть в чем-то отклонился от «Инструкции». Но в этом было и его уязвимое место. Тому, кто совершает ошибки и умеет их исправлять, волей-неволей приходится действовать в непредусмотренных ситуациях. Гасконди же поклонялся одному непогрешимому и всемогущему богу — «Инструкции».

«Увы, его мозг, — с сожалением подумал капитан — не запрограммирован на открытие нового...» — И еще с сожалением подумал о том, что всегда больше увлекался инженерной стороной дела, а теории движения космических кораблей уделял значительно меньше внимания. Основы, разумеется, он знал достаточно хорошо и при случае вполне мог бы заменить Гасконди, но сейчас этих знаний было недостаточно...

— Предлагаешь ждать? — спросил Менг, отвернувшись. — Вот так сидеть и ждать, пока не кончится?..

— Я предлагаю послать SOS, — угрюмо повторил штурман. — Как того требует «Инструкция».

— Нет, — отрезал Менг. — Сообщить о своей гибели мы еще успеем. А пока мы с тобой обязаны что-то предпринять... Даже вопреки всем инструкциям.

Гасконди обиженно поджал губы.

— Хотел бы я посмотреть...

Менг встал и подошел к штурманскому креслу:

— Подумаем вместе. А что, если...

Они не заметили, как в рубку вошел Верин, и увидели его, когда он уже стоял возле главного пульта, вглядываясь в табло.

Вообще-то, заходить в командную рубку пассажирам воспрещалось самым строжайшим образом. Но Верин был не просто пассажиром. В основе конструкции «Омикрона» лежала созданная им физическая теория. Верину принадлежало бесчисленное множество оригинальных идей, оказавших заметное влияние на развитие физики и астрофизики. В университете Мегоса он собирался прочитать курс лекций по теории гиперпространства.

Но все же на «Омикроне» Верин летел как пассажир, и Менг с тревогой подумал о том, что их бедственное положение теперь перестало быть секретом.

— Любопытная ситуация, не правда ли?

В создавшемся положении эти слова прозвучали довольно странно, да и произнесены они были с каким-то неуловимым оттенком не то сарказма, не то непонятого удовлетворения.

Гасконди только пожал плечами.

— Не хватает мощности, да? — спросил Верин, оторвавшись наконец от табло.

— Как видите, — не слишком вежливо буркнул Гасконди.

— И тепловая защита иссякнет через несколько часов?

— Через шесть с половиной, — машинально ответил Менг.

— Так, — неопределенно протянул теоретик. — М-м, так...

В его глубоко посаженных глазах вспыхнули азартные искорки, и в этот момент он невольно напомнил Менгу охотника, неожиданно увидевшего редкую дичь. Казалось, Верина совсем не интересовало, что дичью-то в сложившейся ситуации был как раз он сам... Взгляд

его погас и устремился вдаль, словно Верин сквозь непрозрачную стенку звездолета всматривался во что-то скрытое в глубине космоса и доступное ему одному.

«Недаром говорят,— подумал Менг,— что он живет только наукой».

Но Верин жил не только наукой. Увидев табло, он прежде всего подумал о своей старой матери, оставшейся на Земле. О том, как тяжело она будет переживать гибель сына... И через мгновение его изобретательный ум стал искать выход. Верин привычным усилием воли отбросил все, кроме условий необычной задачи, поставленной нелепым стечением обстоятельств. Задачи, которая согласно всем существующим канонам не имела положительного решения. Но Верин всю свою жизнь решал именно такие задачи...

— Могу я воспользоваться вашим вычислителем? — спросил он, на секунду выйдя из задумчивости.

— Но ведь, все равно... — начал было Гасконди.

Менг молча положил руку ему на плечо.

Однако Верин, казалось, не обратил на этот маленький инцидент никакого внимания. Не теряя времени, он подошел к пульту и стал одну за другой быстро нажимать клавиши, то и дело поглядывая на выходное устройство.

Менг попытался уследить за его выкладками, но очень быстро потерял нить. Он успел лишь понять, что расчеты Верина к их ситуации прямого отношения не имеют.

«Странно мы все-таки себя ведем, нелепо,— вдруг подумал Менг.— Нам осталось существовать всего шесть часов, а Гасконди печется об инструкциях, Верин увлекся какой-то теоретической задачей, а я спокойно за ними наблюдаю, как будто ничего не произошло... А может быть, все дело в том, что ценность времени относительна — и шесть часов, если это шесть часов до конца,— совсем не так уж мало?»

Теоретик неожиданно оторвался от пульта и, взглянув на штурмана, спросил:

— Вы считаете задачу неразрешимой?

Самолюбивый Гасконди пристально всматривался в Верина: нет ли подвоха?..

— Случай элементарный,— произнес он, наконец, глядя куда-то в сторону.— Две силы: притяжение карлика и наша тяга... Тут все ясно. Чтобы развить вторую космическую, тяги явно не хватит.

— М-да,— пробурчал Верин.— Возможность решения задачи зависит от того, как она сформулирована. В вашей постановке эта задача,— он кивнул на табло,— действительно неразрешима.

— Увы, не я эту задачу поставил,— возразил было Гасконди.

Однако Верин его уже не слышал... Он снова задумался, мгновенно отключившись от окружающего...

И в этот момент у Менга впервые шевельнулась надежда. Он лучше, чем кто-либо другой, понимал, что спасти их сейчас может только чудо. А так как чудес не бывает, необходимо какое-то сверхоригинальное, неожиданное, из ряда вон выходящее решение. И если вообще можно было ожидать от кого-либо чего-то подобного, то именно от Верина.

Капитан с уважением посмотрел на теоретика. Кто бы мог подумать? Маленький, щупленький, с заостренным носом — вовсе не титан. Как ему удастся видеть то, чего не могут разглядеть другие?

— Вы знаете анекдот о собаке? — вдруг спросил Верин.

И так как оба космонавта молчали, продолжал:

— Представьте себе,— сказал один физик другому,— что собаке привязали к хвосту металлическую сковородку. Если собака побежит, сковородка будет стучать о мостовую. С какой скоростью должна бежать собака, чтобы не слышать звука?.. И, как это ни странно, тот другой физик не мог найти ответа на этот вопрос...

— А вы как думаете, с какой скоростью должна бежать собака? — неожиданно спросил Верин, и, загадочно улыбаясь, в упор посмотрел на Гасконди.

— Не знаю,— глухо пробормотал штурман и умоляюще взглянул на Менга. Было заметно, что он с трудом сдерживается...

Но, встретив напряженный взгляд капитана, Гасконди весь как-то сжался и, скрипнув зубами, нехотя выдал:

— Судя по всему, она должна бежать со сверхзвуковой скоростью...

— Вот, вот,— захохотал Верин.— Именно так предположил и тот физик... А верный-то ответ абсолютно прост: скорость собаки должна равняться нулю... Элементарно... Но все дело в том, что задача была сформулирована так: какова должна быть скорость? Скорость... Вот в этом-то весь и фокус. Даже физики иногда забывают, что скорость, равная нулю, тоже скорость...

Прямолинейный и бесхитростный Гасконди смотрел на Верина широко раскрытыми глазами. Да и Менгу стало как-то не по себе, хотя он отлично понимал, что этот анекдот сейчас понадобился теоретику уж, конечно, не для развлечения, а как своеобразная передышка. Сейчас работало подсознание, а сознанию надо было дать отдых.

«Впрочем,— подумал Менг,— должно быть неспроста ему пришел в голову именно этот анекдот... Может быть, он все-таки что-то уже нашупал?..»

И, словно подтверждая его оптимистическое предположение, Верин вновь уткнулся в пульт и, смешно, по-детски поджав губы, начал виртуозно играть на клавиатуре.

Менг и Гасконди молча ждали. Наконец, Верин оторвался от клавишей и вздохнул не то облегченно, не то разочарованно, но в его прищуренных серых глазах снова заблестели беззаботные искорки.

— Вы играете в шахматы? — осведомился он будничным голосом.

— Да,— сказал Менг.

— Знаете, что такое этюдное решение? Позиция начисто проиграна, однако есть ход, казалось бы, ускоренно ведущий к поражению. Но именно этот странный ход приносит победу...

Теперь Менг точно знал, что Верин нашел-таки выход.

— И что же? — спросил он, не в силах сдерживать нетерпение.

Верин внимательно посмотрел на капитана.

— Мы должны сделать этюдный ход,— произнес он медленно, как бы еще раз что-то взвешивая.

В рубке воцарилось молчание. Капитан стоял неподвижно, сжимая спинку своего кресла.

— Необходимо включить тягу,— сказал Верин. Он быстро набросал на листе несколько цифр и протянул бумажку Менгу.

— Но,— пробормотал смятенно Гасконди,— ведь это же все равно ничего не даст. Разве что сделает орбиту более вытянутой.

— Вот, вот,— сказал Верин.

— Но тяга съест всю энергию. А, следовательно, тепловая защита...

— Подожди,— оборвал Менг. «Не все ли равно,— подумал он,— через шесть часов или через три...»

Но в душе капитан Менг доверял Верину. Без колебаний он протянул руку к главному пульта и один за

другим перевел на несколько делений четыре красных рычага.

Гасконди побледнел.

Послышалось характерное жужжание двигателей, щелкнули реле противоперегрузочной защиты.

— Может быть, теперь вы объясните? — попросил Менг.

— Если я не ошибаюсь, — медленно начал Верин, — «Омикрон» состоит из двух обособленных частей?

— Да, — подтвердил Менг. — В одной — командный комплекс и двигатели, в другой — каюты и подсобные помещения.

— И эти части можно отделить и отвести друг от друга на значительное расстояние?

— Да, такая возможность предусмотрена на случай аварии или ремонта силовых установок. Обе части разводятся и сводятся с помощью специального «пульсатора».

— А каково максимальное расстояние между ними?

— Сто пятьдесят километров.

— Достаточно и ста сорока, — пробормотал Верин.

— Вы хотите избавиться от пассажирского отсека? — наконец заговорил Гасконди. — Но тяги все равно не хватит.

— Нет, — энергично возразил Верин. — Это было бы слишком просто. Карлик нас так легко не отпустит... Тут совсем другая идея.

— Мы теряем время, — вмешался Менг. — Может быть...

— О! Времени у нас вполне достаточно, — невозмутимо сказал Верин. — Так вот... вам, конечно, знакома идея пульсирующего космолета?

Гасконди и Менг недоуменно переглянулись.

— Да, — заметил Верин. — Это очень старая и давно забытая идея...

— Смутно я что-то припоминаю, — медленно произнес Менг. — Встречал в старых учебниках... Если не ошибаюсь, дело в том, что космический корабль — не точка, и его масса распределена по некоторому объему.

— Вот, вот, — оживился Верин, — если разделить наш звездолет на две части, то равнодействующая сил тяготения, к ним приложенных, окажется меньше той силы, которая действует на «Омикрон» сейчас.

Он говорил четко и ясно, словно читал лекцию студентам.

— А это значит,— подхватил Менг,— что на растянутый звездолет действует сила отталкивания?

— И если в апогее соединять обе части, а в перигее — разъединять, то «Омикрон» сойдет с кеплеровской орбиты и начнет двигаться по раскручивающейся спирали.

— М-да...— протянул Менг.

— Я тоже вспомнил,— неожиданно заговорил Гасконди возбужденно.— Чудесно, превосходно, гениально!..— Он нервно расхохотался.— Но насколько я помню, чтобы преодолеть таким способом даже земное притяжение, кораблю необходимо несколько лет. А притяжение карлика?..

— В том-то вся и штука,— невозмутимо произнес Верин. «Удивительно,— подумал капитан,— как этому хрупкому человечку удается сохранять полнейшее спокойствие в такой сложной ситуации? Должно быть, он умеет видеть намного дальше других...»

— В том-то вся и штука,— повторил Верин.— Притяжение в данном случае работает на нас. Чем массивнее звезда или планета, тем скорее будет достигнута скорость освобождения. В том-то и парадокс!

— Сколько же часов нам потребуется? — спросил Менг.

— Думаю, ...часа полтора, не больше.

— Вы гений,— улыбнулся капитан и занял место у пульта.

— Надо только выбрать оптимальные моменты для разделения и сближения,— предупредил Верин.

— Понимаю,— отозвался Менг, нажимая клавиши вычислителя.— Приступаю к операции через шесть минут..

Это было невиданное зрелище. Гигантский звездолет как бы распался на две части. Они то расходились, отделяясь друг от друга, то снова сближались, объединяясь в единое целое. И в процессе этого небывалого «космического танца» смертельная орбита, по которой двигался «Омикрон», стала постепенно раскручиваться.

Могучая стихия тяготения, подчинившись силе человеческого разума, уверенно уведила звездолет все дальше и дальше от грозной звезды.

ПРИТЯЖЕНИЕ ПРОТИВ... ПРИТЯЖЕНИЯ

Авторы научно-фантастических романов охотно пользуются всевозможными экранами, способными защитить от действия сил тяготения. Увы, в действительности

подобных экранов пока не существует, и для того, чтобы преодолеть силу притяжения Земли, космический корабль должен разогнаться с помощью ракетного двигателя. А нельзя ли воспользоваться для этого не двигателем, а... земным притяжением?

Казалось бы, странно: ведь именно тяготение Земли не дает космическому кораблю умчаться в мировое пространство... Но, как ни парадоксально, по крайней мере в одном случае такой вариант возможен. Это было показано советскими учеными В. В. Белецким и М. Е. Гиверцем.

Дело в том, что во всех расчетах, связанных с движением космических кораблей, их обычно принимают за материальную точку. И вполне обоснованно: ведь размеры корабля ничтожны в сравнении с размерами небесных тел.

Но если говорить строго, то корабль все же не точка, а протяженное тело, обладающее вполне определенными размерами и формой. И потому фактическая сила притяжения, действующая на него со стороны Земли, несколько отличается от той силы, которая действовала бы на него в том случае, если бы вся масса корабля была сосредоточена в одной точке. Правда, для обычных кораблей и спутников разница настолько невелика, что на нее можно совершенно спокойно не обращать внимания.

Но при одном условии эта разница может сделаться достаточно ощутимой: если космический корабль обладает значительной длиной.

Рассмотрим, например, корабль, состоящий из двух шаров, соединенных стержнем или тросом, перпендикулярным к продолжению радиуса Земли. В таком случае на каждый из шаров действует сила притяжения, направленная под углом к соединительному стержню. Равнодействующую этих сил нетрудно определить по правилу параллелограмма. Сравнительно несложный расчет показывает, что эта равнодействующая несколько меньше той силы тяготения, которая действовала бы на центр стержня, если бы в нем была сосредоточена вся масса необычного корабля.

Иными словами, получается, что «растягивание» космического корабля равносильно появлению некоторой отталкивающей радиальной силы. Следовательно, его движение вокруг Земли будет происходить по орбите, несколько отличающейся от обычной, «кеплеровской» орбиты.

Этим обстоятельством можно остроумно воспользоваться. Поступим так. Изберем такую конструкцию нашего корабля, чтобы шары можно было достаточно быстро подтягивать друг к другу и вновь разводить на большое расстояние.

В тот момент, когда корабль достигнет наиболее удаленной точки орбиты — апогея, соединим шары. С этого момента корабль превращается практически в «материальную точку», и его дальнейшее движение будет происходить уже по «кеплеровской» орбите.

В перигее осуществим обратную операцию — разведем шары на прежнее расстояние. Тогда появится упомянутая выше «отталкивающая сила». Орбита дальнейшего движения окажется несколько более вытянутой, чем соответствующая «кеплеровская». В результате на втором витке апогейное расстояние окажется несколько большим, чем на первом.

Повторим всю операцию еще раз и снова увеличим апогейное расстояние. Применяя такую же тактику и в дальнейшем, мы заставим наш корабль-спутник двигаться по раскручивающейся спирали до тех пор, пока он не уйдет из поля тяготения Земли.

Но теоретические возможности отнюдь не всегда согласуются с практическими. Сколько же времени понадобится на разгон этим своеобразным методом «пульсаций»?

Согласно подсчетам В. В. Белецкого, в том случае, когда корабль длиной в 140 км начинает движение на расстоянии 2 тыс. км от центра Земли, на разгон описанным выше способом уйдет около двух лет.

80 лет понадобится такому же кораблю, чтобы уйти из сферы притяжения Солнца при начальном расстоянии около 700 тыс. км от центра дневного светила.

Но вот еще один парадокс. Чем больше масса небесного тела и чем ближе к нему космический корабль, тем быстрее можно «разорвать» цепи тяготения с помощью метода «пульсаций».

На страницах фантастических романов нередко встречаются трагические ситуации, когда космический корабль оказывается в плену у какой-нибудь массивной звезды. Расчеты Белецкого показывают, что в том случае, когда корабль движется вокруг такой звезды, он может весьма быстро набрать вторую космическую скорость, если применить метод пульсаций. Так, находясь на расстоянии двадцати тысяч километров от центра известной сверхплотной звезды — белого карлика Сириус В, космический

корабль мог бы уйти по раскручивающейся спирали в космос всего за полтора часа.

Другое дело, в какой степени подобный проект осуществим на практике — возможно ли создать пульсирующий космический корабль? Но это дело техники будущего. Во всяком случае, принципиальная теоретическая возможность существует.

«СТРАННОЕ СОВПАДЕНИЕ»

Есть в Солнечной системе одна любопытная закономерность... Мы уже упоминали о том, что Луна всегда повернута к Земле одной стороной. Примерно за 28 суток наш естественный спутник совершает один оборот вокруг Земли и за тот же промежуток времени делает один оборот вокруг собственной оси.

Именно благодаря совпадению периодов обращения и вращения Луны мы и видим всегда лишь одну сторону лунного шара. Но совпадение ли это?

Вообще говоря, природа не очень-то «любит» случайные совпадения такого рода и встречаются они не так уж часто. И понятно почему: ведь вероятность осуществления чисто случайных сложных совпадений, как правило, чрезвычайно мала. И если мы все же встречаем в природе какое-либо удивительное сочетание событий, то, скорее всего, у него есть какая-то скрытая закономерность.

«Поведение» Луны — не исключение: нечто похожее мы встречаем и у других небесных тел, входящих в состав Солнечной системы. Так, Меркурий, самая близкая к Солнцу планета, завершает один оборот вокруг Солнца за 88 земных суток, а один оборот вокруг своей оси за 59 суток. Казалось бы, никаких совпадений. Но дело в том, что, согласно второму закону Кеплера, планеты движутся по своим эллиптическим орбитам с переменной скоростью: чем ближе к Солнцу, тем быстрее. Так вот, если подсчитать угловые скорости в движении Меркурия, то окажется, что угловая скорость его собственного вращения совпадает с угловой скоростью его обращения вокруг Солнца в тот момент, когда планета проходит ближайший к дневному светилу участок своей орбиты.

Еще более сложное совпадение мы обнаруживаем в движении Венеры. Свой оборот вокруг Солнца эта планета, как мы уже знаем, совершает за 225 земных суток. Через каждые 584 суток Венера оказывается на линии, соединяющей Солнце и Землю.

И в этот момент Венера всегда повернута к Земле одной и той же стороной.

В чем же причина всех этих «совпадений»?

Всем известно явление лунных приливов. Лунное притяжение образует в водной оболочке Земли два «горба».

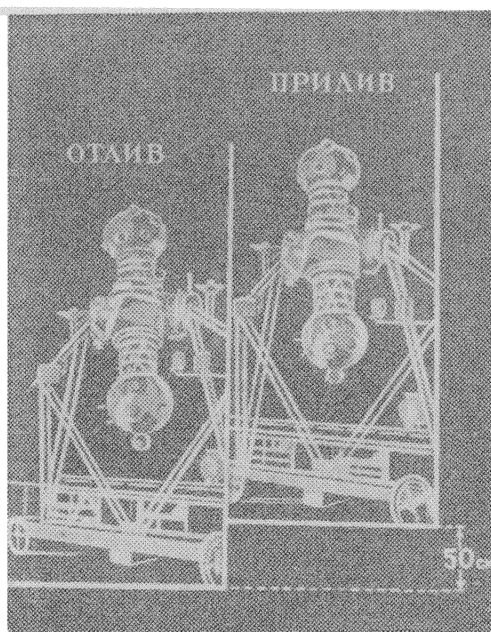


Рис. 13. Величина лунного прилива в твердом веществе Земли в районе Москвы.

Так как наша планета вращается, то эти горбы перемещаются по ее поверхности — бежит приливная волна. Приливы происходят не только в водной оболочке, но и в твердом веществе Земли. Так, благодаря приливам и отливам почва в Москве дважды в сутки поднимается и опускается примерно на 40—50 см. Поскольку приливные волны перемещаются навстречу суточному вращению Земли, они неизбежно его тормозят, и скорость вращения нашей планеты постепенно уменьшается. Когда-то земные сутки были заметно короче современных.

Но если на Земле происходят лунные приливы, то в веществе Луны должны происходить земные приливы, и притом значительно более мощные — ведь Земля обладает массой, в 81 раз превосходящей массу Луны. Благодаря этому замедление собственного вращения Луны должно

было происходить довольно быстро вплоть до тех пор, пока это вращение относительно Земли не прекратилось вовсе. Теперь Луна обречена «смотреть» на Землю всегда одной своей стороной.

Видимо, действие той же самой причины привело и к равенству угловых скоростей вращения и обращения Меркурия в ближайшей к Солнцу точке его орбиты. Сила тяготения быстро ослабевает с расстоянием, пропорционально его квадрату, и потому солнечные приливы на Земле незначительны в сравнении с лунными. Однако для Меркурия, самой близкой к Солнцу планеты, эти приливы, вероятно, достаточно сильны и способны оказывать заметное влияние на его вращение. Совпадение угловых скоростей, о котором говорилось, скорее всего, есть также следствие приливного торможения.

Что же касается Венеры, то причина ее постоянной ориентации по отношению к Земле в периоды наибольшего сближения пока остается неясной. Закономерно ли это явление или здесь мы все-таки встретились с чисто случайным совпадением, пока неизвестно. Возможно, какую-то роль играет то обстоятельство, что в периоды сближения Венера расположена значительно ближе к Земле, чем к Солнцу. Однако решение этой загадки еще впереди.

НЕ ГРОЗИТ ЛИ НАМ КАТАСТРОФА?

Казалось бы, что во Вселенной может быть устроено проще и надежнее, чем наша Солнечная система? Решающую роль здесь играет одна сила — сила тяготения; движение каждой из планет вокруг Солнца подчиняется ясным и однозначным законам — законам Кеплера; происходит это движение почти в одной и той же, общей для всех планет, за исключением Плутона, плоскости...

В действительности же все не так просто. Дело в том, что на каждую из планет действует не только сила солнечного тяготения, но и сила притяжения остальных планет Солнечной системы. Это притяжение вызывает возмущения в движении каждой из планет. Планета несколько отклоняется от своего нормального пути, предначертанного законами Кеплера, впрочем, всякий раз вновь возвращаясь на него. Если учесть, что взаимное расположение планет все время меняется, то станет очевидно, что общая картина их движения весьма сложна.

И возникает законный вопрос. Не могут ли возмущения планетных движений привести к непоправимой

катастрофе? Где гарантия, что всякий раз, сойдя с невидимых космических рельсов, планета обязательно возвратится на «родную» орбиту? А если отклонение окажется слишком большим? И не может ли вся эта «внутренняя раскачка», своеобразная вибрация, привести к полному развалу Солнечной системы?

Ответ на поставленный вопрос могут дать только вычисления. Надо рассчитать движение каждой планеты с учетом всех возможных возмущений, вызываемых влиянием других планет, и тогда все станет ясно.

Но легко сказать: рассчитать. Разумеется, в принципе подобная задача разрешима, во всяком случае с определенной степенью точности. Перемещениями небесных тел управляют силы тяготения, действующие между ними. Величина этих сил зависит от массы небесных тел и их взаимных расстояний. Кроме того, дальнейшее перемещение любого тела определяется еще и той скоростью, которой оно обладает. Можно сказать, что в современном состоянии системы небесных тел, т. е. в их взаимных положениях и скоростях, однозначно (опять-таки с некоторой степенью точности) заключено ее будущее. Поэтому задача состоит в том, чтобы, зная взаимное расположение и скорости планет в данный момент, вычислить их будущие перемещения. Однако в математическом отношении задача эта весьма сложна. Дело в том, что в любой системе движущихся космических тел происходит постоянное перераспределение масс, а благодаря этому изменяются величина и направление сил, действующих на каждое тело. Даже для простейшего случая движения трех взаимодействующих тел до сих пор не существует полного математического решения в общем виде.

Точное решение этой проблемы, известной в небесной механике под названием «задачи трех тел», удастся получить лишь в определенных случаях, когда имеется возможность ввести известные упрощения.

Тем более труден абсолютно точный расчет движения девяти взаимодействующих, непрерывно перемещающихся планет Солнечной системы; он не под силу даже современной математике с ее могучей вычислительной техникой.

Но нужен ли для ответа на поставленный вопрос абсолютно строгий и точный расчет? В конце концов, важно ведь не столько знать все будущие взаимные положения планет, сколько получить ответ на один-единственный вопрос: могут или не могут планетные возмущения пре-

высить некий «критический предел», за которым начнется необратимый распад Солнечной системы? Другими словами, нас интересует не количественное, а качественное решение задачи.

Между понятиями «количественное» и «качественное» есть существенная разница. Количественное решение показывает, во сколько раз изменяются одни физические величины в зависимости от изменения других. Качественное же решение дает лишь представление о том, в каких направлениях или в каких пределах изменяются интересующие нас величины при определенном изменении других величин.

Но в ряде случаев этого знания вполне достаточно. К ним относятся и многие задачи на устойчивость. Идет, скажем, некий химический процесс. Надо знать, какие отклонения от заданных параметров допустимы, чтобы исключить возможность взрыва.

Или другая задача: рассчитать конструкцию железнодорожного моста таким образом, чтобы никакие колебания, возникающие при движении транспорта, не привели к явлениям, способным превысить запас прочности сооружения. В обоих случаях нет необходимости рассчитывать все промежуточные состояния системы, достаточно установить лишь связь между изменениями некоторых начальных и конечных величин.

Задача о планетных возмущениях есть тоже задача об устойчивости — устойчивости Солнечной системы. И она тоже допускает качественное решение.

Впервые подобная задача была решена великим русским математиком А. М. Ляпуновым, которому удалось показать, что ни при каких мыслимых положениях планет их взаимные возмущения не могут превысить критического предела. Таким образом, никакие внутренние силы и взаимодействия не могут «раскачать» Солнечную систему и привести ее на грань распада. Планетная семья Солнца устойчива.

СОЛНЦЕ И НЕЙТРИНО

Мы уже говорили, что наше дневное светило Солнце — это «черный ящик», у которого астрономы могут наблюдать только «выход». Все сведения, которыми располагает о Солнце современная астрономия, получены благодаря исследованию различных излучений, возникающих в самых верхних слоях нашего дневного светила.

Непосредственно из недр Солнца никакая информация к нам не поступает. Таким образом, теория внутреннего строения Солнца, согласно которой его энергия поддерживается термоядерными реакциями,— это, строго говоря, всего лишь теоретическая модель.

Впрочем, выражение «всего лишь» в данном случае не совсем уместно. Термоядерная теория достаточно хорошо объясняет процессы звездной эволюции и находится в хорошем согласии с наблюдаемыми физическими характеристиками Солнца и звезд. И все же, как любая теоретическая модель внутреннего «устройства» «черного ящика», эта теория нуждается не только в косвенных свидетельствах, но и в прямых подтверждениях, а для этого необходима информация, полученная непосредственно из звездных недр.

В последние годы такая возможность в принципе появилась. Речь идет о так называемой «нейтринной астрономии» или, точнее, «нейтринной астрофизике».

Нейтрино — «неуловимая» частица, принимающая непосредственное участие в термоядерных реакциях. В частности, нейтрино образуются в процессе термоядерных превращений водорода в гелий, которые, согласно современным представлениям, и служат источниками внутризвездной энергии. Энергия этих частиц и величина их потока зависят от температуры и характера ядерных реакций.

В то время как фотон, образовавшийся в недрах Солнца, прежде чем вырваться наружу, испытывает около 10 миллиардов соударений, нейтрино, обладающие огромной проникающей способностью, проходят через всю толщу солнечного вещества практически беспрепятственно и достигают Земли. Если бы нам удалось «поймать» солнечные нейтрино, мы в некотором смысле «увидели» бы, что происходит в центре Солнца. Но наблюдать нейтрино можно только косвенным путем, заставляя их взаимодействовать с другими частицами и регистрируя результаты подобных взаимодействий.

Подходящей ядерной реакцией может служить взаимодействие нейтрино с ядром одного из изотопов хлора, с атомным весом 37. Уловив нейтрино, такое ядро превращается в ядро изотопа аргона-37. При этом образуется один электрон, который можно зарегистрировать хорошо известными физикам способами. Кроме того, аргон-37 радиоактивен, значит, через определенные промежутки времени можно измерять, сколько его накопилось.

Но нужно еще «отстроиться» от других космических излучений, которые также могут вызывать ядерную реакцию превращения хлора в аргон. Чтобы избавиться от таких помех, надо все измерения проводить глубоко под землей, куда обычные космические частицы проникнуть заведомо не могут.

Идея «хлорного детектора» для регистрации солнечных нейтрино была предложена известным советским физиком академиком Б. Понтекорво и осуществлена американским физиком Р. Девисом и его сотрудниками. «Нейтринным телескопом» служила огромная цистерна, заполненная 600 тоннами перхлорэтилена — вполне прозрачной жидкости, применяемой для чистки одежды. Аппаратура была установлена в заброшенном золотом руднике в штате Южная Дакота вблизи города Хоумстейк.

Наблюдения проводились на протяжении длительного времени несколькими сериями и дали неожиданный результат. Число зарегистрированных актов взаимодействия оказалось намного меньше предсказанного теорией.

Для объяснения были выдвинуты различные гипотезы, в том числе и довольно экстравагантные. Так например, некоторые ученые предположили, что солнечный термоядерный реактор работает в «импульсном режиме». В силу определенных особенностей течения физических процессов в недрах Солнца термоядерная реакция время от времени прекращается. И тогда Солнце светит за счет запасов энергии, накопленных в предыдущем цикле. Вспомним, что фотоны электромагнитного излучения, приходящие к нам от Солнца, фактически родились около миллиона лет назад — ведь им еще надо было «пробиться» к солнечной поверхности. Нейтрино же дают нам информацию о состоянии Солнца практически в момент наблюдения. Поэтому нет ничего удивительного в том, что «электромагнитная» и «нейтринная» картины могут не совпадать... Не означает ли отсутствие солнечных нейтрино в опытах Девиса, что в нашу эпоху солнечный термоядерный реактор как раз не работает?

Очевидно одно: решение возникшей проблемы требует дальнейших нейтринных наблюдений Солнца. И для этого в настоящее время создается необходимая регистрирующая аппаратура.

С другой стороны, не исключена возможность, что отрицательный результат наблюдений Девиса объясняется свойствами самого нейтрино. К этому вопросу мы вернемся в следующей главе.

В ГЛУБИНАХ ВСЕЛЕННОЙ

ВСЕЛЕННАЯ

В безлунные ночи на небе хорошо видна туманная полоса Млечного Пути. Но это не скопление туманных масс, а множество звезд — наша звездная система Галактика. В Галактике по современным оценкам около 200 миллиардов звезд. Чтобы пересечь ее из конца в конец световой луч при скорости 300 тысяч километров в секунду должен затратить около 100 тысяч лет.

Однако, несмотря на столь грандиозные размеры, наша Галактика лишь один из множества подобных звездных островов Вселенной. У нее есть спутники. Самые крупные из них — Большое и Малое Магеллановы Облака. Вместе с нашей Галактикой они обращаются вокруг общего центра масс. Наша Галактика, Магеллановы Облака и еще несколько звездных систем, в том числе знаменитая туманность Андромеды, образуют так называемую Местную Группу галактик.

Современным телескопам и радиотелескопам, а также другим средствам астрономических исследований доступна колоссальная область пространства. Ее радиус 10—12 миллиардов световых лет. В этой области расположены миллиарды галактик. Их совокупность называется Метагалактикой.

В процессе познавательной деятельности человек выделяет, вычленяет из бесконечно разнообразного материального мира определенные объекты, явления, связи, взаимодействия. Поэтому целесообразно различать понятия астрономической Вселенной и всего материального мира.

«Между тем,— пишет известный советский ученый академик П. Н. Федосеев,— исходя из принципа эволюции, есть все основания считать, что Вселенная, изучаемая современным естествознанием, представляет развивающееся во времени образование, которое возникло из каких-то предшествовавших ему состояний и форм материи и сменится новыми ее состояниями и формами.

Для материалистической философии чужды представления о порождении физического мира сознанием, как об акте творения Вселенной каким-то высшим существом. Если Вселенная, изучаемая нами сегодня, возникла 20 миллиардов лет тому назад, то с философской точки зрения важно признание объективного характера этого процесса как космического этапа саморазвития материи. Дело конкретной науки — физически понять и описать этот процесс. Возможно мыслить и существование многих Вселенных со сложной топологией. Поэтому целесообразно отличать термин Вселенная естествоиспытателя, которым обозначаются наши сведения о Вселенной, накопленные к данному моменту времени, от философского понятия материального мира. Это понятие включает в себя в скрытом виде все будущие достижения в учении о Вселенной естествоиспытателя»^{*)}).

В РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ МЕТАГАЛАКТИКЕ

Одной из самых ошеломляющих астрономических теорий, появившейся на свет в текущем столетии, бесспорно, можно считать теорию «расширяющейся Вселенной» или, точнее говоря, расширяющейся Метагалактики.

Главная идея этой теории состоит в том, что Метагалактика возникла около 15—20 миллиардов лет назад в результате грандиозного космического взрыва компактного сгустка сверхплотной материи.

Несколько слов о том, как родилась эта теория.

Одним из самых эффективных методов изучения Вселенной является построение различных теоретических моделей, т. е. упрощенных теоретических схем мироздания. Длительное время в космологии изучались так называемые однородные изотропные модели. Что это значит?

Вообразим, что мы разбили Вселенную на множество «элементарных» областей и что каждая из них содержит большое количество галактик. Тогда однородность и изотропия означают, что свойства и поведение Вселенной в каждую эпоху одинаковы во всех достаточно больших областях и по всем направлениям.

Первую модель однородной изотропной Вселенной предложил А. Эйнштейн. Она описывала так называемую

^{*)} Федосеев П. Н. В. И. Ленин и философские проблемы современного естествознания: Итоги и перспективы. — М.: Наука, 1981, с. 13.

стационарную Вселенную, т. е. такую Вселенную, которая с течением времени не только не меняется в общих чертах, но в которой вообще нет каких-либо движений достаточно крупного масштаба.

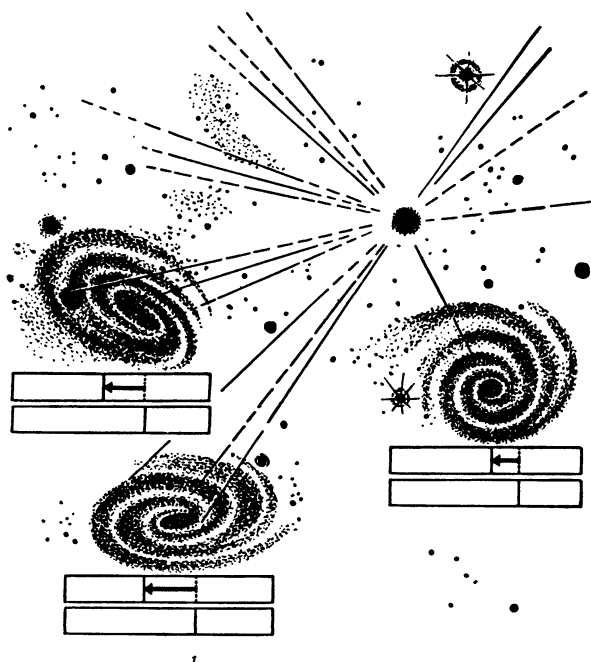


Рис. 14. Схема расширения Метагалактики. Красное смещение спектральных линий возрастает с расстоянием.

Однако в 1922 г. талантливый ленинградский ученый А. А. Фридман показал, что уравнения Эйнштейна допускают также множество нестационарных, а именно расширяющихся и сжимающихся, однородных изотропных моделей. Позднее выяснилось, что и статическая модель Эйнштейна неизбежно переходит в нестационарную. Но это означало, что однородная изотропная Вселенная обязательно должна либо расширяться, либо сжиматься.

Еще до этого американский астроном Слайфер обнаружил красное смещение спектральных линий в спектрах галактик. Подобное явление, известное в физике под названием эффекта Доплера, наблюдается в тех случаях, когда расстояние между источником света и приемником увеличивается.

Уже после работ Фридмана американский астроном Хаббл окончательно доказал, что чем дальше расположена от нас галактика, тем больше сдвиг линий в ее спектре. Мало того, обнаружилась прямая пропорциональная зависимость между расстояниями и величиной красного смещения. С точки зрения принципа Доплера это означает, что все галактики удаляются друг от друга с тем большей скоростью, чем больше расстояние между ними.

На основании этой картины движения галактик, полученной в результате объяснения красного смещения с помощью эффекта Доплера, и была разработана теория расширяющейся Метагалактики.

Однако признание этой теории отнюдь не было единодушным. В разное время предпринимались всевозможные попытки объяснить явление красного смещения не взаимным удалением галактик, а какими-либо другими причинами. Ни одна из предложенных гипотез успеха не имела.

Тем не менее попытки опровергнуть доплеровский характер красного смещения в спектре галактик продолжают и по сей день.

Попытаемся разобраться в том, можно ли объяснить красное смещение в спектрах галактик не эффектом Доплера, а какой-либо иной причиной, и существуют ли сколько-нибудь серьезные основания сомневаться в расширении Метагалактики?

В качестве наиболее распространенного возражения против космологической интерпретации красного смещения выдвигалось предположение о «старении» фотонов, их постепенной «деградации» и уменьшении их энергии (т. е. увеличении длины волны) на долгом пути через космическое пространство.

Однако «спор» между эффектом Доплера и эффектом деградации может быть вполне однозначно разрешен с помощью астрономических наблюдений. Дело в том, что эти эффекты не совсем одинаковы.

Как показывают расчеты, при старении фотонов изменение $\Delta\nu$ частоты ν (т. е. сдвиг спектральных линий) должно быть одинаково по всему спектру. Другими словами, величина сдвига не зависит от частоты.

В случае же эффекта Доплера изменение частоты пропорционально частоте. Тут постоянна не сама величина сдвига $\Delta\nu$, а ее отношение

к соответствующей частоте $\Delta\nu/\nu$. Другими словами, величина сдвига в этом случае неодинакова для различных линий спектра.

Что же говорят наблюдения? Они свидетельствуют о том, что как раз красное смещение, наблюдаемое в спектрах галактик, таково, что для различных линий одного и того же спектра одинаково не изменение частоты, а именно отношение этого изменения к самой частоте. И это недвусмысленно свидетельствует в пользу «доплеровского» объяснения красного смещения в спектрах галактик.

Другой вопрос, происходит ли «деградация» космических фотонов вообще. Если сдвиг спектральных линий не зависит от частоты, то, очевидно, он должен быть заметнее всего в области относительно низких частот, т. е. в радиодиапазоне. Здесь словно на «растянутой» шкале радиоприемника даже небольшое изменение частоты должно сразу «бросаться в глаза». Однако никаких признаков подобного явления астрофизическими наблюдениями не обнаружено.

Правда, справедливость требует отметить, что в принципе есть еще одно физическое явление, обладающее такими же особенностями, как и эффект Доплера. Когда излучение распространяется в поле тяготения, то его частота изменяется так же, как и при взаимном удалении источника и приемника.

Но расчеты показывают, что в случае метагалактического красного смещения этот эффект, известный под названием «гравитационного смещения» или «эффекта Эйнштейна», по своей величине может представлять собой лишь весьма небольшую добавку к эффекту Доплера.

Таким образом, современная физика не знает других явлений, кроме эффекта Доплера, с помощью которых можно было бы объяснить красное смещение, наблюдаемое в спектрах галактик.

Но есть ли вообще основания искать какие-то иные объяснения, не связанные с эффектом Доплера? Это было бы, очевидно, оправдано в том случае, если бы «доплеровская» картина приводила к каким-либо серьезным противоречиям. Существуют ли такие противоречия в действительности?

В свое время выдвигались возражения, связанные с возрастом космических объектов. Дело в том, что, согласно теории расширяющейся Метагалактики, продолжительность эпохи расширения исчисляется в 10—20 миллиардов

лет. Не приводит ли это к противоречию с существующими оценками возраста звезд, звездных скоплений и галактик?

Одно время действительно казалось, что длительность эпохи расширения и возраст космических объектов не согласуются друг с другом. Однако сейчас можно считать общепризнанным, что продолжительность существования всех известных нам космических образований имеет порядок 10 миллиардов лет.

Тем не менее оценки возраста отдельных космических объектов в 20 и более миллиардов лет встречаются и сейчас. Возникает вопрос: если эти оценки в самом деле подтверждаются, будет ли это катастрофичным для теории расширения?

Как подчеркивает А. Л. Зельманов, вывод о продолжительности эпохи расширения Метагалактики, равной 10—20 миллиардам лет, сделан в рамках теории однородной изотропной Вселенной. В более общей теории этот срок может быть и несколько увеличен.

Однако и в теории однородной изотропной Вселенной возможны некоторые варианты, при которых эпоха расширения Метагалактики могла быть и более длительной. В большинстве вариантов теории в начале расширения преобладает взаимное гравитационное притяжение масс, которое тормозит, замедляет расширение. Но по мере расширения гравитационное притяжение слабеет, а космическое отталкивание, существование которого при определенных условиях допускают уравнения общей теории относительности, усиливается. Возможен случай, при котором притяжение в конце концов уравнивается отталкиванием, а затем и уступает ему,— тогда замедляющееся расширение должно смениться ускоряющимся.

Предположим, что Метагалактика вела себя именно так и мы живем в эпоху ускоренного расширения. Но это означает, что в недавнем прошлом оно протекало медленнее и, следовательно, длилось дольше, чем при непрекращающемся торможении.

С другой стороны, оценка возраста вполне может быть и уменьшена.

Согласно теории горячей расширяющейся Вселенной, через некоторое время после начала расширения должна была наступить такая фаза, когда все вещество представляло собой плазму, состоящую из электронов, протонов и ядер легких элементов. Кроме вещества, существовало и электромагнитное излучение: радиоволны, световые

и рентгеновские лучи. В тот период вещество и излучение находились в равновесии. Частицы (главным образом электроны) излучали примерно столько же фотонов, сколько и поглощали.

Однако в дальнейшем температура упала настолько, что электроны стали соединяться с ионами, образуя атомы водорода, гелия и других химических элементов. Вследствие этого среда стала прозрачной для излучения. Другими словами, фотоны практически перестали испускаться и поглощаться.

В дальнейшем температура этого излучения постепенно уменьшалась, и, согласно расчетам, вытекающим из модели горячей расширяющейся Вселенной, мировое пространство в современную эпоху должно быть заполнено излучением с температурой около 3—4 кельвинов.

В 1965 г. это гипотетическое излучение было зарегистрировано и получило название реликтового. Обнаружение реликтового излучения прямо свидетельствует о том, что расширение Вселенной длится уже много миллиардов лет из состояния, неизмеримо более плотного, чем современное.

Однако в самые последние годы возникли кое-какие поводы для сомнений. Некоторые исследователи считали, что на самом деле зарегистрирован лишь некий общий тепловой фон Метагалактики, имеющий совершенно иную физическую природу.

Выдвигалась также гипотеза, согласно которой излучение, принимаемое за реликтовое, на самом деле принадлежало в отдаленном прошлом каким-то отдельным космическим объектам, а затем постепенно рассеялось в мировом пространстве.

Однако на проходившем летом 1970 г. в Англии очередном конгрессе Международного астрономического союза ученые пришли к единому мнению, что никаких серьезных оснований сомневаться в реликтовом характере зарегистрированного космического радиоизлучения в настоящее время не существует.

Что же касается гипотезы обособленных источников реликтового излучения, то в тех местах, где они когда-то располагались, должны были бы наблюдаться небольшие флуктуации (колебания) радиоизлучения.

Однако, как показали исследования, проведенные советским радиоастрономом Ю. Н. Парийским, можно с очень большой точностью утверждать, что подобных флуктуаций нигде нет.

Но если бы даже оказалось, что реликтового излучения не существует вообще, то и это вовсе не означало бы, что от теории расширения следует отказаться. В рамках этой теории возможен и такой вариант, при котором реликтовое излучение не возникает.

Очень важный аргумент в пользу теории расширения Вселенной дает изучение квазаров. В сравнительно близких к нам областях Вселенной пространственная плотность этих объектов довольно мала. На расстояниях же порядка 7—9 миллиардов световых лет она значительно возрастает, чтобы потом вновь упасть до нуля. Но это означает, что в далеком прошлом пространственная плотность квазаров была больше, а в более раннюю эпоху они еще не возникали.

Таким образом, квазары дают нам независимое подтверждение того, что Вселенная отнюдь не стационарна. Тем не менее выражаются сомнения по поводу того, имеются ли вообще в нашем распоряжении необходимые эталоны для измерения величины красного смещения. Ведь если длины волн электромагнитного излучения увеличиваются так же, как метагалактические расстояния, а размеры атомов — так же, как и длины волн, то тогда действительно ничего нельзя обнаружить.

Прежде всего необходимо отметить, что современная физика исходит из того, что при расширении Метагалактики происходит изменение лишь космологических масштабов. Что же касается масштабов микроскопических и макроскопических, то они в процессе расширения сохраняются. И это не просто одна из возможных точек зрения, а вопрос, тесно связанный с фундаментальными основами всей современной физики вообще.

В ЦЕНТРЕ ЛИ МЫ?

Итак, мы живем в расширяющейся Метагалактике и наблюдаем картину удаления окружающих нас галактик по всем направлениям. В связи с этим невольно может сложиться впечатление, что именно мы как раз находимся в центре расширения — неподвижной точке, от которой во все стороны разбегаются остальные звездные острова. Но такой случай плохо согласуется с теорией вероятностей и вызывает законное недоумение: почему именно мы?

И действительно, впечатление о нашем центральном положении в Метагалактике ошибочно. Приведем поясняющий пример, предложенный А. Л. Зельмановым.

Представим себе, например, что из одного места одновременно на совершенно прямое шоссе выезжает большое число автомашин и начинает движение в одну сторону с разными скоростями. Через некоторое время они, очевидно, расположатся друг относительно друга в соответствии со своими скоростями: те, что движутся быстрее, уйдут вперед, более медленные отстанут.

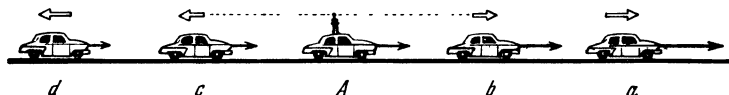


Рис. 15. Аналогия, поясняющая отсутствие центра расширения Метагалактики.

Теперь каждая впереди идущая машина будет, очевидно, двигаться с большей скоростью, чем следующая за ней. Представим себе наблюдателя, который находится в одной из средних машин и видит только остальные машины впереди и сзади. Тогда независимо от того, в какой из машин он едет, ему будет казаться, что именно он находится в центре расширения (растяжения) вереницы машин, так как все остальные машины, и передние и задние, будут от него удаляться: передние уходить все дальше и дальше, задние — все сильнее отставать.

Точно так же и метагалактическое красное смещение свидетельствует лишь об увеличении расстояний, отделяющих от нас и одну от другой другие галактики, но вовсе не о том, что именно мы находимся в центре. Если бы мы переместились в какую-либо иную галактику, нам стало бы казаться, что именно она является центральной.

В связи с расширением Метагалактики возникает еще один вопрос. Как известно, расстояние до той или иной галактики мы определяем по красному смещению с помощью закона Хаббла: чем больше красное смещение, тем дальше от нас галактика. Но ведь пока световой луч, испущенный галактикой, дошел до Земли, эта галактика должна была удалиться на еще большее расстояние. Мало того: в один и тот же момент мы принимаем световые лучи от различных галактик, испущенные в разные эпохи. Не запутывает ли это основательно всю картину строения Метагалактики?

Подобные опасения совершенно неосновательны по той простой причине, что теория учитывает эти обстоятельства. Она построена таким образом, что все расстояния

автоматически пересчитываются и приводятся к одной и той же эпохе — эпохе наблюдения.

И еще один вопрос: почему красное смещение возрастает с расстоянием, другими словами, почему более далекие галактики удаляются с большими скоростями? Зависимость красного смещения от расстояния отнюдь не является следствием выброса галактик из некоторой первичной точки с разными скоростями. Расширение Метагалактики происходит таким образом, что скорость увеличения расстояния между двумя любыми точками пропорциональна величине этого расстояния. Это было окончательно установлено наблюдениями еще в 1929 г.

ВСЕЛЕННАЯ В ГАММА-ЛУЧАХ

Как известно, на протяжении весьма длительного времени астрономия была чисто «оптической» наукой. Человек изучал на небе то, что он видел — сперва невооруженным глазом, а затем с помощью телескопов. С развитием радиотехники родилась радиоастрономия, значительно расширившая наши знания о Вселенной. Наконец, в последние годы в результате появления космических средств исследования возникла возможность изучения и других электромагнитных вестников Вселенной — инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-излучений. Астрономия превратилась во всеволновую науку.

Одним из новых методов исследования космических объектов является рентгеновская астрономия. Несмотря на то, что этот метод сравнительно молод, в настоящее время Вселенную уже невозможно представить себе без тех данных, которые получены благодаря наблюдениям в рентгеновском диапазоне.

Пожалуй, еще более многообещающим источником космической информации являются гамма-излучения. Дело в том, что энергия гамма-квантов может в сотни тысяч и миллионы раз превосходить энергию фотонов видимого света. Для таких гамма-квантов Вселенная фактически прозрачна. Они распространяются практически прямолинейно, приходят к нам от весьма удаленных объектов и могут сообщить чрезвычайно ценные сведения о многих физических процессах, протекающих в космосе.

Особенно важную информацию гамма-кванты способны принести о необычных, экстремальных состояниях материи во Вселенной, а именно такие состояния интере-

суют современных астрофизиков в первую очередь. Так, например, гамма-излучение возникает при взаимодействии вещества и антивещества, а также там, где происходит рождение космических лучей — потоков частиц высоких энергий.

Главная трудность гамма-наблюдений Вселенной заключается в том, что хотя энергия космических гамма-квантов и очень велика, но число этих квантов в околоземном пространстве ничтожно мало. Современные гамма-телескопы даже от самых ярких гамма-источников регистрируют примерно один квант за несколько минут.

Значительные трудности возникают и вследствие того, что первичное космическое излучение приходится изучать на фоне многочисленных помех. Под действием заряженных частиц космических лучей, проходящих на Землю, — протонов и электронов, начинают ярко «светиться» в гамма-диапазоне и земная атмосфера, и конструкции космического аппарата, на борту которого установлена регистрирующая аппаратура.

Как же выглядит Вселенная в гамма-лучах? Представьте себе на минуту, что ваши глаза чувствительны не к видимому свету, а к гамма-квантам. Какая картина предстала бы перед нами? Взглянув на небо, мы не увидели бы ни Солнца, ни привычных созвездий, а Млечный Путь выглядел бы узкой светящейся полоской. Кстати, подобное распределение галактического гамма-излучения подтвердило предположение, высказанное в свое время известным советским физиком академиком В. Л. Гинзбургом о том, что космические лучи имеют в основном галактическое, а не внегалактическое происхождение.

В настоящее время с помощью гамма-телескопов, установленных на космических аппаратах, зарегистрировано несколько десятков источников космического гамма-излучения. Пока еще нельзя точно сказать, что они собой представляют, — звезды ли это или другие компактные объекты, или, может быть, протяженные образования. Есть основания предполагать, что гамма-излучение возникает при нестационарных, взрывных явлениях. К числу таких явлений относятся, например, вспышки сверхновых звезд. Однако при обследовании 88 известных остатков сверхновых было обнаружено только два источника гамма-излучения.

В то же время зарегистрированы внегалактические источники гамма-излучения, связанные с активными галактиками и квазарами, где происходят взрывные процес-

сы, в десятки миллионов раз более мощные, чем вспышки сверхновых. Не исключена возможность, что современная астрономия стоит на пороге открытия принципиально нового класса космических объектов, физическая природа которых нам еще неизвестна.

Весьма интересный гамма-источник был обнаружен также в созвездии Змееносца. В этом месте находится плотное газо-пылевое облако, внутри которого расположена группа молодых горячих вспыхивающих звезд. Зарегистрировано гамма-излучение и от другой туманности — туманности Ориона, в которой есть молодые звезды и где по некоторым данным наблюдается расширение систем таких звезд — звездных ассоциаций.

Согласно современным представлениям, вспышки сверхновых являются одним из заключительных этапов в жизни звезд. Вспышечные же явления, по-видимому, характерны для ранних этапов развития этих небесных тел. Складывается впечатление, что гамма-излучение и порождающий его процесс образования космических лучей связаны не с умиранием звезд, а скорее с их рождением.

Регистрация космического гамма-излучения высокой энергии, в принципе, позволяет обнаруживать объекты, которые являются генераторами космических лучей, т. е. решить задачу, давно являющуюся одной из важнейших в астрофизике. Дело в том, что при взаимодействии энергичных ядер, входящих в состав космических лучей, с межзвездной средой, окружающей их источник, — частицами газа или пыли, — должны рождаться особые элементарные частицы, так называемые пи-ноль-мезоны. Частицы эти недолговечны и распадаются на гамма-кванты, которые и могут быть зарегистрированы с помощью гамма-телескопов. При этом гамма-свечение тем ярче, чем больше плотность космического излучения. Таким образом, наблюдения в гамма-диапазоне позволяют не только определять, где расположен объект, порождающий космические лучи, но и оценивать его интенсивность.

Источниками гамма-квантов являются и нейтронные звезды — пульсары. В частности, самая яркая «звезда» в гамма-диапазоне — пульсар, расположенный в созвездии Парусов, невидимый для оптических телескопов. Другая «гамма-звезда» отождествлена со знаменитым пульсаром в Крабовидной туманности. Однако каких-либо непосредственных доказательств того, что в пульсарах рождаются энергичные ядра и таким образом именно

пульсары являются источниками космических лучей, пока нет. Скорее всего гамма-свечение пульсаров порождается быстрыми электронами.

Несколько лет назад с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли и высотных аэростатах, были обнаружены сильные вспышки космического гамма-излучения. Поражала их огромная мощность. Энергия, выделяемая во время вспышек их таинственными источниками, примерно в миллион раз превосходила энергию светового излучения Солнца.

Хотя физическая природа этих явлений остается все еще неясной, есть определенные основания предполагать, что они могут быть связаны с процессами, происходящими в двойных системах, в состав которых входят нейтронные звезды. Не исключено, что мощные всплески гамма-излучений возникают в результате падения вещества, выброшенного одной из звезд в двойной системе на нейтронную звезду.

Дальнейшее изучение космического гамма-излучения должно дать ответы на многие вопросы, имеющие фундаментальное значение для понимания строения космических объектов и происходящих во Вселенной физических процессов. В частности, то обстоятельство, что гамма-кванты распространяются прямолинейно, открывает возможность не только обнаруживать очень далекие источники гамма-излучения, но и определять направления, в которых они находятся.

А поскольку механизм возникновения гамма-излучения связан с воздействием «нетепловых» частиц достаточно высокой энергии, то это излучение несет с собой чрезвычайно ценную информацию о физических процессах, происходящих в таких районах Вселенной, где существует высокая концентрация нетепловых частиц.

КОСМИЧЕСКИЕ ВЗРЫВЫ

Еще лет сорок назад астрономы считали, что космические объекты мало изменяются с течением времени. Казалось, что и звезды и галактики развиваются настолько медленно, что за обозримые промежутки времени в их физическом состоянии не происходит сколько-нибудь существенных изменений. Правда, были известны физические переменные звезды, отличающиеся, например, частыми изменениями блеска; звезды, бурно выбрасывающие вещество, а также вспышки новых и сверхновых звезд,

сопровождающиеся освобождением огромных количеств энергии. Эти явления хотя и привлекали внимание исследователей, но все же представлялись эпизодическими, не имеющими принципиального значения.

Однако уже в 50-е годы распространилось убеждение в том, что явления нестационарности — это закономерные этапы эволюции материи во Вселенной, играющие чрезвычайно важную роль в развитии космических объектов. И действительно, был обнаружен целый ряд явлений во Вселенной, связанных с выделением колоссальных количеств энергии и даже взрывными процессами.

В частности, оказалось, что некоторые галактики являются источниками мощного радиоизлучения.

Одна из таких радиогалактик — радиоисточник Лебедь-А — находится в районе созвездия Лебедя. Это необычайно мощная космическая радиостанция: ее радиоизлучение, принимаемое на Земле, имеет такую же мощность, как радиоизлучение спокойного Солнца, хотя до Солнца всего около 8 световых минут, а до галактики в Лебеде около 700 миллионов световых лет.

Как показывают расчеты, общая энергия релятивистских электронов, порождающих радиоизлучение радиогалактик, может достигать огромной величины. Так, для радиоисточника Лебедь-А эта энергия в десятки раз превосходит энергию притяжения всех звезд, которые входят в эту радиогалактику и в сотни раз больше, чем энергия ее вращения.

Возникает два вопроса: каков физический механизм радиоизлучения радиогалактик и откуда берется энергия, необходимая для поддержания этого радиоизлучения?

В Северном полушарии неба в созвездии Тельца есть небольшая газовая туманность. За свои причудливые очертания, чем-то напоминающие гигантского краба с многочисленными щупальцами, она получила название Крабовидной. Сопоставление фотографий этой туманности, сделанных в различные годы, показало, что газы, входящие в ее состав, разлетаются с колоссальной скоростью — около 1000 км/с. Видимо, это следствие взрыва огромной силы, который произошел примерно 900 лет назад, когда все вещество Крабовидной туманности было сконцентрировано в одном месте. Что же произошло в этом районе неба в начале второго тысячелетия нашей эры?

Ответ мы находим в летописях тех времен. В них рассказывается, что весной 1054 г. в созвездии Тельца вспыхнула звезда. На протяжении 23 суток она сияла так ярко,

что была хорошо видна на дневном небе при свете Солнца. Сопоставление этих фактов привело ученых к выводу о том, что Крабовидная туманность представляет собой остаток вспышки сверхновой звезды.

Наблюдения показали, что Крабовидная туманность является чрезвычайно мощным источником радиоизлуче-

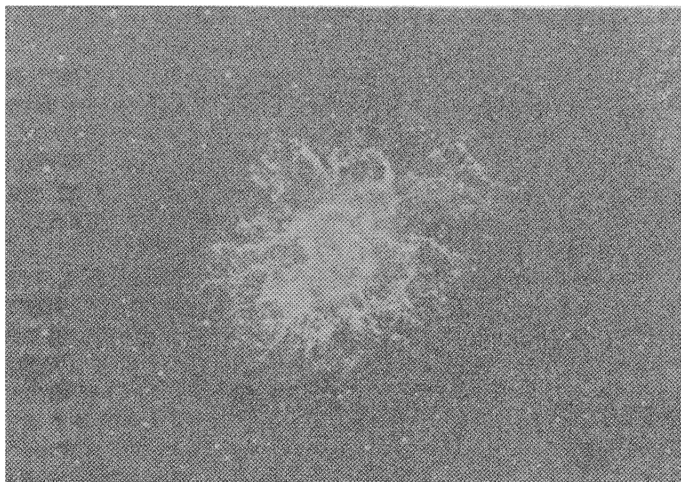


Рис. 16. Фотография Крабовидной туманности.

ния. Вообще любой космический объект, будь то галактика, звезда, планета или туманность, если только его температура выше абсолютного нуля, должен излучать электромагнитные волны в радиодиапазоне — так называемое тепловое радиоизлучение. Удивительное состояло в том, что радиоизлучение Крабовидной туманности было во много раз мощнее того теплового радиоизлучения, которым она должна была бы обладать в соответствии со своей температурой. Вот тогда-то и было сделано одно из самых выдающихся открытий в современной астрофизике, открытие, которое не только объяснило природу радиоизлучения Крабовидной туманности, но и дало ключ к пониманию физической природы очень многих явлений, происходящих во Вселенной. Впрочем, в этом нет ничего удивительного: ведь в каждом отдельном космическом объекте находят свое отражение самые общие закономерности природных процессов.

Усилиями главным образом советских ученых была разработана теория нетеплового электромагнитного излу-

чения космических объектов, порождаемого движением очень быстрых электронов в магнитных полях. По аналогии с некоторыми процессами, происходящими в ускорителях заряженных частиц, такое излучение получило название синхротронного.

В дальнейшем выяснилось, что синхротронное радиоизлучение является характерной особенностью целого ряда космических явлений. В частности, именно такую природу имеет радиоизлучение радиогалактик.

Что же касается источника энергии, то в Крабовидной туманности таким источником была вспышка сверхновой звезды. А в радиогалактиках?

Очень многие факты говорят о том, что источником энергии их радиоизлучения, по-видимому, служат активные физические процессы, протекающие в ядрах этих звездных систем.

Как показывают астрономические наблюдения, в центральных частях большинства известных нам галактик имеются компактные образования, обладающие довольно сильным магнитным полем. Эти образования получили название ядер. Нередко в ядре сосредоточена значительная доля излучения всей галактики. Есть ядро и у нашей Галактики. Как показали радионаблюдения, из него происходит непрерывное истечение водорода. За год выбрасывается масса газа, равная полутора массам Солнца. Немного? Но если учесть, что наша звездная система существует больше 10 миллиардов лет, то нетрудно подсчитать, что за это время из ее ядра было выброшено колоссальное количество вещества. При этом есть веские основания предполагать, что явления, регистрируемые в настоящее время, представляют собой лишь слабые отголоски гораздо более бурных процессов, которые происходили в ядре нашей Галактики, когда она была моложе и богаче энергией. На эту мысль наводят весьма активные явления, которые мы наблюдаем в ядрах некоторых других галактик.

Так, например, в галактике М 82 наблюдается разлет газовых струй во все стороны от ядра со скоростями до 1500 км/с. Видимо, это явление связано со взрывом, который произошел несколько миллионов лет назад в ядре этой звездной системы. Согласно некоторым подсчетам, его энергия была поистине колоссальна — она соответствует энергии взрыва термоядерного заряда с массой, равной массе нескольких десятков тысяч солнц. Правда, в последнее время относительно взрыва в М 82

высказываются определенные сомнения. Однако известен еще целый ряд галактик, в ядрах которых происходят чрезвычайно мощные нестационарные явления.

В 1963 г. на очень больших расстояниях от нашей Галактики были обнаружены поразительные объекты, получившие название квазаров. В сравнении с громадными звездными островами-галактиками, квазары ничтожно малы. Но каждый квазар излучает в сотни раз больше энергии, чем самые гигантские известные нам галактики, состоящие из сотен миллиардов звезд.

Открытие квазаров, как и всякое подобное открытие, оказалось неожиданным — одним из тех удивительных сюрпризов, которые время от времени преподносит и будет нам преподносить бесконечно разнообразная Вселенная. О существовании подобных объектов физики и астрофизики не только не могли предполагать заранее, но если бы до открытия квазаров им описали их свойства, ученые, по мнению известного астрофизика И. Д. Новикова, наверняка заявили бы, что такие объекты в природе вообще не могут существовать.

Тем не менее квазары существуют и их физическая природа требует объяснения. Однако такого общепринятого объяснения пока еще нет. Высказывались различные предположения, часть из них впоследствии отпала, часть продолжает обсуждаться. Но какие физические процессы могут приводить к выделению столь грандиозных количеств энергии, все еще остается неясно.

В то же время значительные успехи достигнуты в решении другого вопроса: какое место занимают квазары в ряду различных космических объектов? Являются ли они уникальными образованиями, своеобразным исключением из общего правила или закономерным этапом в развитии космических систем?

Подобная постановка вопроса характерна для всего духа современной астрофизики. Если еще сравнительно недавно исследователи Вселенной интересовались главным образом изучением физических свойств, характеризующих современное состояние того или иного космического объекта, то теперь на первый план выдвинулось исследование его истории, его предшествующих состояний, закономерностей его происхождения и развития. Подобный подход явился результатом осознания того факта, что мы живем в расширяющейся нестационарной Вселенной, прошлое которой отличается от ее современного состояния, а современное состояние — от будущего.

В свете этих идей особый интерес приобретает выяснение возможной родственной связи между различными нестационарными объектами. В частности, оказалось, что по своему строению и оптическим свойствам радиогалактики не представляют собой ничего исключительного. Оказывается, для любой радиогалактики можно найти похожую на нее «нормальную» галактику, которая отличается только отсутствием радиоизлучения. Это, видимо, и говорит о том, что способность излучения мощных потоков радиоволн возникает лишь на некоторой стадии эволюции галактик того или иного типа. Своеобразное «возрастное» явление, которое наступает на определенном этапе жизни звездных систем, а затем исчезает...

Подобное предположение тем более правдоподобно, что радиогалактик значительно меньше, чем «нормальных».

Но не являются ли в таком случае квазары, эти сверхмощные «фабрики энергии», тоже некоторой стадией развития космических объектов, быть может, одной из самых ранних? Во всяком случае, анализ электромагнитного излучения квазаров обнаруживает явное сходство между ними и ядрами некоторых типов радиогалактик.

Известный московский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов обратил внимание на одно весьма любопытное обстоятельство. Почти все известные нам квазары (а их зарегистрировано уже свыше полутора тысяч) — одинокие объекты. С другой стороны, близкие к ним по свойствам радиогалактики, как правило, входят в скопления галактик и являются их главными, центральными членами, наиболее яркими и активными.

В связи с этим Б. А. Воронцов-Вельяминов высказал предположение о том, что квазары — не что иное, как «протоскопления» галактик, т. е. объекты, в результате дальнейшей эволюции которых возникали в дальнейшем галактики и скопления галактик.

В пользу подобного предположения говорит, например, активность ядер галактик, весьма сходная с активностью квазаров, хотя и не такая бурная. Особенно бурные процессы протекают в ядрах так называемых сейфертовских галактик. Эти ядра имеют очень малые размеры, сравнимые с размерами квазаров и подобно им обладают чрезвычайно мощным электромагнитным излучением. В них происходят движения газа с огромными скоростями, достигающими нескольких тысяч километров в секунду. У многих сейфертовских галактик наблюдаются выбросы компакт-

ных газовых облаков с массами в десятки и сотни солнечных масс. При этом выделяется колоссальная энергия. Так, например, в ядре сейфертовской галактики NGC 1275 (радиоисточник Персей-А) около 5 млн. лет назад (по времени этой галактики) произошел сильнейший взрыв, сопровождавшийся выбросом газовых струй со скоростями до 3000 км/с. Энергия разлета газа здесь на два порядка выше, чем в галактике М 82.

Еще один класс галактик с активными ядрами, обладающими аномально сильным ультрафиолетовым излучением, был обнаружен советским астрономом Б. Е. Маркаряном. Видимо, большая часть этих галактик переживает в настоящее время эпоху, следующую за выбросом, как говорят астрономы, послезерптивную стадию.

Не исключено, что энергия излучения квазаров и активность ядер галактик порождаются сходными физическими процессами.

Как мы уже говорили, квазары — весьма удаленные объекты. А чем дальше от нас находится тот или иной космический объект, тем в более далеком прошлом мы его наблюдаем. Галактики, в том числе и галактики с активными ядрами, в среднем, расположены ближе, чем квазары. Следовательно, это объекты более позднего поколения — они должны были образоваться позже квазаров. И это немаловажное свидетельство того, что квазары, возможно, являются ядрами галактик.

Что же касается природы физических процессов, обеспечивающих энерговыделение квазаров, то на этот счет имеется одна интересная гипотеза.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

В последние годы большую популярность в астрофизике приобрела гипотеза так называемых «черных дыр».

Двадцатый век принес с собой целый ряд удивительных открытий в физике и астрономии. Идет своеобразная цепная реакция: обнаруживаются диковинные явления, а их дальнейшее изучение и осмысление приводит к открытию явлений, еще более поразительных. Таков закономерный путь развития естествознания.

Один из самых диковинных, правда, пока еще «теоретических» космических объектов, который в последние годы привлекает особое внимание физиков и астрофизиков, — черные дыры. Одно название чего стоит: дыры во Вселенной, да еще черные!

Согласно общей теории относительности Эйнштейна, силы тяготения непосредственно связаны со свойствами пространства. Любое тело не просто существует в пространстве само по себе, но определяет его геометрию. Однажды какой-то предприимчивый газетный репортер обратился к Эйнштейну с просьбой изложить суть его теории в одной фразе и так, чтобы это было понятно широкой публике. «Раньше полагали, — ответил на это Эйнштейн, — что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы; теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время».

Любые массы искривляют окружающее пространство. В повседневной жизни мы этой искривленности практически не ощущаем, поскольку нам обычно приходится иметь дело со сравнительно небольшими массами. Однако в очень сильных полях тяготения этот эффект может приобретать существенное значение.

За последние годы во Вселенной обнаружен целый ряд явлений, которые свидетельствуют о возможности концентрации огромных масс в сравнительно небольших областях пространства.

Если некоторая масса вещества окажется в малом объеме, критическом для данной массы, то под действием собственного тяготения это вещество начинает сжиматься. Наступает своеобразная гравитационная катастрофа — гравитационный коллапс.

В процессе коллапса растет концентрация массы. Растет в соответствии с общей теорией относительности и кривизна пространства. И в конце концов наступает момент, начиная с которого ни один луч света, ни одна частица, ни один физический сигнал не может «вырваться» из подобного образования наружу. Это и есть черная дыра.

Для внешнего наблюдателя такой объект как бы перестает существовать — от него не поступает никакая информация: ведь любая информация не может распространяться сама по себе, она должна иметь материального носителя.

Радиус коллапсирующего тела, при котором оно превращается в черную дыру, получил название гравитационного. Для массы Солнца гравитационный радиус равен 3 км, для массы Земли — 0,9 см. Если бы Солнце сжалось до размеров шара радиусом 3 км, оно превратилось бы в черную дыру.

На поверхности, радиус которой для данной массы равен гравитационному, сила тяготения становится бесконечно большой. И для того, чтобы ее преодолеть, надо было бы развить вторую космическую скорость, превосходящую скорость света. Вот почему черная дыра ничего не выпускает наружу. В то же время она может втягивать в себя окружающее вещество, увеличивая при этом свои размеры. Таким образом, возможность существования черных дыр можно объяснить и с точки зрения классической механики Ньютона. Но для описания всего комплекса явлений, связанных с черными дырами, необходимо применение общей теории относительности.

В частности, согласно этой теории в сильном гравитационном поле течение времени замедляется. Поэтому для внешнего наблюдателя процесс падения какого-либо тела в черную дыру должен протекать бесконечно длительное время. Для такого наблюдателя процесс сжатия вещества фактически останавливается при приближении к гравитационному радиусу. Иную картину увидел бы воображаемый наблюдатель, падающий вместе с веществом в черную дыру. Он за конечный промежуток времени достиг бы гравитационного радиуса и продолжал падать к центру черной дыры. То же самое происходит и с коллапсирующим веществом: перейдя через гравитационный радиус, оно продолжает сжиматься дальше.

Согласно выводам современной теоретической астрофизики, черные дыры могут быть заключительными этапами в жизни массивных звезд. Пока в центральной части звезды работает источник энергии, высокая температура приводит к расширению газа, который стремится «раздвинуть» вышележащие слои. В то же время колоссальная сила тяготения звезды «тянет» эти слои к центру. Но после того, как «горючее» в недрах звезды оказывается полностью израсходованным, температура в ее центральной части постепенно понижается. Равновесие нарушается и под действием собственного притяжения звезда начинает сжиматься. Ее дальнейшая судьба зависит от величины массы. Как показывают подсчеты, если звезда в 3—5 раз массивнее Солнца, то ее сжатие на заключительном этапе может привести к гравитационному коллапсу и образованию черной дыры.

Несколько лет назад был обнаружен космический объект в созвездии Лебедя, который вполне возможно является черной дырой. Это темный объект с массой, равной четырнадцати массам Солнца. Впрочем, окончательное

доказательство того, что объект в Лебеде действительно черная дыра, еще впереди.

В то же время все чаще высказываются предположения о том, что в ядрах галактик и в квазарх могут находиться сверхмассивные черные дыры, которые и являются источниками активности этих космических объектов.

Такие черные дыры способны втягивать в себя окружающее вещество, энергия движения которого в гравитационном поле может перерабатываться в другие виды энергии. В частности, было сделано интересное открытие, связанное с галактикой М 87 (радиоисточник Дева А), давно привлекающей к себе внимание. На фотографии этой галактики отчетливо видна выброшенная из ядра струя, состоящая из нескольких отдельных газовых сгустков с общей массой около 10 миллионов солнечных масс и движущихся со скоростью порядка 3000 км/с. Это говорит о большой силе взрыва, который произошел в ядре.

Наблюдения показали: если на некотором расстоянии от ядра распределение вещества в М 87 соответствует обычному распределению звезд в галактиках, то вблизи центра в очень небольшом объеме сконцентрирована колоссальная слабосветящаяся масса, равная 6 миллиардам солнечных масс. Возможно, это гигантская черная дыра, возбуждающая активность ядра, а может быть, очень плотное образование еще неизвестной нам природы.

ВСЕЛЕННАЯ И НЕЙТРИНО

Мы уже не раз прямо или косвенно отмечали тесную связь физики и астрофизики. С одной стороны, Вселенная становится лабораторией современной физики. А с другой, — новые физические открытия, в той или иной степени вызванные к жизни астрофизическими исследованиями и астрономическими проблемами, в свою очередь оказывают неизбежное влияние на дальнейшее развитие астрономических представлений. Такова своеобразная обратная связь во взаимоотношениях и взаимопроникновении этих наук, такова диалектика познания!

Среди двухсот с лишним элементарных частиц, известных современным физикам, есть удивительная частица нейтрино. Согласно существовавшим длительное время теоретическим представлениям, эта частица лишена так называемой массы покоя — она всегда движется со скоростью, в точности равной скорости света. Однако с дру-

гой стороны, теория не накладывала никаких запретов и на возможность существования у нейтрино массы, отличной от нуля. Это обстоятельство и побудило группу ученых в Институте теоретической и экспериментальной физики АН СССР провести ряд экспериментов по выяснению действительной величины массы так называемых электронных нейтрино. Результат, пока правда предварительный, оказался в какой-то мере сенсационным: ученые пришли к выводу, что масса нейтрино не равна нулю, а составляет в энергетических единицах от 14 до 16 электрон-вольт. Масса не столь большая — в пределах от одной тридцатитысячной до одной десяти тысячной массы электрона, но сам факт ее существования, если он подтвердится, повлечет за собой весьма серьезные последствия для наших представлений о Вселенной...

Одной из актуальных проблем современной астрономии является проблема внутрисолнечной и внутризвездной энергии. До недавнего времени считалось, что источником этой энергии являются термоядерные реакции синтеза гелия из водорода. И это представление настолько устоялось, что считалось одной из бесспорных идей современной астрофизики. И вдруг — сомнение!..

Мы уже говорили о том, что если в недрах нашего дневного светила действительно протекает термоядерная реакция, там должны рождаться нейтрино. Благодаря колоссальной проникающей способности, которой обладают эти частицы, весьма слабо взаимодействующие с веществом, они будут свободно «вырываться» в около-солнечное пространство и определенная их часть достигнет Земли. Была построена специальная установка для регистрации солнечных нейтрино и проводились наблюдения. Однако результат был в высшей степени неожиданным: поток нейтрино оказался в несколько раз меньше предсказываемого теорией. Как отмечалось выше, для объяснения этого явления был предложен ряд гипотез, вплоть до предположения о том, что основным источником энергии Солнца и звезд служат не термоядерные реакции, а какие-то иные, быть может еще неизвестные нам физические процессы. Вопрос до сих пор остается открытым.

Но если подтвердится наличие у нейтрино конечной массы — откроется еще одна возможность объяснения отрицательного результата экспериментов по регистрации солнечных нейтрино. Дело в том, что в природе существуют нейтрино трех различных типов. Как полагают теоретики, нейтрино одного типа, с массой, отличной от нуля, могут

самопроизвольно превращаться в нейтрино другого типа. Поэтому можно представить себе такую картину: те нейтрино, которые рождаются в недрах Солнца и для регистрации которых предназначены современные детекторы, по пути к Земле могут переходить в нейтрино, которые этими детекторами не регистрируются.

Наличие конечной массы у нейтрино внесет весьма существенные изменения и в существующие космологические представления. Как известно, геометрические свойства нашей Вселенной весьма тесным образом связаны со средней плотностью массы. Если эта плотность больше некоторой критической величины, составляющей примерно 10^{-29} г/см³, то пространство Вселенной замкнуто и конечно. В соответствии с существовавшими до настоящего времени астрофизическими данными реальная средняя плотность оценивалась ниже критического значения. Нейтрино могут внести в эту оценку весьма заметную поправку. Согласно имеющимся данным, на каждый протон, существующий во Вселенной (о протонах речь идет постольку, поскольку водород является самым распространенным в природе химическим элементом), приходится около миллиарда нейтрино. Таким образом, если нейтрино действительно обладает конечной массой, то даже при условии, что эта масса в несколько десятков миллионов раз уступает массе протона, общая масса нейтрино во Вселенной примерно в 30 раз превосходит массу «обычного» вещества! Может оказаться, что все звезды, планеты, туманности и галактики лишь ничтожная добавка к нейтринному фону Вселенной. А это, в свою очередь, будет означать, что средняя плотность массы намного превосходит критическую. И, следовательно, наша Вселенная — замкнута и конечна и ее расширение со временем (через многие миллиарды лет) должно смениться сжатием.

Но и это еще не все. Как известно, современная Вселенная однородна лишь в достаточно больших масштабах. Если рассматривать сравнительно малые области пространства, то однородности не будет, — космическая материя сосредоточена в звездных островах-галактиках и скоплениях галактик. Согласно теории горячей расширяющейся Вселенной, эти космические объекты должны были образоваться на определенном этапе расширения в результате развития неоднородностей среды. Процесс должен был протекать примерно следующим образом. На одном из сравнительно ранних этапов расширения была фаза однородности с небольшими флуктуациями, возникающими

вследствие гравитационной неустойчивости. В каких-то районах пространства вещества могло оказаться чуть больше, в каких-то — чуть меньше. Если силы упругости превосходят гравитационные, неоднородность может рассосаться. Но если объем, охваченный возмущениями, достаточно велик, то возникнет гравитационная неустойчивость. Таким образом, флуктуации достаточно большого масштаба должны нарастать. Гипотезу образования галактик в результате фрагментации среды за счет гравитационной неустойчивости успешно разрабатывает академик Я. Б. Зельдович и его сотрудники.

Однако эта гипотеза сталкивается с определенными трудностями. Одна из них связана с данными радиоастрономических наблюдений.

В настоящее время Вселенная для квантов реликтового излучения *) абсолютно прозрачна — они движутся, практически не испытывая поглощения. Но в прошлом, когда все масштабы были примерно в 1000 раз меньше, Вселенная для квантов электромагнитного излучения была абсолютно непрозрачна — оно полностью рассеивалось. Если в ту эпоху среда была совершенно однородной, то реликтовое излучение должно быть абсолютно изотропным, его интенсивность по любым направлениям должна быть одинакова.

Но современная Вселенная, как уже было сказано выше, не является идеально однородной — в ней имеются звездные острова-галактики и скопления галактик. И если эти объекты действительно образовались из «зародышей», возникших под действием гравитационной неустойчивости, то на соответствующем этапе эволюции космическая среда уже не была абсолютно однородной. В таком случае и реликтовое излучение не может быть абсолютно изотропным, в нем должны наблюдаться мелкомасштабные флуктуации. Чтобы их обнаружить, проводились многочисленные измерения интенсивности реликтового излучения на крупных радиотелескопах, в том числе и на уникальном советском радиотелескопе РАТАН-600. Однако на очень высоком уровне точности никаких мелкомасштабных флуктуаций обнаружить не удалось, если рассчитать величину «зародышей», исходя из размеров современных скоплений галактик. Возникает трудноразрешимая загадка! Ведь галактики и скопления из чего-то должны были образоваться. Если не из неоднородностей среды —

*) См. стр. 105

то из чего? Никаких других правдоподобных возможностей пока что не видно.

Существование конечной массы у нейтрино могло бы снять и эту трудность. На самом раннем этапе расширения Вселенной в нейтринном газе, заполнявшем мировое пространство, могли возникать небольшие случайные неоднородности. Однако в этот период нейтрино обладали очень высокой энергией и двигались с околосветовыми скоростями. Силы тяготения небольших сгущений было недостаточно, чтобы такие нейтрино удержать. И они постепенно распадались, «рассасывались».

Однако по мере расширения скорости нейтрино уменьшались и, как показывают расчеты, примерно через 300 лет после начального момента достаточно массивные сгущения уже могли их «захватывать». Эти сгущения должны были обладать массой порядка 10^{15} солнечных масс. Они постепенно становились все более массивными, вовлекая в себя своим мощным притяжением новые нейтрино, а спустя около миллиона лет после начала расширения и обычное вещество — нейтральный газ. Накапливаясь в центральных частях невидимых нейтринных неоднородностей, оно формировалось в скопления галактик, которые мы и наблюдаем. Согласно расчетам, масса этого вещества была в несколько десятков раз меньше общей массы нейтринных сгущений.

Таким образом, подавляющая часть массы первичных неоднородностей, из которых впоследствии образовались скопления галактик, являлась для реликтового излучения «невидимой» и не могла привести к нарушениям его изотропии. Массы же обычного вещества, входившего в состав нейтринных неоднородностей, явно недостаточно, чтобы вызвать такие флуктуации интенсивности реликтового излучения, которые можно было бы обнаружить с помощью современной аппаратуры. Тем самым, если нейтрино обладает конечной массой, то противоречие, возникшее между современной теорией происхождения галактик и результатами наблюдения реликтового излучения полностью снимается.

Есть, наконец, и еще одна весьма важная проблема, в решение которой обнаружение конечной массы нейтрино может внести недостающую ясность.

Астрофизиков на протяжении ряда лет беспокоит проблема так называемой скрытой массы. Дело в том, что массу скоплений галактик можно определить двумя способами. Во-первых, по светимости: чем больше масса скопле-

ний — тем выше их светимость. И, во-вторых, по закону тяготения, исходя из наблюдения взаимных движений галактик в скоплениях. Оказалось, что массы одних и тех же скоплений, определенные разными способами, не совпадают — массы, рассчитанные по закону тяготения, во много раз превосходят массы, вычисленные по светимости. Одно из возможных объяснений состоит в том, что в скоплениях имеются несветящиеся объекты, которые вносят свой вклад в их общую массу, но никак не сказываются на светимости. Именно эти «скрытые массы» и разгоняют галактики в скоплениях до больших скоростей. Возникла проблема: какова физическая природа «скрытых масс»?

Был высказан ряд предположений: газ, пыль, слабо светящиеся звезды, черные дыры. Однако ни одно из них по тем или иным причинам не давало удовлетворительного ответа на возникший вопрос. Положение и по сей день остается до известной степени неопределенным. Определенность могут внести нейтрино. Если эти частицы обладают конечной массой, то их вклад в общую массу скопления галактик способен покрыть загадочный дефицит массы, возникающий при разных способах ее определения.

Но все это — если... Вернемся теперь еще раз к вопросу о массе нейтрино. В какой мере достоверным можно считать вывод о том, что эта масса не равна нулю?

Как известно, существование нейтрино было предсказано в результате изучения так называемого бета-распада — физического процесса, при котором ядро одного химического элемента испускает электрон и превращается в ядро другого химического элемента. Было замечено, что энергия вылетающего электрона в ряде случаев оказывалась меньше, чем это следовало из теоретических расчетов. Известный швейцарский физик В. Паули предположил, что недостающую энергию уносит с собой еще неизвестная науке нейтральная частица, слабо взаимодействующая с веществом и потому остающаяся незамеченной. Этой частицей и оказалось нейтрино.

Но тот же процесс бета-распада может в принципе послужить косвенным индикатором для выяснения вопроса о массе нейтрино. Именно таким путем и шли советские физики. Для измерений был использован процесс бета-распада трития, при котором ядра атомов этого элемента, испуская электроны, превращаются в ядра атомов изотопа гелия. Если масса нейтрино равна нулю, то среди электронов, испускаемых ядрами трития, должны присутствовать электроны, обладающие максимально возможной для это-

го процесса энергией. В том же случае, если нейтрино обладают конечной массой, то максимальная энергия вылетающих электронов будет несколько меньше — и эта разница зависит от величины массы нейтрино.

Как раз в результате такой серии экспериментов, осуществленной в Институте теоретической и экспериментальной физики, и был сделан предварительный вывод о наличии у нейтрино массы, отличной от нуля.

В последние годы проблемой массы нейтрино занимались также американские физики. В своих измерениях они исходили из того, что при наличии конечной массы нейтрино одного «сорта» могут превращаться в нейтрино другого «сорта», а при нулевой массе такие превращения не могут иметь места. Ученые, проводившие соответствующие эксперименты, сообщили о том, что переходы, о которых идет речь, ими обнаружены. Правда, величину массы нейтрино они оценили несколько ниже, чем советские ученые. Однако спустя некоторое время появились сообщения, которые ставили этот результат под сомнение...

Таким образом, положение остается неопределенным и для уверенного заключения потребуются еще многочисленные эксперименты и наблюдения. Но напрашивается одно любопытное сопоставление. К открытию нейтрино привела необходимость объяснить недостачу энергии при бета-распаде. Самим своим существованием нейтрино разрешило возникшую загадку. Быть может, ситуация в какой-то мере повторяется? В современной астрофизике, как мы видели, имеется ряд загадок, которые получили бы свое решение в случае наличия у нейтрино конечной массы. Один раз с помощью нейтрино удалось объяснить недостаток энергии, возможно, теперь удастся объяснить недостаток массы. Как справедливо заметил один известный астрофизик, если окажется, что масса нейтрино все-таки равна нулю, то придется «изобрести» другую частицу, очень слабо взаимодействующую с веществом, но обладающую конечной массой.

Разумеется, аналогии в физике и астрономии не обладают доказательной силой. Но стимулировать дальнейшие исследования в изучении вопроса о массе нейтрино они могут и должны.

Именно по этой причине вопрос о возможных астрофизических последствиях существования конечной массы у нейтрино заслуживает подробного обсуждения уже сегодня, хотя окончательный вывод о наличии или отсутствии такой массы делать еще рано.

ПОИСК РАЗУМНОЙ ЖИЗНИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

В последние годы проблема жизни во Вселенной и внеземных цивилизаций привлекает к себе внимание не только специалистов, но и самых широких кругов людей. Несмотря на то, что нам до сих пор не удалось обнаружить ни одного внеземного живого организма, современное естествознание достигло столь высокого уровня развития, что появилась возможность поставить вопрос о жизни вне Земли на других космических мирах на прочную научную основу. В настоящее время в этой области ведутся серьезные научные исследования, в которых принимают активное участие представители различных наук.

На первый взгляд может показаться, что данные, имеющиеся в распоряжении ученых, чуть ли не однозначно свидетельствуют о широкой распространенности разумной жизни во Вселенной. Во-первых, если живые организмы возникли на Земле закономерным естественным путем в процессе эволюции нашей планеты, то логично предположить, что они могут возникать и на других небесных телах планетного типа. Во-вторых, углерод, составляющий химическую основу живого вещества, является одним из самых распространенных химических элементов во Вселенной. Наконец, в-третьих, методами так называемой молекулярной астрономии установлено, что в облаках газа и пыли, заполняющих межзвездное пространство, происходит синтез сложных органических молекул, своеобразных «кирпичиков», из которых может быть построено живое вещество.

Однако в действительности все обстоит значительно сложнее. Видимо, при формировании планет из газо-пылевого вещества те органические молекулы, которые образовались в космическом пространстве, должны разрушаться. Следовательно, для возникновения живых организмов на той или иной планете необходимо, чтобы на ней образовались свои предбиологические соединения. Таким образом, даже весьма широкая распространенность органических молекул в межзвездной среде не может, судя по всему, влиять на вероятность возникновения жизни на телах планетного типа.

Но самое главное состоит в том, что современная наука, к сожалению, еще не знает, каким образом в природе совершается удивительный акт самоорганизации материи,— как неживое превращается в живое. Наука, в сущности, только еще приступила к изучению этой фундаменталь-

нейшей проблемы. И чем больше она изучается — тем сложнее выглядит. А следовательно, мы не знаем и того, какой комплекс условий необходим и достаточен для формирования живых структур. И поэтому не можем оценить вероятность того, как часто подобные условия могли складываться в процессе эволюции Вселенной. Это одна из наиболее существенных неопределенностей в числе многих других, с которыми сталкивается проблема внеземных цивилизаций.

Можно упомянуть и о том, что методы современной астрономии не дают возможности уверенно обнаруживать планетные системы даже у ближайших звезд. И пока ни одной другой планетной семьи, подобной солнечной, зарегистрировать не удалось. Между тем нет оснований сомневаться в том, что среди великого множества различных объектов, населяющих Вселенную, обиталищем жизни и тем более разума могут быть только планеты.

Правда, в настоящее время разрабатываются новые, более совершенные методы поиска планетных систем. Но ожидать от них конкретных практических результатов можно еще нескоро.

Таким образом, на теоретическом уровне дать сколько-нибудь обоснованный ответ на вопрос о распространении разумной жизни во Вселенной не представляется возможным. Тех данных, которыми располагает современная наука, для этого недостаточно.

В связи с этим особенный интерес вызывает наблюдательный аспект исследований. Речь идет о попытках обнаружения действующих радиопередатчиков инопланетных цивилизаций или каких-либо иных проявлений их практической деятельности. В рамках этой программы за последние десятилетия на ряде крупных радиоастрономических инструментов разных стран, в том числе и Советского Союза, были проведены радиообзоры различных участков звездного неба. Однако ни одной космической «радиопередачи», которую можно было бы хотя бы подозревать в искусственном происхождении, обнаружить не удалось.

Не наблюдались во Вселенной и какие-либо другие явления, которые можно было бы связать с действиями разумных существ — представителей внеземных цивилизаций.

Таким образом, в распоряжении современной науки нет ни одного факта, который бы прямо или косвенно свидетельствовал о существовании внеземных цивилизаций.

Высказываются различные точки зрения. Так, член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский не исключает возможности того, что земная цивилизация представляет собой нечто уникальное и является единственной в нашей Галактике, а может быть, и в Метагалактике. Логика рассуждений Шкловского приблизительно такова. Если предположить, что цивилизаций во Вселенной много, то в силу естественной неравномерности своего развития они должны располагать различными научными, техническими и технологическими возможностями. Должны быть цивилизации от нас отставшие и нас опередившие. И в частности, должно существовать хотя бы несколько «сверхцивилизаций», овладевших энергетическими ресурсами, сравнимыми с энерговыделением их звездных систем-галактик. Масштабы практической деятельности подобных сверхцивилизаций должны быть таковы, что мы не могли бы их не обнаружить. Но поскольку мы их не обнаруживаем, значит сверхцивилизаций нет. А раз нет сверхцивилизаций, то нет и внеземных цивилизаций вообще. Потому что, если бы они существовали, то должны были бы существовать и сверхцивилизации.

Высказываются и другие мнения. Некоторые ученые допускают, что инопланетные цивилизации не проявляют себя не потому, что их нет, а по другим причинам. Любопытную гипотезу предложил член-корреспондент АН СССР В. С. Троицкий. По теории горячей расширяющейся Вселенной на самой ранней стадии эволюции не существовало ни звезд, ни планет, ни молекул, ни даже атомов. Все эти объекты образовались значительно позднее. Таким образом, условия, необходимые для формирования живых структур, сложились во Вселенной лишь на определенном этапе ее эволюции. Именно тогда, по мнению Троицкого, и возникла жизнь — практически одновременно на различных космических мирах. И, следовательно, цивилизаций, значительно опередивших нас в своем развитии, просто не существует. По этой причине мы их и не обнаруживаем.

Другие ученые считают, что при любом уровне развития цивилизаций их космическая деятельность будет связана с жесткими ограничениями энергетического характера, вызванными необходимостью сохранения определенных физических параметров среды обитания. Например, создание достаточно мощного радиопередатчика, с помощью которого можно было бы вести всенаправленные передачи сигналов для установления контактов с другими

разумными обитателями Вселенной, потребовало бы концентрации таких колоссальных количеств энергии, что это поставило бы под угрозу само существование сверхцивилизации. Кроме того, осуществление подобного проекта потребовало бы столь грандиозных усилий, что та или иная цивилизация могла бы пойти на его реализацию лишь в том случае, если бы это оказалось для нее жизненно необходимым.

С подобными соображениями можно соглашаться или не соглашаться, но вопрос остается открытым. А реальное положение вещей таково: внеземные цивилизации пока не обнаружены и перспективы их обнаружения в обозримом будущем выглядят весьма и весьма проблематично.

В чем же тогда смысл изучения проблемы внеземных цивилизаций на современном уровне? Его очень хорошо выразил академик АН Эстонской ССР Г. И. Наан: изучая проблему внеземных цивилизаций, мы прежде всего стараемся лучше познать самих себя.

Человечество достигло такой ступени своего развития, когда мы уже не можем игнорировать тот факт, что в физическом отношении земная цивилизация является частью Вселенной, подчиняющейся действующим в ней закономерностям. Знание этих закономерностей становится все более необходимо для планирования и прогнозирования нашей практической деятельности, в особенности свершений глобальных и космических масштабов. При этом оказалось, что на современном уровне развития естествознания одним из самых эффективных путей решения подобной задачи является изучение проблемы космических цивилизаций в ее наиболее общем виде. Мы исследуем закономерности космического существования цивилизаций вообще, в том числе и закономерности нашего собственного космического существования. Тем самым, мы как бы смотрим на земную цивилизацию с космической точки зрения, изучаем ее в «космическом зеркале».

В том же аспекте следует прежде всего рассматривать и так называемую проблему контактов, т. е. возможного обмена информацией с внеземными цивилизациями. Изучение этого вопроса также имеет весьма важное значение, и опять-таки независимо от того, удастся ли подобный контакт когда-либо осуществить практически. Исследование вопроса о путях информационного обмена между разумными существами различных космических миров, возможно, обладающими неодинаковыми научными представлениями об окружающей природе, также имеет многочис-

ленные выходы в чисто земную практику, в частности, для решения проблемы наиболее эффективного «взаимопонимания» и взаимодействия человека и различных кибернетических устройств.

«ШАЛУН»

(научная фантастика)

Корабль вышел на круговую орбиту и теперь двигался вокруг третьей планеты в системе желто-зеленой звезды с поверхностной температурой около 6 тысяч градусов. В кают-компании руководители экспедиции собрались на экстренное оперативное совещание.

— Мы совершили величайшее открытие, — приступил к обсуждению Командир, — открытие, которое будет иметь далеко идущие последствия. Мы обнаружили инопланетную цивилизацию. И теперь нет никаких сомнений в том, что мы не единственные разумные обитатели Вселенной. У нас есть в Космосе братья по разуму!

— Что толку, — проворчал Биолог. — Что толку, если какие-либо контакты с этими, как вы изволили выразиться, братьями по разуму, абсолютно исключены.

— Почему же абсолютно? — возразил Физик, самый молодой и самый нетерпеливый среди присутствующих. — Подобный вывод представляется мне чересчур умозрительным и потому преждевременным. Я предлагаю начать эксперименты!

— Преждевременным? — нахмурился Биолог. — Неужели я должен напоминать вам тривиальные вещи?

— Что ж, попытайтесь, — задиристо сказал Физик.

— Начнем с того, — продолжая хмуриться, заговорил Биолог, — что для контакта и взаимопонимания необходимы вполне определенные объективные условия. А их нет! Прежде всего, жители этой планеты состоят главным образом из нуклонов и электронов, а наши тела построены из нейтрино. Так что мы для них невидимы и неощутимы. Как и вся наша технология. И можно не сомневаться, что любая наша попытка вступить с обитателями этой зеленой планеты в какое-либо общение неизбежно вызовет у них сильнейший психологический шок. Она может оказаться для них даже смертельно опасной. А вы говорите — приступить к экспериментам...

— И все же, — заметил Астроном, — я не был бы столь категоричен. Ведь мы живем в одной и той же Вселенной, где действуют единые физические законы. И поскольку

обнаруженная нами цивилизация достигла весьма высокого уровня и даже осуществляет космические полеты, то их знания об окружающем мире не могут сильно отличаться от наших. А это вполне достаточное основание для контакта: сходные научные картины мира.

— А как полагает Философ? — осведомился Командир.

— Думаю, что дело обстоит значительно сложнее... На мой взгляд, наш уважаемый Астроном проявляет слишком большой оптимизм. Но этот оптимизм, увы, совершенно не оправдан. Да, мы обитаем в одной и той же Вселенной. И она — одна и та же и для нас и для них. Но ведь эта Вселенная — бесконечно разнообразна! В ней бесчисленное множество связей, отношений, взаимодействий, явлений. И любая научная картина мира — коль скоро она создавалась на протяжении конечного отрезка времени — может охватить лишь конечное число этих связей, явлений и взаимодействий. А это значит, что картины мира, построенные различными цивилизациями, могут не только не совпадать друг с другом, но даже не пересекаться! Где же тут основа для общения?

— Но могут и пересекаться, — возразил Физик.

— Да, могут, но только в принципе. Не забывайте, что наука — социальное, общественное явление. Она развивается не только сама собой, по своей внутренней логике, но прежде всего отвечает практическим потребностям общества. Прошу прощения, что мне приходится напоминать о столь известных вещах... Одним словом, картины мира двух космических цивилизаций могут совпадать лишь в том случае, если они прошли одинаковый путь общественного развития. Но в нашем случае, как вы понимаете, это заведомо исключено. Так что... — Философ выразительно развел руками.

В кают-компании воцарилось унылое молчание.

— Что же вы предлагаете? — спросил Физик. — Удалиться, так и не предприняв никаких попыток?

— К сожалению... Здесь правильно говорилось — для контакта необходима основа. Фундамент, на котором можно было бы строить попытки общения... Возможно, абсолютно неожиданный. Я пока такого фундамента не вижу. И не представляю, как можно было бы попытаться завязать контакт с этой цивилизацией без риска вызвать нежелательные, а возможно, и весьма тяжелые последствия...

— Итак, — сказал Командир, обведя присутствующих тяжелым взглядом, — я жду конкретных предложений.

Все промолчали.

— Ну, что же,— заключил Командир,— кажется, все пришли к единому мнению.

— И все же... — вновь заговорил Физик.— Неужели мы так и улетим?

— Такова необходимость,— сурово произнес Командир.— Даю три часа на дополнительные исследования этой планеты. Затем — старт.

В кают-компанию вошел дежурный офицер.

— Командир! Чрезвычайное происшествие! Исчез прогулочный катер.

— Что значит — исчез? — Командир исподлобья взглянул на офицера.— Катер не мог исчезнуть сам собой.

— Так точно. Судя по всему, на нем улетел ваш внук. Его нигде нет на корабле.

— Чак? — переспросил Командир. Лицо его помрачнело.— Я говорил, нельзя брать в такую экспедицию ребенка,— пробормотал он.

— А вы давно его видели? — спросил у Командира Физик.

— Совсем недавно. Он, как обычно, приставал ко мне с просьбой поиграть с ним. Но я сказал ему, что сегодня не до игр.

— Он и меня просил,— сказал Физик.

— И меня,— сказал Биолог.

— И меня,— сказал Философ.

— Он, конечно, улетел на эту планету,— сказал Биолог.— Командир, надо немедленно принять меры! Он может натворить непоправимое.

— Да, да,— рассеянно отозвался Командир.— Вот что, Ру,— обратился он к дежурному офицеру.— Придется поручить это вам. Берите второй катер и срочно отправляйтесь вдогонку. Но действуйте с величайшей осторожностью. И помните — никаких контактов с аборигенами!

— Слушаюсь! — четко ответил дежурный офицер и стремительно покинул кают-компанию...

— Нет, не то!.. — Тим Вуд с раздражением скомкал лист бумаги, на котором только что писал, и отшвырнул его в сторону.

— Не то, не то,— несколько раз повторил он, стремительно вышагивая из угла в угол.— Сухо, скучно, никакой изюминки. Не статья, а похоронный марш...

В этот день после обеда Вуд, не заглянув на квартиру, приехал в свой маленький загородный домик. Он поступал так всякий раз, когда возникала необходимость срочно

написать очередную статью. Тишина и одиночество как нельзя лучше располагали к работе. За долгие годы у Вуда выработался своеобразный рефлекс: как только машина пересекала городскую черту и шоссе, ведущее к его «загородной резиденции», как он в шутку называл свой скромный домик, углублялось в лес, он сразу освобождался от бесчисленных каждодневных забот, от постоянного напряжения, нагнетаемого суетой большого города, сознание прояснялось и мысли, которые там, в тесном редакционном кабинете, он вынужден был силой выжимать из себя, теперь рождались сами собой, свободно и непринужденно... Нередко, выходя из машины, Тим уже «держал в голове» готовую статью. Оставалось только сесть за машинку и отстучать придуманное.

Но сегодня ни живописная лесная дорога, весело освещенная солнцем, ни загородная тишина, ни уединение не помогали. Идей не было...

— Я знал, что рано или поздно это произойдет, — мрачно произнес Вуд, продолжая расхаживать по комнате. Он вообще любил, работая, рассуждать вслух — это помогало думать. — Читатель требует сенсаций. А разве современного человека чем-нибудь удивишь? И тем не менее, все жаждут необычайного! Они не желают просто так читать о научных открытиях — пусть даже самых выдающихся. Им обязательно подавай что-нибудь из ряда вон выходящее... Впрочем, Вуд в глубине души отлично понимал, что сенсаций требуют даже не столько читатели, сколько редактор. Он давно уже привык писать прежде всего для редактора и смирился с этим.

— Но я не могу изобретать сенсации без конца, черт побери! Ведь они должны быть не только сногшибательными, но и правдоподобными. Все... Я исчерпался!... Конец...

Вуд прекратил свои метания и плюхнулся в кресло. Взгляд его потух, стал безразличным и отсутствующим.

Неизвестно, сколько времени пребывал бы он в таком состоянии, если бы его внимание не привлекло странное явление. Прямо перед ним в широком простенке между двумя окнами висели три пейзажа в деревянных рамках, подаренные Вуду знакомым художником. Они были подвешены на шелковых шнурах, привязанных к тонкой металлической трубке, укрепленной под самым потолком. Вуду показалось, что все три картины стали медленно ползти вверх по стене, как если бы кто-то начал вращать трубку, наматывая на нее шнуры.

Глаза Тима, следуя за движением картин, полезли на лоб.

— Фу, дьявол! — пробормотал он и даже повертел головой, чтобы избавиться от наваждения. — Я вроде сегодня не пил ничего крепкого...

Картины так же медленно поползли вниз и заняли свое обычное положение.

— Нет, так можно свихнуться, — Вуд решительно поднялся с кресла и, захватив по дороге чистый лист бумаги, присел к столу. — Надо работать.

Секунду поразмыслив, он потянулся за шариковой ручкой, лежавшей на другом конце стола. И тут же стремительно отдернул руку, словно прикоснулся к раскаленному железу: ручка сама собой откатилась на другой край стола. Вуд повторил попытку, но ручка вновь отпрыгнула в сторону.

Однако чувство юмора, не раз выручавшее Вуда в самых сложных ситуациях, не изменило ему и на этот раз.

— Это становится любопытным, — произнес, он усмехнувшись. — Уж не завелись ли в моем доме привидения? Вот было бы чудесно — этого мне хватило бы до конца жизни.

Он внимательно оглядел комнату, однако ничего необычного не обнаружил. Все предметы находились на своих законных местах и не проявляли ничего такого, что было бы запрещено законами природы.

— Ну, ну... — даже с некоторым разочарованием протянул Вуд. — Значит, показалось.

И в то же мгновение лист бумаги, лежавший перед ним, вспорхнул в воздух и, повиснув перед самым его лицом, несколько раз легонько пощекотал его по носу.

— Великолепно! — в восторге закричал Вуд. — Это именно то, чего мне не доставало...

Он бросился к пишущей машинке, торопливо вложил в нее чистый лист и напечатал заглавие будущей статьи: «Привидения возвращаются!».

Потом рывком перевел каретку и, на мгновение остановившись, стал прикидывать в уме первую фразу. Но машинка вдруг ожила и, словно буквопечатающее устройство электронно-вычислительной машины, бодро отстукала сама собой:

«Ты меня не боишься?»

Вуд ошарашенно поглядел на возникшую столь необычным образом фразу. Но он уже стал втягиваться в эту странную игру.

«Я рад приветствовать тебя!» — отпечатал он ответ. Некоторое время машинка «молчала», потом снова застрекотала сама собой:

«Поиграй со мной».

— Вот так штука! — восхищенно закричал Вуд и стукнул кулаком по журнальному столику с такой силой, что стоявшая на нем машинка со звоном подпрыгнула. — Раз-рази меня гром, никогда не слышал, чтобы привидения играли с людьми в какие-либо игры.

«Я не привидение, — отпечатала машинка. — Я с другой планеты».

— Час от часу не легче! — вырвалось у Вуда. — Где же ты есть?

Машинка вновь заработала:

«Я рядом с тобой. Но ты не можешь меня ни увидеть, ни ощутить — я так устроен. Но я тебя слышу... Поиграй со мной».

«Поиграть? — лихорадочно соображал Вуд. — Но в какую игру я могу играть с существом, которого не вижу и не слышу? Не в прятки же, в конце концов? Достаточно и того, что мы хоть и с грехом пополам, но разговариваем. И даже успели перейти на „ты“».

— Откуда ты знаешь наш язык? — спросил Вуд.

«Мы его изучили», — отстукала машинка.

Изучили?.. Тогда, может быть...

Вуд перевел машинку на крупный шрифт и отпечатал на свободном месте первую пришедшую на ум букву — «С».

— Будем по очереди приставлять к этой букве справа и слева любые другие буквы, — объяснил он. — Но так, чтобы не получилось законченного слова. У кого получится — тому штрафное очко. И так до пяти штрафных очков. Кто первый наберет — тот проиграл.

Валик пишущей машинки завертелся, продвинув лист, и на чистом месте появился вопрос инопланетянина: «А как называется эта игра?»

— Мы обычно называем ее игрой в «балду», — немного поколебавшись, сообщил Вуд. — Вместо штрафных очков проигравшему сперва записывается буква «б», потом «а» — и так до тех пор, пока у одного из играющих не наберется все слово «балда». Но может быть, тебе непонятно его значение?

«Нет, почему же, — был ответ. — Я все понимаю. Балда — это „чудаковатый дурачок“».

— Ха, — рассмеялся Вуд, — очень даже неплохо!.. Ну, если так, то начнем.

Валик крутанулся в обратную сторону, один из рычажков ударил по бумаге и возле буквы «С», напечатанной Вудом, с правой стороны появилась буква «А».

— Так,— прокомментировал Вуд,— не слишком замысловато, но для начала вполне сносно.

Немного подумав, он припечатал слева еще одну букву «С».

— Вот так-то будет похитрее,— Вуд имел в виду слово «пассат», заканчивавшееся на инопланетянине.— Что, неплохую я задал тебе задачку?

Вместо ответа машинка тут же припечатала справа к трем уже имеющимся буквам букву «Д». Вуд растерянно уставился на возникшее сочетание:

— Вот так штука!..

На ум ему пришло только два слова, в которые входило это сочетание: «рассада» и «ссадина». Но оба заканчивались на нем самом. Тут же он, правда, вспомнил еще одно подходящее слово: «рассадник», но и оно не спасало.

— Ловко! — вздохнул Вуд, признавая свое поражение.— Что ж, запомним — у меня «б». Теперь начинай ты.

Машинка продвинула лист и на свободном месте напечатала мягкий знак...

На этот раз Вуд проиграл еще быстрее. И вообще скоро все было кончено с малоутешительным для него счетом 0:5.

— Реванш? — неуверенно спросил Вуд.

— Эта игра мне наскучила,— сообщил инопланетянин.— Придумай что-нибудь другое.

— Хорошо,— согласился Вуд и вдруг с запоздалым сожалением сообразил, что мог и не проиграть в первом туре игры в «балду». Ему пришло в голову еще одно подходящее слово: «глиссада». Надо было не сдаваться, а приписать к сочетанию «ССАД» справа букву «А», и инопланетянин вряд ли сумел бы выпутаться из такой ситуации. Правда, от этого окончательный результат вряд ли существенно изменился бы, но все же счет не был бы «сухим». Был бы забит, как любят говорить спортивные комментаторы, гол престижа...

— Вот что,— предложил Вуд,— будем составлять слова. Из букв, входящих в какое-нибудь слово. Срок, скажем, пятнадцать минут — кто больше...

«Понял»,— сообщил инопланетянин.— «Жду слова».

Вуд заправил в машинку чистый лист и напечатал в разрядку первое пришедшее на ум слово: «драгоценность». Потом положил еще один лист перед собой на журнальный столик, потянувшись взял с большого стола

шариковую ручку, которая на этот раз не делала попыток ускользнуть, и написал в верхнем углу то же слово.

— Итак, срок пятнадцать минут... Начинаем!

Машинка мгновенно застрекотала. Не успел Вуд сочинить и трех слов, как на листе инопланетянина вырос длинный столбец. И машинка продолжала работать в бешеном темпе хорошего компьютера... Ровно через 15 минут стук прекратился. К этому моменту Вуду удалось придумать 63 слова. Инопланетянину — 155! Вуд пробежал глазами первый столбец: ценность, рога, дорога, гора, тор, неон, аргон, грот, цена, ось, ген, град, сон, нос, стон, сад, сода, род, десна, нога, огонь, рента, тога, ад... Ничего не скажешь, инопланетяне, видимо, неплохо изучили земную цивилизацию, слова говорили о том, что им известно и строение человеческого тела, и физика, и химия, и история человечества, и многое другое.

Вуд картинно поднял руки:

— Сдаюсь!.. Что будем делать дальше?

«Играть», — напечатала машинка.

«Во что бы это? — подумал Вуд. В нем уже пробудился спортивный азарт, проигрывать больше не хотелось. — Я должен поддержать честь земной цивилизации. Надо придумать такую игру, в которой наши шансы были бы равны...»

Вуд стал лихорадочно перебирать в уме все известные ему игры. Домино? Слишком скучно и долго, тем более вдвоем. К тому же здесь у него домино и не было. Настольный теннис? Но эта мысль показалась Вуду настолько нелепой, что он даже рассмеялся: как можно играть в настольный теннис с невидимкой? Может быть, бильярд?.. Ну, разумеется, бильярд! Как же он не подумал об этом сразу?.. Вуд любил эту игру и считался превосходным бильярдистом. Мало кто из знакомых мог ему успешно противостоять. И, сооружая свой загородный домик, он оборудовал в нем отличную бильярдную.

— Перейдем в соседнюю комнату, — вскакивая с места, громко предложил Вуд, словно опасался, что инопланетянин его не услышит.

Он распахнул дверь в бильярдную, потом, стукнув себя по лбу, вернулся назад, взял машинку, перенес ее и поставил на стул рядом с бильярдом.

«Начнем же!» — нетерпеливо отстукала машинка.

Вуд взял в руки кий.

— Игра заключается в том, — приступил он к объяснению, — чтобы загонять шары вот в эти отверстия — лузы

Будем играть в русскую пирамиду. На шарах нарисованы числа от одного до пятнадцати. Выигрывает тот, кто первым наберет 71 очко. Бить можно только одним шаром — вот этим полосатым, его называют «биток». И заранее предупреждать. Скажем так... — Вуд оглядел зеленое суконное поле, на котором беспорядочно разместились шары, — двенадцатого третьим в правый угол...

Он наклонился над столом и, почти не целясь, ударил. Двенадцатый, даже не задев края лузы, мягко скользнул в сетку.

«Понял!» — отпечатала машинка. — Давай же скорее играть».

— Какое нетерпение, — подумал Вуд, выравнивая шары деревянным треугольником.

Он установил биток на начальную точку и расчетливо пустил его таким образом, что шар, ударившись в задний борт, тихо присоединился к остальным, не нарушив начального построения.

— Твоя очередь, — объявил Вуд и только тут подумал о том, сможет ли инопланетянин вообще играть в эту игру? Как он будет держать кий? Ведь Вуд совершенно не представлял себе, как он выглядит. Впрочем, даже само это слово «выглядит» в данном случае явно не подходило...

Однако сомнения Вуда тут же разрешились: биток сам собой резко крутанулся и развалил состоящий из шаров треугольник. Шары стремительно раскатились во все стороны.

Лихо! — подумал Вуд, наблюдая за битком. — Мне предоставляется неплохой шанс!

— Фьють!.. — присвистнул он тут же.

Биток медленно, словно нехотя, откатился к углу стола и, входя в самую лузу, остановился в каком-нибудь миллиметре от края. С такой позиции произвести результативный удар было абсолютно невозможно.

— А он — не промах! — восхитился Вуд. — Так быстро уловить суть игры!

Секунду поразмыслив, он ударил без заказа, просто постарался поставить биток в неудобное положение. Проводив полосатый шар взглядом, удовлетворенно усмехнулся: пусть теперь попробует.

Застучала машинка. Вуд посмотрел на листок и не поверил своим глазам: «третьим шаром в тринадцатый, тринадцатым от двух бортов в седьмой, седьмым в пятнадцатый, пятнадцатым от третьего в правый угол».

Невероятно! Вуд подскочил к столу. Как раз в этот момент биток, сорвавшись с места, ударился о длинный борт и с силой щелкнул по шару с цифрой «три». «Тройка» врезалась в «тринадцатый», который, в свою очередь, отразившись от двух бортов, — короткого и длинного, толкнул «семерку». «Семерка» нежно срезала шар с номером «пятнадцать» и тот покатился по направлению к угловой лузе, однако, явно не попадая в нее. Вуд было удовлетворенно ухмыльнулся, но в последний момент дорогу «пятнадцатому» пересекала продолжавшая все еще катиться после удара «тройка». Шары мягко коснулись друг друга и «пятнадцатый» беззвучно упал в лузу...

Вуд от изумления даже рот раскрыл — за всю свою богатую бильярдную практику ему ни разу не приходилось видеть ничего подобного. А инопланетянин одну за другой заказывал все более головоломные комбинации, казавшиеся совершенно невыполнимыми. Но тем не менее шары послушно падали то в одну, то в другую лузу. Вуд едва успевал их вынимать. Когда количество очков, набранных инопланетянином, перевалило за 50, Вуд отложил в сторону кий. И не ошибся: через три удара все было кончено.

«Сыграем еще раз»? — быстро отпечатала пишущая машинка.

Должно быть, игра на бильярде пришлась инопланетянину по вкусу.

— Пожалуй, не стоит, — протянул Вуд, не в силах скрыть своего разочарования, ведь он возлагал на бильярд немало надежд. — Лучше сыграем в еще какую-нибудь игру...

После трех сокрушительных поражений Вуду стало ясно, что тягаться с инопланетянином в таких играх, где все решает запас знаний, или умение, или точный расчет — ему не под силу. Судя по всему, мозг этого невидимки не уступает вычислительной машине высокого класса и способен быстро решать весьма сложные задачи. Видимо, шансы на успех могут появиться только в том случае, когда результат игры зависит от чисто случайных обстоятельств. Правда, одержать победу в такой игре — невелика заслуга, но по крайней мере сама игра будет вестись на равных...

— Ясно, попытаемся сыграть в кости, — решил Вуд и достал с полки коробочку с двумя небольшими кубиками, выточенными из слоновой кости, — подарок одного индийского коллеги.

— Будем по очереди бросать эти кубики,— объяснил Вуд.— Выиграет тот, кто первым наберет, скажем, пятьдесят очков. Но, после того как кубики брошены, их нельзя останавливать и вообще к ним прикасаться,— предусмотрительно добавил он, вспомнив о необыкновенных возможностях своего партнера.

— Начнем... — Вуд отодвинул в сторону остававшиеся на бильярде шары и выбросил оба кубика на зеленое сукно.

Перевернувшись по несколько раз, они остановились. На их верхних гранях оказалось три и четыре углубления, закрашенных черной краской.

— Семь очков,— подытожил Вуд.— Теперь твоя очередь.

Кубики тут же подпрыгнули в воздух и, прокатившись через всю поверхность стола, остановились. Взглянув, Вуд увидел две шестерки — 12 очков. Может быть, случайность? Он снова взял кубики и бросил второй раз, однако, уже с меньшей долей уверенности. Выпали шестерка и пятерка.

«Не так уж плохо,— подумал Вуд, приободрившись.— Поглядим, что будет дальше...»

Кубики снова сами собой подскочили, покатались и замерли. И снова — две шестерки.

Партию Вуд заканчивал уже без всякого интереса. А инопланетянин всякий раз выкидывал по две шестерки. Набрав после четырех попыток 48 очков, он последним ходом выбросил две единички и, таким образом, набрал условленную сумму точно очко в очко.

И в этой игре Вуд уступил. И у него не было никаких оснований подозревать своего невидимого партнера в нечестности. Вероятно, он умел так рассчитывать силу броска, что кости совершали определенное число оборотов и останавливались нужными гранями вверх.

«И случайность не помогла,— разочарованно подумал Вуд.— Впрочем, какая же это случайность, если ее можно точно рассчитать заранее? Это для меня — случайность, а для него... Нужна абсолютная случайность, непредсказуемая».

И тут Вуд вспомнил об одном из фундаментальных принципов квантовой физики — принципе неопределенности. Ему часто приходилось вести беседы с физиками, работавшими в этой области, писать популярные статьи о явлениях, происходящих в микромире, и он неплохо во всем этом разбирался.

Принцип неопределенности! Святая святых физики микропроцессов. Принцип, из которого следует, что поведение отдельной микрочастицы, например электрона, не может быть точно предвычислено заранее — оно подчиняется только законам теории вероятностей. А они применимы лишь к достаточно большому числу событий.

Вуд направился к телевизору, стоявшему в дальнем углу бильярдной, и переключил его на игровой блок.

«Поскольку одной из главных составных частей этого блока является генератор случайных величин, в работе которого важную роль играют электронные процессы,— рассудил он,— данные, вырабатываемые этим блоком, совершенно непредсказуемы».

— Надо назвать любые шесть чисел от одного до пятидесяти,— приступил Вуд к очередному объяснению.— После этого нажимается кнопка и на экране появляются шесть чисел, выбранных случайным образом специальным устройством, пристроенным к телевизору. Кто из нас угадает большее число раз, допустим, из пяти попыток,— тот и будет победителем. Я начинаю... Скажем: 3, 8, 17, 21, 46, 48. А теперь посмотрим, насколько удачным был мой выбор.

Вуд нажал кнопку на выносной панели и на экране мгновенно появились крупные цифры: 2, 17, 29, 35, 36, 41.

— Одно совпадение,— прокомментировал Вуд.— Одно очко. Твоя очередь...

«6, 23, 34, 41, 43, 49»,— отбила машинка.

Вуд вновь нажал кнопку игрового блока и с интересом посмотрел на экран: 5, 23, 34, 42, 43, 50.

«Ага, на этот раз только три «попадания»,— кажется, дело идет на лад»,— отметил про себя Вуд.

Во второй серии инопланетянин угадал дважды. В третьей — четыре раза. Четвертая попытка оказалась стопроцентной — совпали все шесть чисел. Наконец, в пятой серии результат вновь оказался более скромным — всего два угаданных числа. Таким образом, гость из космоса в общей сложности угадал 17 раз. За это же время Вуду удалось правильно предсказать числа, появлявшиеся на экране, только трижды. Он вновь проиграл и опять с крупным счетом. Но и результат инопланетянина на этот раз тоже не был абсолютным.

«Ну что же,— с удовлетворением подумал Вуд,— на этот раз мое поражение вполне почетно. А победа инопланетянина не столь безоговорочна. Хотя он, видимо, располагает возможностью прогнозировать ход микропро-

цессов значительно точнее, чем это научились делать наши земные физики... А что, если?..»

Инопланетянин вполне успешно состязался с блоком случайных величин. Вероятно, он не уступил бы и любому самому совершенному компьютеру. А человеку?.. Ведь в чем соперничал с ним Вуд? В объеме памяти, в скорости извлечения из нее необходимых сведений, в точности расчета... В скорости... в точности... А в интеллекте?

Вуд решительно подошел к книжному шкафу, достал шахматную доску и поставил ее на журнальный столик рядом с машинкой. Несмотря на постоянные занятия журналистикой, а может быть, именно благодаря им, Вуд был разносторонним человеком. Обладая математическим складом ума, он играл в шахматы в силу хорошего мастера, хотя и не выступал в соревнованиях.

— Посмотрим, посмотрим,— бормотал он, расставляя фигуры...

Минут десять ушло на объяснение правил. Потом, чтобы проверить, как инопланетянин их усвоил, Вуд задал ему несколько шахматных задач — двухходовок и трехходовок. Гость из космоса справился с ними мгновенно. Тогда Вуд предложил ему два довольно сложных этюда. И они были решены за несколько секунд... Можно было приступить к игре.

Вуд установил фигуры на исходные позиции.

— Ты начинаешь,— сказал он.— Белыми.

По привычке он выжидательно посмотрел на машинку, но в этот момент белая пешка на e2 сама собой передвинулась на e4.

«Ну, конечно,— сообразил Вуд,— если он может печатать на машинке и двигать бильярдными шарами, так почему бы не управлять и шахматными фигурами?»

На доске развернулось жаркое сражение. Сперва космический пришелец отвечал довольно быстро, и хотя и не был посвящен в тонкости теории дебютов, играл безошибочно. Но по мере того, как обстановка на доске усложнялась, ответов инопланетянина приходилось ждать все дольше и дольше и его игра становилась все более уязвимой. Видимо, он уже не успевал достаточно далеко просчитывать все возможные варианты. И тогда Вуд резко обострил игру. Положение на доске стало настолько сложным и запутанным, что сколько-нибудь обстоятельный просчет вариантов стал практически неосуществимым делом. В такой ситуации выручить могла лишь шахматная интуиция.

— Что ж, посмотрим, посмотрим,— пробормотал Вуд, жертвуя коня.

Он и сам не мог бы в этот момент сказать, к каким последствиям способен привести сделанный им ход. Но богатое шахматное чутье подсказывало ему, что белые, независимо от того, примут ли они предложенную жертву или отклонят ее, все равно попадут в трудное положение.

Инопланетянин взял коня и через три хода Вуд поставил его перед не слишком приятным выбором: или потерять ладью, или возвратить легкую фигуру, но получить при этом проигранную позицию...

На этот раз пришелец довольно долго не давал о себе знать.

«Ага,— торжествующе заключил Вуд,— нашлось и у вас уязвимое местечко. Не все же тебе одерживать верх...»

И вдруг, вместо очередного передвижения фигуры на доске, застучала пишущая машинка.

«Я не могу доиграть партию,— прочел Вуд.— За мной прибыли...»

И все!

Вуд испытал такое чувство, будто его в чем-то обманули. Победа была так близка, его первая и самая важная победа над инопланетянином. Победа, которая должна была доказать если и не преимущество земного человеческого интеллекта, то, по крайней мере, его достаточно высокий уровень, дающий право на космические контакты. И вдруг эта столь желанная победа уплыла прямо из рук...

Но Вуд тут же одернул себя. Разве так уж важно, поставлена ли последняя точка? Куда важнее то, что он все-таки переиграл инопланетянина, несмотря на все его вычислительные возможности. Да разве только это важно?!

Вуд вскочил. Только сейчас ему вдруг открылась значительность того, что произошло. Охваченный игровым азартом и профессиональным азартом газетчика, натолкнувшегося на сенсацию, он как-то совершенно не подумал об этой стороне дела, не отделил этой реальной сенсации от всех других, сочиненных им самим и существовавших только на бумаге...

Он еще подумал, что, может быть, самое главное даже не в том, что теперь существование внеземных цивилизаций стало неопровержимым фактом, и не в том, что человек дорос до того уровня, который открывает возможность общения с инопланетными разумными существами, даже

совершенно непохожими на землян, а главное в том, что контакт с ними возможен и осуществим. И Вуд теперь знал — каким путем...

Дежурный офицер вошел в кают-компанию. А следом за ним задорно улыбающийся и видимо вовсе не чувствовавший себя виноватым Чак.

— Командир, я его доставил,— доложил офицер.

Командир сурово посмотрел на Чака. Но тот продолжал независимо улыбаться.

— Я вас слушаю,— сказал Командир, переводя взгляд на офицера...

К концу доклада морщины на лице Командира исчезли, а глаза заблестели.

— Это грандиозно! — воскликнул Физик.

— Теперь мы знаем, как действовать! — присоединился Астроном.

— Не будем спешить,— сказал Командир.— Надо все тщательно продумать, взвесить, разработать. Этим займутся следующие экспедиции. Но, я думаю, ключ найден!..

А в это время на Земле, в маленьком домике, затерявшемся в густой листве вековых деревьев, журналист Тим Вуд торопливо вложил в пишущую машинку чистый лист бумаги и, ударяя по клавишам, напечатал название своей новой статьи, самой важной из всех, которые когда-либо были им написаны. Это название состояло из двух слов: «Контакт — игра!».

«Игра — жизненно важная потребность любого животного существа, и, прежде всего, разумного,— печатал он, не останавливаясь.— И можно предполагать, что это справедливо не только для живых существ, обитающих на Земле, но и для жителей любого другого мира, какими бы они ни были. Это — то общее, что роднит разумных обитателей Вселенной...»

К вечеру статья была готова. Вуд вытащил из машинки последний листок и вышел на крыльцо. В летнем черном небе мерцали звезды. Вглядываясь в его бездонную глубину, Вуд заметил короткую голубоватую вспышку. Возможно, это стартовал к своей звезде инопланетный корабль. А может быть, Вуду это только показалось.

При всей условности сюжета и фабулы рассказа «Шалун», он затрагивает вполне реальную проблему, связанную с программой поиска разумной жизни во Вселенной, а именно — вопрос о возможности контактов с космическими цивилизациями.

Если подобные цивилизации действительно существуют, то вероятность встретить такое общество разумных существ, которое похоже на земное человечество, прошло аналогичный путь социального развития и располагает такими же научными знаниями — чрезвычайно мала. Но это означает, что научная картина мира, построенная человечеством, и научная картина мира, созданная другой цивилизацией, скорее всего существенно отличаются одна от другой. Они могут даже не пересекаться. Ведь научная картина мира — это конечный «срез» бесконечно разнообразной объективной реальности, характер которого непосредственно зависит от всей предыстории практической и познавательной деятельности данной цивилизации.

Поэтому установление взаимопонимания с другими цивилизациями, если они существуют, представляет собой задачу необычайной сложности.

ЧТО БЫЛО БЫ, ЕСЛИ БЫ?..

НЕИЗБЕЖНОСТЬ ВСЕ БОЛЕЕ СТРАННОГО МИРА

На рубеже 50-х и 60-х годов появилась книга, которая сразу привлекла к себе внимание. Это была книга «Неизбежность странного мира», написал ее известный советский писатель Д. Данин.

О каком же мире в ней говорилось и почему мир этот странный и неизбежен?

Речь шла о той революции в физических представлениях, которую принес с собой XX век, о тех идеях современной физики, которые откровенно противоречили привычным взглядам и потому многим казались нелепыми, даже безумными, но, несмотря на это, отлично подтверждались на опыте.

Повседневная жизнь человека протекает в мире классической физики, и не удивительно, что многие положения современной физики и астрофизики вступают в противоречие с нашими обыденными представлениями. Легко ли, скажем, допустить, что масса тела зависит от его скорости и потому масса какого-нибудь протона или нейтрона, летящего со скоростью, близкой к скорости света, может, в принципе, превзойти массу всей нашей Галактики? Или согласиться с тем, что от столкновения всего двух частиц, согласно взглядам некоторых физиков, могут образоваться сотни миллиардов звезд? Или представить себе микрочастицу, у которой никакими средствами нельзя одновременно точно измерить скорость и положение в пространстве, — микрочастицу, которая являет собой нечто вроде размазанного облака? Непросто представить себе наглядно и чудовищные плотности вещества некоторых космических объектов.

И это далеко не полный перечень странностей мира современной физики и астрофизики. Но самое поразительное, пожалуй, в том, что мир этот существует не где-то в стороне от нас, это не дом через улицу, в который мы можем однажды войти, а можем никогда и не заходить, этот мир — в нас и вокруг нас, мы в нем и живем. Живем,

не сталкиваясь с очень многими его удивительными свойствами, не замечая их. Но только до поры до времени.

Если бросить толковую шашку в печь, она будет спокойно гореть и давать тепло. Но тот же тол может взорваться и разнести печь на куски. В этом случае работают свойства, которыми тол обладает и тогда, когда просто горел, но которые проявляются только при определенных условиях...

Только что мы упоминали о том, что, согласно теории относительности, масса любого тела возрастает с увеличением скорости. Следовательно, когда мы едем в самом обычном автомобиле или летим в самолете, масса нашего тела тоже увеличивается. Но это увеличение столь ничтожно, что не только не играет никакой практической роли, но и современными средствами даже не может быть измерено. Однако этот эффект существует вполне реально, и его, как и некоторые другие эффекты, обнаруженные теорией относительности, приходится учитывать при расчете и конструировании установок ядерной и атомной физики. И поскольку наука никогда не остановится в своем познании мира, мы неизбежно будем встречаться со все более тонкими и необычными эффектами. В. И. Ленин подчеркивал что, открыв много диких в природе, человек откроет еще больше...

Начало нашего века ознаменовалось фейерверком выдающихся физических открытий, затронувших основные представления об окружающем мире. С тех пор наши знания о строении материи неизмеримо возросли и углубились. Был обнаружен целый ряд неизвестных ранее явлений, открыты новые закономерности, решены многие сложные проблемы. Но вместе с тем возникли новые вопросы и новые трудности. Не исключено, что они приведут к новому существенному пересмотру самых основных, фундаментальных понятий современной физики — понятий частицы, поля, пространства и времени и т. п.

Могут измениться и наши привычные представления о соотношении макроскопических и микроскопических форм существования материи. Так ли в действительности велик разрыв между микро- и макромиром?

Экспериментаторы открывают все новые и все более тяжелые частицы, так называемые резонансы, с массами, значительно превосходящими массу нуклона. Есть ли предел этих масс? И не могут ли в ультрамалых пространственно-временных областях рождаться макроскопические объекты?

Разумеется, это может произойти лишь при очень высоких энергиях взаимодействий. Такие энергии на ускорителях пока еще не достигнуты. Не могут здесь помочь и наблюдения в традиционной «лаборатории» физиков — космических лучах. Дело в том, что космические частицы, путешествующие в нашей области Вселенной, неизбежно теряют часть своей энергии в результате взаимодействия с фотонами реликтового излучения, и потому энергия этих частиц автоматически «обрезается» на некотором уровне и никогда не может его превзойти.

Во всяком случае, изучение микроявлений уже сегодня приводит к проблемам космического порядка, а решение космологических вопросов все чаще наталкивается на основные проблемы физики элементарных частиц.

Вообще же астрономия, даже в еще большей степени, чем физика элементарных частиц, является сейчас областью самых удивительных открытий, которые требуют или могут потребовать наиболее глубокого и далеко идущего пересмотра наших представлений о природе.

Современные астрономия и физика то и дело преподносят нам самые неожиданные сюрпризы, открывают «дикий» явления, ведут нас в глубь «все более и более странного мира».

И потому иногда полезно попытаться взглянуть с необычной, парадоксальной точки зрения и на некоторые «обычные» явления.

В ряде случаев это помогает внести большую ясность в ту или иную проблему, глубже разобраться в сущности происходящих процессов.

Одна из возможностей создания подобных парадоксальных ситуаций заключается в том, чтобы поставить вопрос: «Что было бы, если бы?..» Итак, небольшая серия мысленных экспериментов: что было бы, если бы...

ПЕРЕГРУЗКА И НЕВЕСОМОСТЬ

Любое крупное достижение науки в конечном счете как-то изменяет жизнь каждого из нас. Так было с открытием электричества и электромагнитных волн, с изобретением летательных аппаратов тяжелее воздуха, с созданием полупроводников... Сейчас в жизнь человечества входят ракеты и космические корабли.

Можно не сомневаться, что пройдет еще несколько десятков лет и люди будут пользоваться для межконтинентальных сообщений ракетным транспортом с такими же

спокойствием и невозмутимостью, с какими сейчас они поднимаются на борт пассажирского реактивного лайнера. Станут обыденными и космические сообщения между Землей и Луной. Люди будут жить и работать на космических станциях, появятся профессии космических сварщиков, монтажников и др.

Но, пожалуй, впервые, благодаря научно-техническим достижениям в освоении космоса, человек попадет в принципиально новые условия, где по-иному проявляются привычные физические закономерности. Что-либо подобное может произойти разве лишь при освоении морских глубин.

Разумеется, основные законы физики и, в частности, механики одинаковы и на Земле, и под водой, и в космосе. Но проявляются они по-разному в зависимости от условий. А условия эти на Земле и в космосе далеко не одинаковы. На нашей планете они характеризуются двумя главными обстоятельствами. Во-первых, отсутствуют заметные изменения скорости — ускорения в движении точек земной поверхности. А во-вторых, наша планета притягивает к себе все предметы и заставляет их оказывать давление на свои опоры.

Отсутствие ощутимых ускорений связано с особенностями движения Земли в мировом пространстве. Вместе с нашей планетой мы участвуем в двух основных ее движениях: суточном вращении вокруг собственной оси и годовом обращении вокруг Солнца. И хотя мы мчимся вместе с Землей вокруг Солнца со скоростью 30 км/с, а вместе с Солнечной системой вокруг центра Галактики с чудовищной скоростью около 230 км/с, мы этого не ощущаем, так как организм человека совершенно нечувствителен к скорости равномерного движения.

Впрочем, согласно одному из фундаментальных положений механики, вообще никакими внутренними физическими экспериментами и измерениями невозможно обнаружить равномерное и прямолинейное движение.

Ну, а если некоторая система, например, космическая ракета, будет двигаться с ускорением под действием двигателей или испытывая сопротивление среды? При таком движении возникает перегрузка, т. е. увеличение давления на опору. Наоборот, если движение происходит с выключенными двигателями в пустоте, давление на опору исчезает, наступает состояние невесомости.

В условиях Земли давление на опору связано с действием силы тяготения. Но некоторые думают, что сила дав-

ления на опору — это и есть та сила, с которой тело притягивается Землей. Если бы дело обстояло так, то, например, в космическом корабле, движущемся к Луне, невесомости не было бы, так как в любой точке орбиты на корабль действовала бы сила земного притяжения. Да и вообще в космосе вряд ли возможно найти такое место, где равнодействующая сил тяготения была бы равна нулю.

Заметим, что давление на опору может быть вызвано не только действием силы тяготения, но и другими причинами, например, ускорением. Для неподвижного тела, покоящегося на земной поверхности, сила притяжения в самом деле совпадает с силой давления на опору. Но это только частный случай. На Земле человек с некоторой силой давит на ее поверхность. В свою очередь, согласно третьему закону механики, и поверхность Земли давит на человека снизу вверх с точно такой же силой. Эта сила «противодействия» называется реакцией опоры. Силы действия и противодействия всегда приложены к разным телам. В частности, в рассматриваемом случае сила давления на опору приложена к опоре, а реакция опоры к самому телу.

Между тем, сила притяжения приложена не к опоре, а к телу. Таким образом, сила давления на опору и сила притяжения — это совершенно разные силы.

Если космическая ракета движется с ускорением, давление опоры на тело возрастает во столько же раз, во сколько реактивное ускорение ракеты превосходит ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$. Другими словами, на ускоренном участке движения возрастает реакция опоры. Но при этом, в соответствии с третьим законом механики, во столько же раз увеличивается и давление на опору.

Отношение фактического давления на опору к его давлению на опору в условиях Земли получило название перегрузки. Для человека, находящегося на земной поверхности, перегрузка равна, таким образом, единице. К действию этой постоянной перегрузки человеческий организм приспособился, и мы ее просто не замечаем.

Физическая сущность явления перегрузки заключается в том, что не все точки тела получают ускорение одновременно. Действующая на тело сила, например, сила тяги

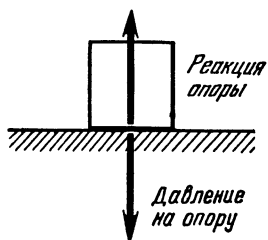


Рис. 17. Давление на опору и реакция опоры.

ракетного двигателя, приложена в этом случае к сравнительно небольшой части его поверхности. Остальные же материальные точки тела получают ускорение с некоторым запозданием через деформацию. Другими словами, тело как бы сплющивается, прижимается к опоре.

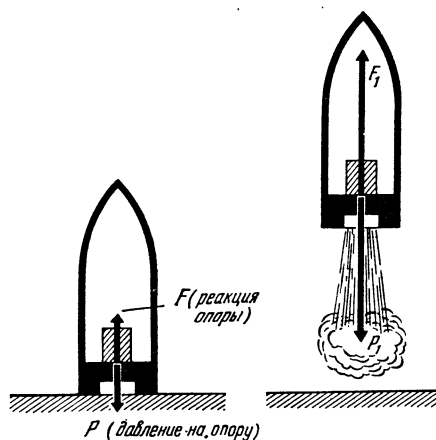


Рис. 18. Физическая сущность перегрузки.

Многочисленные экспериментальные исследования, которые были начаты еще К. Э. Циолковским, показали, что физиологическое воздействие перегрузки существенно зависит не только от ее продолжительности, но и от положения тела. При вертикальном положении человека значительная часть крови смещается в нижнюю половину тела, что приводит к нарушению кровоснабжения головного мозга. Внутренние органы в результате увеличения своего веса также смещаются вниз, вызывая сильное натяжение связок.

Чтобы избежать опасных для организма перегрузок на участках ускоренного движения, необходимо располагаться таким образом, чтобы действие перегрузки было направлено от спины к груди. Подобное положение позволяет переносить примерно вдвое большие перегрузки.

Кстати сказать, именно по этой причине отдыхать лежа — лучше, чем стоя...

Если с действием перегрузки жителям Земли хотя и не часто, но все же приходится встречаться, то с невесомостью они практически не знакомы.

Это удивительное состояние наступает после выключения двигателей ракеты, когда и давление на опору

и реакция опоры полностью исчезают. Исчезают и привычные для человека направления верха и низа, а незакрепленные предметы свободно плавают в воздухе.

Относительно невесомости существует целый ряд неправильных представлений. Некоторые думают, что это состояние возникает тогда, когда космический корабль

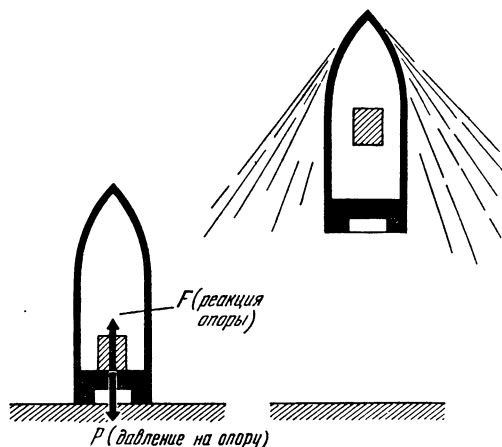


Рис. 19. Физическая сущность невесомости.

оказывается в безвоздушном пространстве, «вне сферы земного притяжения». Другие полагают, что невесомость в спутнике Земли получается благодаря действию на него «центробежных сил».

Все это, однако, совершенно неверно.

При каких же условиях возникает невесомость и давление на опору обращается в нуль? Это явление связано с тем, что при свободном движении в космическом пространстве и сама ракета, и все находящиеся в ней предметы под действием сил тяготения движутся с одинаковым ускорением. Опора все время как бы уходит из-под тела, и тело не успевает давить на нее.

Однако и движение на активных участках под действием ракетного двигателя, и движение под действием сил тяготения являются движениями ускоренными. Оба они совершаются под действием сил. Почему же в одном случае возникает перегрузка, а в другом — невесомость?

Парадокс этот кажущийся. Выше уже отмечалось, что при возникновении перегрузок ускорения сообщаются

различным точкам тела через деформацию. Другое дело, когда ракета движется в поле тяготения. В пределах размеров ракеты поле тяготения практически однородно, а это значит, что на все частицы ракеты одновременно действуют равные силы. Ведь силы тяготения принадлежат к числу так называемых массовых сил, т. е. сил, которые приложены одновременно ко всем точкам рассматриваемой системы.

Благодаря этому все точки ракеты одновременно получают одинаковые ускорения и всякое взаимодействие между ними исчезает. Исчезает реакция опоры, исчезает давление на опору. Наступает состояние полной невесомости.

Не совсем обычно должны протекать в условиях невесомости и некоторые физические процессы. Еще А. Эйнштейн задолго до космических полетов поставил любопытный вопрос: будет ли гореть свеча в кабине космического корабля?

Великий ученый ответил отрицательно — он считал, что из-за невесомости раскаленные газы не будут уходить из зоны пламени. Тем самым доступ кислорода к фитилю окажется прегражденным, и пламя погаснет.

Однако дотошные современные экспериментаторы решили все же проверить утверждение Эйнштейна на опыте. В одной из лабораторий был поставлен следующий довольно элементарный эксперимент. Горящую свечу, помещенную в закрытую стеклянную банку, сбрасывали с высоты около 70 м. Падающий предмет находился в состоянии невесомости (если не учитывать сопротивления воздуха). Однако свеча вовсе не гасла, лишь менялась форма языка пламени — он становился более шарообразным, а испускаемый им свет становился менее ярким.

Видимо, все дело в диффузии, благодаря которой кислород из окружающего пространства все же попадает в зону пламени. Ведь процесс диффузии не зависит от действия сил тяготения.

И все-таки условия горения в невесомости иные, чем на Земле. Это обстоятельство пришлось учитывать советским конструкторам, которые создавали уникальный сварочный аппарат для проведения сварки в условиях невесомости.

Как известно, этот аппарат был испытан в 1969 г. на советском космическом корабле «Союз-8» и работал успешно.

МОЖНО ЛИ ЛИКВИДИРОВАТЬ НОЧЬ?

Как известно, смена дня и ночи — прямое следствие суточного вращения Земли. Поворачиваясь вокруг своей оси, наша планета в каждый момент подставляет лучам Солнца только половину своей поверхности...

Благодаря этому часть времени люди вынуждены проводить в темноте, затрачивать колоссальные энергетические ресурсы на ночное освещение помещений и улиц.

Нельзя ли вообще избавиться от ночи?

В последние годы на этот счет был выдвинут целый ряд оригинальных проектов. Большинство из них пока еще граничит с фантастикой, но в принципе через какое-то время они могут быть осуществлены. Что же представляют собой эти проекты?

Один из них состоит в том, чтобы установить на искусственном спутнике Земли «водородное Солнце», т. е. управляемый термоядерный реактор, в котором происходила бы регулируемая реакция синтеза, т. е. объединения ядер атомов водорода, подобная той, которая происходит в недрах настоящего Солнца. Так как при подобной реакции развивается температура в миллионы градусов, то термоядерный реактор действительно мог бы служить искусственным источником света и тепла. При этом орбиту спутника можно было бы выбрать с таким расчетом, чтобы искусственное Солнце появлялось главным образом над ночными участками земной поверхности или наиболее продолжительное время двигалось над полярными районами. Тогда можно было бы ликвидировать долгую и утомительную полярную ночь и одновременно «утеплить» Арктику и Антарктику.

Технически подобный проект пока еще, разумеется, не осуществим: еще не решена проблема управляемой термоядерной реакции. Но и после того, как она будет решена, видимо, пройдет немало времени, прежде чем ученые и инженеры научатся создавать искусственные «водородные солнца», которые можно было бы устанавливать на спутниках Земли.

Существует и еще один остроумный проект, в основе которого лежит использование искусственных спутников Земли. Но этими спутниками должны стать не космические аппараты, «начиненные» уникальной аппаратурой, а... множество пылинок, доставленных в околоземное пространство специальными ракетами. В результате такой операции вокруг нашей планеты должно образоваться ог-

ромное пылевое кольцо, несколько напоминающее знаменитое кольцо Сатурна.

«Перехватывая» те солнечные лучи, которые сейчас проходят мимо Земли и теряются в космическом пространстве, и рассеивая их во все стороны, пылевые частицы будут направлять часть солнечного света и тепла на Землю. Благодаря этому ночь исчезнет, а климат нашей планеты станет значительно теплее.

Уже сейчас можно было бы подсчитать, сколько пылевых частиц необходимо для создания желаемого эффекта и каковы должны быть размеры, положение и плотность пылевого кольца. Но это, так сказать, «технические детали».

Вероятно, существуют и другие возможности частичной или полной ликвидации ночи. Со временем, должно быть, появятся и такие проекты, которые можно будет реализовать сравнительно несложными средствами.

Но вопрос в том, осуществимы ли подобные проекты в принципе? Речь идет о трудностях уже не технического, а, так сказать, «природного» характера.

Ликвидация ночи — это кардинальное изменение обычного теплового и светового режима, изменение климата нашей планеты, в частности, значительное увеличение количества солнечной энергии, приходящей на Землю. Между тем устойчивые природные образования, подобные нашей планете, представляют собой сложные саморегулирующиеся системы, в которых естественным образом поддерживается устойчивое динамическое равновесие. Искусственное вмешательство может вызвать нежелательные явления катастрофического характера: поднятие уровня морей и океанов, нарушение круговорота воды и атмосферной циркуляции, невыгодные для человечества изменения климата.

Кроме того, нельзя не учитывать, что подавляющее большинство живых организмов Земли на протяжении многих миллионов лет приспособилось к существующему ритму смены дня и ночи. Неожидаемое резкое нарушение этого ритма может вызвать ряд совершенно нежелательных и даже катастрофических явлений и в мире животных и растений.

Это не значит, что люди никогда не поведут наступления на ночь и зимние холода, но этому наступлению должна предшествовать тщательная и всесторонняя научная подготовка.

ЛЮДИ БЕЗ ЗВЕЗД

Знаменитый древнеримский философ Сенека говорил, что если бы на Земле было лишь одно-единственное место, откуда можно было бы наблюдать звезды, то к этому месту со всех сторон непрерывным потоком стекались бы люди...

Сенека тем самым хотел подчеркнуть необыкновенную красоту, величие и неповторимость картины звездного неба. Ночная жемчужная мерцающая россыпь на фоне бездонной черноты космоса — зрелище и в самом деле впечатляющее. Но только ли зрелище, имеют ли систематические наблюдения звездного неба сколько-нибудь важное практическое значение для человечества или люди совершенно спокойно могли бы обойтись и без них?

Чтобы ответить на этот вопрос, представим себе на минуту, что земное небо сплошь затянуто совершенно непрозрачной пеленой облачности, абсолютно исключающей возможность наблюдения звезд.

На первый взгляд подобное предположение может показаться слишком надуманным: ведь звезды-то мы видим... Однако оно поможет нам лучше оценить значение астрономии для развития человечества.

Кроме того, ситуация, о которой идет речь, не так уж и фантастична. Ведь космические тела, небо которых закрыто облаками, действительно существуют. Одно из них — наша космическая соседка планета Венера. Со временем, вероятно, людям придется жить и работать на подобных небесных телах. Вполне возможно, что во Вселенной существует и немало разумных цивилизаций, обитающих на облачных планетах...

Итак, Земля без звезд...

Человек радуется Солнцу... Людям свойственно расцветать в улыбке при виде сияющего голубого неба, играющих на воде солнечных бликов, сверкающей в солнечных лучах весенней листвы.

И вот, ничего этого нет. Нет голубого неба. Нет солнечных бликов. Нет ни звезд, ни Луны. Неизменно пасмурное небо. Вечный сумрак тусклых унылых дней. Однообразные дожди, которым не видно конца...

На Земле есть районы, где очень мало солнечных дней. И говорят, что жители этих мест почти никогда не улыбаются. А что было бы с людьми, если бы они вообще не знали Солнца?

Человек — дитя окружающей среды... На протяжении многих тысячелетий его организм формировался под воздействием именно той обстановки, тех физических условий, которые реально существуют на Земле. Эти условия определили особенности строения тела человека, чувствительность его зрения к определенным световым лучам, строение слухового аппарата и т. п. Но несомненно и то, что они наложили определенный отпечаток и на психику людей.

Здесь мы, конечно, вступаем в довольно шаткую область догадок и предположений. Однако думается, что если бы долгие века люди из поколения в поколение видели над своими головами однообразное серое небо, а один сумрачный день как две капли воды походил на другой, то, очень возможно, духовный потенциал человечества, если можно так выразиться, был бы иным, люди оказались бы менее жизнеспособными, менее оптимистичными. Но, повторяю, это только более или менее вероятное предположение.

А вот что не подлежит никакому сомнению: представления об окружающем мире на первых порах развития человечества были бы еще более туманными и мистическими, чем в реальной истории земной цивилизации.

Вспомним, например, каким образом люди узнали о том, что они живут на шаре.

Наиболее убедительное доказательство было получено в результате наблюдения лунных затмений. Ведь при этом небесном явлении мы видим на Луне, словно на гигантском экране, контур земной тени. Было замечено, что этот контур всегда, при всех затмениях, представляет собой окружность. Но только шар может в любых положениях отбрасывать «круглую» тень.

Правда, есть еще одно доказательство: постепенное исчезновение удаляющихся предметов за выпуклостью Земли. Но на суше подобное явление не очень-то убедительно: его всегда можно объяснить неровностями рельефа. Остаются наблюдения на море. Вечно облачное небо не могло бы помешать людям обратить внимание на исчезновение кораблей за горизонтом. Но для того, чтобы от этого факта перейти к выводу о шарообразности Земли, надо было сопоставить между собой результаты подобных же наблюдений, сделанных в различных точках планеты, — надо было убедиться в том, что Земля «выпукла везде».

А для этого необходимо общение между материками, морские путешествия. Но они при отсутствии звезд были бы весьма затруднены. Как пускаться в океан или в открытое море, не имея возможности определить свое местоположение, проверить правильность курса? Ведь земные мореплаватели с давних пор прибегали для этой цели к помощи звезд.

Правда, в какой-то степени можно было бы ориентироваться по расположению утренних и вечерних зорь. Как известно, даже в пасмурную погоду восточный сектор неба утром светлеет раньше, а западный сектор вечером темнеет позже, чем остальной небосвод. Ряд наблюдений позволил бы в этом разобраться.

Живя на облачной Земле, люди не знали бы, что есть явления, связанные с восходом и заходом Солнца, но, наблюдая утренние и вечерние зори из поколения в поколение, человек в конце концов заметил бы, что они подчиняются определенным закономерностям. Можно предположить, что рано или поздно были бы составлены специальные таблицы, учитывающие смещение заревых секторов с изменением времени года и даже с перемещением наблюдателя по поверхности Земли. Но, к сожалению, ориентировка по наблюдениям зари на облачном небе слишком неточна, ибо в результате рассеяния солнечного света облаками чрезвычайно трудно определить на глаз точку восхода или захода (в особенности при достаточно плотной и многоярусной облачности).

Впрочем, хорошо известно, что «спрос рождает предложение». И можно думать, что должны были бы появиться специальные чувствительные приборы для измерения яркости неба и определения наиболее яркого участка зари. При наличии таких приборов точность ориентировки значительно бы возросла.

Возможно, и магнитный компас был бы изобретен значительно раньше, чем это фактически произошло.

Разумным существам, обитающим на облачной планете, пришлось бы решать и довольно сложные задачи, связанные с отсчетом времени.

На заре человечества, когда еще не были изобретены часы, люди определяли время по Солнцу, а ночью — по звездам. Астрономические наблюдения лежали в основе составления календарей.

На облачной Земле подобные наблюдения были бы невозможны. Но все же найти выход из этого затруднения было бы, пожалуй, намного легче, чем, скажем, решить за-

дачу ориентировки. С помощью приборов, о которых говорилось, люди смогли бы определить время дня, наблюдая за перемещением наиболее яркой области по небосводу. Таким же способом они могли бы составить и календарь.

В этом календаре началом зимы, вероятно, считался бы самый короткий, а началом лета — самый длинный день в году.

Можно также предположить, что трудности отсчета времени послужили бы хорошим стимулом для более раннего изобретения приборов типа часов, чем это произошло в фактической истории человечества.

Существует понятие, как бы объединяющее в себе основные результаты, добытые различными науками, — «мировоззрение». Мировоззрение — это не физика, не химия, не астрономия, не биология, не математика, это нечто гораздо более общее и широкое. Но, с другой стороны, трудно представить, как могло бы складываться мировоззрение без, скажем, астрономических знаний. А ведь именно в таком положении оказались бы жители облачной Земли.

Разумеется, история развития естествознания свидетельствует о том, что одного лишь созерцания звездного неба, движения Солнца, Луны и планет также еще недостаточно, чтобы составить правильные представления о мире. На первых порах видимое движение небесных тел принималось за действительное, иллюзия — за реальность. Так родилась идея «центральной Земли», занимающей господствующее место в мироздании, и движущихся вокруг нее небесных светил — система Аристотеля — Птолемея.

Но, так или иначе, цивилизация, обитающая на облачной планете, на определенном этапе своего развития неизбежно должна столкнуться с проблемой мироздания.

Достигнув определенного уровня развития, цивилизация нуждается уже не просто в разрозненных сведениях об окружающем мире, а в «системе знаний». Система же знаний не может быть полной, если она не включает в себя представлений о строении мира, о месте Земли во Вселенной.

Разумеется, для обитателей облачного мира существование неких внешних факторов, расположенных за облачной завесой, не было бы секретом. Ведь именно оттуда поступали бы на Землю живительные свет и тепло. Вероятно, на первых порах жители облачной планеты точно так же обожествляли бы «свет», как наши предки когда-то обожествляли Солнце.

Но построение сколько-нибудь научной картины мира было бы сильно затруднено. Ведь мысль человека, даже при создании самых абстрактных гипотез, всегда отталкивается от наблюдаемого, от реальности. Между тем облачная Земля представляла бы гораздо меньше пищи для размышлений, чем картина ночного звездного неба.

Коперник пришел к выводу о движении Земли вокруг Солнца, анализируя петлеобразные перемещения планет на фоне звезд. Дж. Бруно и М. В. Ломоносов развивали идею множественности обитаемых миров, проводя параллель между далекими светилами — звездами и нашим светилом — Солнцем.

Ничего подобного ученые облачной планеты сделать бы не могли. Вероятно, они все же пытались бы строить всевозможные гипотезы относительно картины мира, но их предположения, скорее всего, были бы гораздо дальше от истины, чем смутные догадки наших далеких предков.

Несомненно, отрицательное влияние оказала бы невозможность наблюдения Вселенной и на развитие наук вообще, на познание основных законов природы.

Так, например, Галилей открыл свой знаменитый «принцип инерции» в значительной степени благодаря астрономическим наблюдениям. Ибо земной повседневный опыт отнюдь не указывает на то, что тело, на которое не действуют никакие силы, может двигаться равномерно и прямолинейно. Более того, подобное предположение противоречит «земному здравому смыслу» — не даром оно было принято в штыки современниками Галилея. А ведь принцип инерции является фундаментом всей механики.

Из астрономических наблюдений родился и такой фундаментальный закон природы, как закон всемирного тяготения. Конечно, «яблоки» падали бы и на облачной планете, но не следует забывать, что гениальной догадке Ньютона предшествовал тщательный анализ движения Луны вокруг Земли.

Во всяком случае, обнаружить всеобщность тяготения при затянутом облачной пленой небе было бы чрезвычайно затруднительно. Ведь сила взаимного притяжения между различными земными предметами настолько мала, что ее можно измерить лишь в специальных весьма тонких экспериментах.

Данные астрономии легли и в основу такой революционной теории, какой явилась теория относительности. Как известно, одним из главных положений этой теории служит утверждение о конечной скорости распространения

световых лучей. Но чисто земной опыт подсказывает нам совсем иное; любое событие происходит именно в тот момент, когда мы его видим. И нетрудно понять, почему это так: земные масштабы ничтожны по сравнению с тем расстоянием, которое пробегает свет за одну секунду. Только наблюдения явлений, происходящих в космических масштабах, могли разрушить подобную иллюзию.

Космос принес нам и множество других замечательных открытий. Здесь были обнаружены неизвестные ранее на Земле состояния вещества и новые источники энергии (в частности, атомная энергия).

Если внимательно проследить за развитием многих наук — не только физики, но и химии, и математики, и даже биологии, — то мы обнаружим, что во многих случаях их достижения если не прямо, то косвенно были связаны с изучением Вселенной.

Недаром А. Эйнштейн говорил, что интеллектуальные орудия, без которых было бы невозможно развитие современной техники, пришли в основном от наблюдения звезд. В этом смысле ученые облачной планеты находились бы в гораздо худшем положении. Мало того, что невидимая с Земли Вселенная не питала бы их плодотворными идеями. В своих попытках понять то, что происходит за облачной завесой, им пришлось бы ежедневно и ежечасно вести гораздо более острую борьбу со «здравым смыслом», чем нашим предкам.

Вообще цивилизация, обитающая на облачной планете, во многом напоминала бы человека, слепого от рождения. В фактической истории изучения Вселенной долгое время главную роль играло исследование светового излучения небесных тел. Недаром свет называли «вестником далеких миров». Но для людей облачного мира такого вестника практически не существовало бы...

В то же время известно, что люди даже не только слепые, но одновременно и глухие от рождения не только не теряют способность воспринимать окружающий мир, но даже могут с успехом заниматься творческой деятельностью. Хотя звуковой и световой каналы информации для них полностью закрыты, она все же поступает через другие каналы.

То же самое происходило бы и для человечества в целом. Не имея возможности добывать важную информацию, содержащуюся в космическом свете, ученые рано или поздно занялись бы исследованием других вестников Вселенной и в первую очередь их радиоизлучением.

Разумеется, воспользоваться космическим радиоканалом люди смогли бы, лишь достигнув определенного уровня в развитии науки и техники. Нужно было бы не только вообще открыть радиоволны, но и построить необычайно чувствительные приемники радиоизлучения.

Чрезвычайно существенным этапом в развитии «облачной цивилизации» явился бы «выход» за облачную пелену. Можно ожидать, что на решение этой задачи были бы направлены значительные усилия.

Начиная с этого момента, развитие цивилизации обитателей облачной планеты, вероятно, мало чем отличалось бы от развития земной цивилизации эпохи авиации и космонавтики.

Таким образом, несмотря на невозможность наблюдать звезды, человечество рано или поздно все равно преодолело бы все связанные с этим трудности. Тем более современное человечество справится с теми астрономическими затруднениями, которые возникнут при освоении облачных планет.

ЕСЛИ БЫ НЕ БЫЛО ЛУНЫ

Представим себе на минуту, что у Земли не было бы ее естественного спутника. Что бы изменилось? Прежде всего, это, разумеется, отразилось бы на красоте наших земных пейзажей: исчезли бы прозрачные лунные вечера, серебристые дорожки на воде... Но это лишь чисто внешняя сторона. Не стало бы лунных приливов и отливов, а следовательно, изменились бы условия мореплавания. Правда, сохранились бы солнечные приливы, но они из-за огромного расстояния до Солнца намного слабее лунных.

С другой стороны, отсутствие лунных ночей значительно облегчило бы многие астрономические наблюдения. Можно предположить, что в этих условиях ученые, в частности, открывали бы больше комет и малых планет Солнечной системы.

Очень возможно, что исчезновение Луны оказало бы определенное влияние и на ход некоторых геофизических процессов.

Но есть еще одна сторона дела, может быть, не столь очевидная. Стоит напомнить, что шарообразность Земли была доказана формой земной тени на Луне во время лунных затмений.

Что при телескопических наблюдениях Луны Галилей обнаружил на ее поверхности горы и тем самым пробил

первую реальную брешь в извечных представлениях о непроходимой границе между земным и небесным.

Что Ньютон в результате изучения движения Луны вокруг Земли окончательно сформулировал закон всемирного тяготения.

Что наблюдение движения Луны вокруг Земли послужило одним из первых толчков, которые привели к идее создания искусственных спутников нашей планеты...

Стоит также отметить, что с исчезновением Луны прекратились бы солнечные затмения.

Однако роль Луны отнюдь не ограничивается ее влиянием на развитие научной теории. В последнее время Луна, как ближайшее к нам небесное тело, все чаще становится своеобразным полигоном, с помощью которого отрабатываются и выверяются многие сложные операции, связанные с изучением и освоением космоса.

Так, Луна была первым космическим «радиозеркалом», с помощью которого отрабатывались методы астрономической радиолокации. Опыты с отражением радиоволн от лунной поверхности помогли разработать аппаратуру, способную лоцировать Солнце и многие планеты Солнечной системы.

Очень важную роль играет Луна и в развитии космических полетов. Речь идет не только о возможности создания в будущем на лунной поверхности космической станции, но и о том, что в районе Луны отрабатываются многие операции движения космических аппаратов, которые имеют весьма существенное значение при полетах к другим планетам.

Таким образом, наше ночное светило отнюдь не только «декоративное украшение» на земном небосводе. Его отсутствие могло бы в известной степени затруднить развитие науки и освоение человеком космического пространства.

В отсутствие Луны значительно ослабится явление, получившее название прецессии. Как известно, наша Земля благодаря суточному вращению имеет несколько сплюснутую форму — ее полярный радиус приблизительно на 21 км короче экваториального. Таким образом, вследствие вращения вещество Земли перераспределено — некоторая его часть как бы смещена от полюсов к экватору, образуя своеобразный экваториальный выступ. Действие лунного притяжения на этот выступ (а также притяжения Солнца и планет) приводит к тому, что ось вращения нашей планеты приблизительно за 26 тысяч лет

описывает в пространстве конус, прецессирует. Угол при вершине конуса составляет около 47 градусов. Поэтому нынешняя Полярная звезда не всегда была полярной и не всегда ею останется. Например, через 13 тысячелетий путь на север нашим потомкам будет указывать яркая звезда Вега из созвездия Лиры.

Хотя масса Луны и невелика в сравнении с массами планет и Солнца, не следует забывать, что Луна расположена ближе всего от Земли. А ведь сила тяготения очень быстро ослабевает с расстоянием — пропорционально его квадрату. Если бы Луны не было, прецессия хотя и сохранилась бы, но угол при вершине конуса, который описывает земная ось, стал бы намного меньше.

Вызывая прецессию, Луна, благодаря некоторым особенностям своего движения, вносит в нее и некоторые периодические отклонения, получившие название нутации и обладающие 19-летним периодом. С исчезновением Луны полностью исчезла бы и нутация.

ЕСЛИ БЫ ЭТО БЫЛО ВОЗМОЖНО

Скажем сразу — речь идет о возможности путешествия в прошлое, т. е. перемещения вспять по шкале времени против его нормального хода и последующего возвращения в современность.

Сначала мы не будем обсуждать чисто физическую сторону вопроса, а попробуем представить себе, что было бы, если бы путешествия в прошлое действительно оказались возможными: к чему бы это привело.

У известного современного американского писателя Рэя Бредбери есть небольшой, но весьма поучительный фантастический рассказ. Бюро путешествий устраивает для своих клиентов — любителей охоты необычный туристский вояж: с помощью машины времени оно отправляет их в отдаленное прошлое. Потрясающая возможность подстрелить живого динозавра!.. Однако «туристы во времени» обязаны строжайшим образом придерживаться одного обязательного условия. Им разрешается убить только вполне определенного ящера, заранее точно указанного сотрудниками бюро. Путешественники не должны вмешиваться в какие бы то ни было события древнего мира, что-либо изменять в нем.

Но как-то один из туристов нарушил запрет. Сойдя со специально настеленной дорожки, по которой должны были передвигаться путешественники, он неосторожно

наступил ногой на какую-то бабочку и раздавил ее. Разумеется, никто из охотников не придавал этому ничтожному происшествию никакого значения. Но когда туристы возвратились в наше время, они с изумлением увидели, что многое в окружающем их мире переменялось.

Как известно, все происходящие в природе явления представляют собой непрерывные цепи причин и следствий. Возвращаясь в прошлое и вмешиваясь в течение каких-либо событий, изменяя их, мы неизбежно вызывали бы определенные изменения и во всей последующей причинной цепи явлений. Вот почему сотрудники бюро путешествий в рассказе Бредбери точно указывали охотникам для отстрела определенного динозавра. Они выбрали ящера, который через несколько минут все равно должен был погибнуть. Таким образом, причинная цепь событий не претерпевала никаких изменений.

Разумеется, можно спорить о том, в какой мере раздавленная одним из действующих лиц рассказа Бредбери бабочка могла повлиять на будущее человечества. Но если бы путешествия в прошлое с помощью аппаратов типа «машины времени» действительно были осуществимы, то возможные произвольные действия «туристов по древним эпохам», в принципе, могли бы вызывать весьма серьезные нарушения тех или иных причинно-следственных рядов.

Скажем, в каком-нибудь XI столетии путешественники по времени в стычке с аборигенами убили молодого человека. А у него при «нормальном» ходе событий были бы дети... Однако после вмешательства пришельцев из будущего эти дети уже на свет не появятся. Следовательно, не появятся и все их потомки.

Но тогда из современности должны будут исчезнуть десятки, а то и сотни людей, для которых убитый являлся прямым предком... Они просто исчезнут, так сказать, бесследно растворятся во времени, так как из цепи причин и следствий, которые привели к их появлению на свет, окажется изъятым одно звено...

Точно так же могли бы исчезать не только люди, но и произведения искусства, здания и даже целые города.

Да, не очень-то веселая жизнь настала бы для человечества, если бы появились машины времени и безответственные искатели приключений пустились бы на них вскачь по разным эпохам. Мы жили бы в состоянии постоянного страха, что кто-нибудь или что-нибудь может исчезнуть. С другой стороны, путешественники по времени

не только разрушали бы отдельные причинно-следственные ряды, но и создавали бы новые, и от этого в нашей действительности могли бы вдруг возникать совершенно неожиданные «объекты»...

У известного американского ученого и писателя-фантаста Айзека Азимова есть интереснейший роман «Конец вечности», также посвященный обсуждению возможных последствий перемещений по времени. В нем описывается деятельность своеобразной «межвременной» организации, которая, владея методами путешествий по времени, занималась «исправлением» и «улучшением» реальной действительности.

Обнаружив какие-либо отрицательные события, происходившие в реальной истории человечества, специалисты тщательно изучали их первопричины и корректировали их таким образом, что нежелательные последствия этих причин не наступали. Соответствующим образом изменялась и память человечества, из которой всякие воспоминания о прежних вариантах событий полностью исчезали.

И хотя все эти действия, казалось, были направлены на то, чтобы улучшить жизнь людей, они, как, впрочем, и следовало ожидать, завершились полнейшим крахом, потому что нельзя заставить человечество жить по какому-то разработанному «сценарию», тем более путем элементарного вмешательства в причинно-следственные ряды. История есть история, и, хотя те или иные случайные обстоятельства играют в ней известную роль, все же ее ход в основном определяется объективными законами, прокладывающими дорогу через любые случайности. Для того чтобы влиять на события глобального масштаба, надо было бы не только перекроить всю историю человечества от начала до конца, но и изменить законы общественного развития.

Но это уже философская сторона вопроса. Вернемся к физике. Как относится эта наука к возможности путешествий в прошлое? Она их просто-напросто запрещает, точно так же как запрещает создание вечного двигателя.

Любое событие, происходящее в физической системе, утверждает современная теоретическая физика, может оказывать влияние на эволюцию этой системы лишь в будущем и не может оказывать влияния на поведение системы в прошлом.

Таков физический вариант всеобщего принципа причинности, требующего, чтобы у каждого явления была естественная причина.

С другой стороны, можно себе представить, хотя это и нелегко, что где-либо во Вселенной есть области, в которых время течет в обратном направлении по сравнению с нашим временем. И этим можно было бы воспользоваться для путешествия в прошлое, по крайней мере в недавнее (а если темп течения времени в таких областях более быстрый, то и в далекое). Но для этого надо было бы дважды совершить переход — из нашей области в «ту» и обратно.

И хотя этот вопрос еще совершенно не исследован, можно заранее сказать, что и на такие переходы законы физики, по всей вероятности, налагают столь же жесткий запрет, как и на прямые путешествия в прошлое.

БЫСТРЕЕ СВЕТА?

Распространено мнение, что теория относительности не допускает сверхсветовых скоростей. Так ли это? Могут ли вообще с точки зрения современной теории существовать в природе скорости, превосходящие скорость света? Вот как отвечает на этот интересный вопрос А. Л. Зельманов.

Действительно, с точки зрения теории относительности существует некоторая фундаментальная скорость c , которая является наибольшей возможной скоростью распространения каких-либо силовых взаимодействий. В чем же ее физический смысл?

Дело в том, что величина скорости, с которой один и тот же объект движется по отношению к различным системам отсчета, вообще говоря, не одинакова. По отношению к одной системе объект может покоиться, по отношению к другой — двигаться с небольшой скоростью, по отношению к третьей — с большой. В механике Ньютона есть такая скорость, величина которой одинакова по отношению ко всем системам отсчета, — но это бесконечно большая скорость. Такая скорость лишь предел. Любой реальный объект может перемещаться только с конечной скоростью. Однако в механике Ньютона скорость движения тел в принципе может быть как угодно велика.

В теории относительности тоже есть случай, когда величина скорости не зависит от выбора системы отсчета. Это бывает тогда, когда тело движется со скоростью, равной по величине фундаментальной.

Таким образом, фундаментальная скорость теории относительности — аналог бесконечно большой скорости механики Ньютона.

С точки зрения теории относительности любые перемещения масс и энергии, любая передача силовых взаимодействий могут происходить только со скоростями, не превосходящими фундаментальную.

Существуют объекты, обладающие массой покоя, не равной нулю, — они движутся только со скоростями меньше фундаментальной, и объекты, у которых масса покоя равна нулю (фотоны и нейтрино), — они могут двигаться только с фундаментальной скоростью.

И все же, как это ни покажется странным и парадоксальным, могут существовать скорости, превосходящие фундаментальную. Одним из примеров такой скорости может служить скорость перемещения светового зайчика по стене. Его можно заставить двигаться с любой сколь угодно большой скоростью. Но это всего лишь скорость перемещения освещенного места на поверхности стены — никакого движения вещества или передачи взаимодействия с такой скоростью при этом не происходит.

Теперь попытаемся уточнить, что такое вообще скорость движения какого-либо объекта. Это — всегда скорость движения по отношению к определенной системе отсчета. Более того, по отношению к той точке этой системы, через которую объект в данный момент проходит. Говорить о скорости движения объекта по отношению к какой-либо другой точке, которая находится на некотором расстоянии, или по отношению к другому объекту, существовавшему в иную эпоху, строго говоря, не имеет смысла.

Что же в таком случае представляет собой скорость движения какой-либо галактики по отношению к земному наблюдателю? Очевидно, такое понятие тем более лишено смысла, так как мы разобщены и в пространстве и во времени.

О какой же скорости в таком случае все же можно говорить? Только о скорости движения галактики по отношению к какой-либо определенной системе отсчета, охватывающей и ту область и ту эпоху, в которой существуем мы, и ту область и ту эпоху, в которой находилась галактика в момент выхода светового луча. Но подобную систему отсчета можно построить различными способами. Среди возможных вариантов выберем такую систему, по отношению к которой наша собственная скорость равна нулю. Тогда скорость остальных галактик будет, очевидно, зависеть от того, деформируется ли наша система отсчета с течением времени, и если деформируется, то как именно. Естественно было бы выбрать «жесткую», недеформирую-

щуюся систему отсчета. Но это невозможно, так как в результате взаимного удаления галактик изменяется плотность распределения масс, а вследствие этого — и геометрия пространства.

Попробуем в таком случае выбрать систему отсчета, которая не деформируется хотя бы в радиальных направлениях от той точки, в которой мы сами находимся. В однородной изотропной Вселенной это возможно. По отношению к такой системе отсчета скорости движения галактик отличны от нуля и по величине всегда меньше фундаментальной. И эти скорости, очевидно, являются вместе с тем скоростями изменения расстояний между удаляющимися галактиками и точкой, в которой находимся мы.

Но в теории удобнее пользоваться деформирующейся системой отсчета, сопутствующей расширяющейся системе галактик, т. е. такой системой отсчета, в которой скорости всех галактик равны нулю (если пренебречь сравнительно небольшими скоростями беспорядочных движений). В сопутствующей системе отсчета расстояния между галактиками меняются не вследствие их перемещений относительно этой системы, а благодаря деформации (расширению) самой системы отсчета.

Эти скорости изменения расстояний между галактиками могут оказаться, подобно скорости перемещения зайчика по стене, и больше фундаментальной.

Но они отнюдь не являются скоростями движения каких-либо материальных объектов.

Однако при этом как будто бы возникает совершенно парадоксальная ситуация. Получается, что в первой системе отсчета скорости изменения расстояний между галактиками всегда меньше фундаментальной, а во второй системе такие же скорости могут быть и больше фундаментальной.

Но это противоречие кажущееся. Дело в том, что и расстояние между двумя любыми объектами, и скорость его изменения — это величины, зависящие от системы отсчета.

ЕСЛИ БЫ ЧЕТЫРЕ?

Общеизвестно, что мир, в котором мы живем, трехмерен. Окружающее нас пространство обладает тремя измерениями — длиной, шириной и высотой.

Ну, а если бы наш мир имел больше трех измерений? Как повлияло бы «лишнее» измерение на течение различных физических процессов?..

На страницах современных научно-фантастических произведений довольно часто можно встретиться с почти

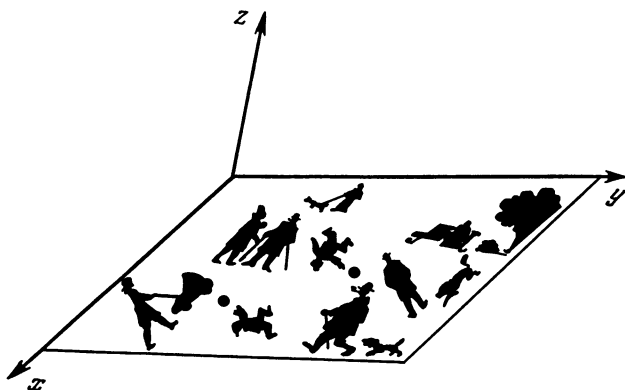


Рис. 20. Воображаемые двумерные существа.

мгновенным преодолением огромных космических расстояний с помощью так называемой «нуль-транспортировки» или перехода через «гиперпространство», или «подпространство», или «надпространство».

Что имеют в виду фантасты? Ведь хорошо известно, что максимальной скоростью, с которой могут перемещаться любые реальные тела, является скорость света в пустоте, и то практически она недостижима. О каких же «скачках» через миллионы и сотни миллионов световых лет может идти речь? Разумеется, идея эта — фантастическая. Однако в ее основе лежат довольно интересные физико-математические соображения.

Начнем с того, что представим себе одномерное существо-точку, живущее в одномерном пространстве, т. е. на прямой линии. В этом «тесном» мире имеются только одно измерение — длина и только два возможных направления — вперед и назад.

У двумерных воображаемых существ, «плоскатики», возможностей значительно больше. Они уже могут перемещаться в двух измерениях, в их мире помимо длины есть еще и ширина. Но они точно так же не способны выйти в третье измерение, как и существа-точки не могут «выпрыгнуть» за пределы своей прямой линии. Одномерные

и двумерные обитатели в принципе могут прийти к теоретическому заключению о возможности существования большего числа измерений, но путь в следующее измерение для них закрыт.

По обе стороны от плоскости расположено трехмерное пространство, в котором обитаем мы, трехмерные существа, неведомые для двумерного жителя, заключенного в свой двумерный мир: ведь даже видеть он может только в пределах своего пространства. Ввиду этого о существовании трехмерного мира и его обитателей двумерный житель мог бы узнать только в том случае, если бы какой-нибудь человек, к примеру, проткнул плоскость пальцем. Но и тогда двумерное существо могло бы наблюдать только двумерную область соприкосновения между пальцем и плоскостью. Вряд ли этого было бы достаточно, чтобы сделать какие-то заключения о «потустороннем», с точки зрения двумерного жителя, трехмерном пространстве и его «таинственных» обитателях.

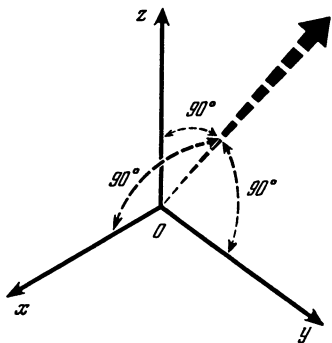
Но точно такое же рассуждение можно провести и для нашего трехмерного пространства, если бы оно было заключено в каком-то еще более обширном, четырехмерном пространстве, подобно тому как двумерная поверхность заключена в нем самом.

Однако выясним сперва, что вообще представляет собой четырехмерное пространство. В трехмерном пространстве существуют три взаимно перпендикулярных «основных» измерения — «длина», «ширина» и «высота» (три взаимно перпендикулярных направления осей координат). Если бы к этим трем направлениям можно было добавить четвертое, также перпендикулярное к каждому из них, то пространство имело бы четыре измерения, было бы четырехмерным.

С точки зрения математической логики рассуждение о четырехмерном пространстве абсолютно безукоризненно. Но само по себе оно ничего не доказывает, поскольку логическая непротиворечивость еще не является доказательством существования в физическом смысле. Такое доказательство способен дать только опыт. А опыт свидетельствует о том, что в нашем пространстве через одну точку можно провести лишь три взаимно перпендикулярные прямые линии.

Обратимся еще раз к помощи «плоскатики». Для этих существ третье измерение (в которое они не могут выйти) — все равно что для нас четвертое. Однако есть и существенная разница между воображаемыми плоскими

существами «плоскатиками» и нами, обитателями трехмерного пространства. В то время как плоскость является двумерной частью реально существующего трехмерного мира, все имеющиеся в нашем распоряжении научные данные убедительно свидетельствуют о том, что мир, в котором мы живем, геометрически трехмерен и не является частью какого-то четырехмерного мира. Если бы такой четырехмерный мир действительно существовал, то в нашем трехмерном мире могли бы происходить некоторые «странные» явления.



Вернемся снова к двумерному плоскому миру. Хотя его обитатели и не могут выходить за пределы плоскости, все же, благодаря наличию внешнего трехмерного мира, некоторые явления, в принципе, могут здесь протекать с выходом в третье измерение. Это обстоятельство в

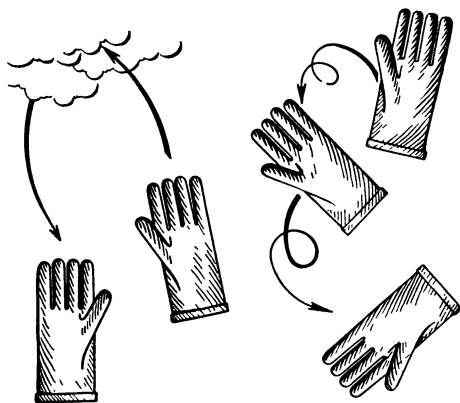


Рис. 22. Опыт с перчаткой.

ряде случаев делает возможным такие процессы, которые в самом по себе двумерном мире не могли бы происходить.

Представим себе, например, нарисованный в плоскости обыкновенный циферблат от часов. Какими бы способами

мы ни вращали и перемещали этот циферблат, оставаясь в плоскости, нам никогда не удастся изменить направление расположения цифр так, чтобы они следовали друг за другом против часовой стрелки. Этого можно добиться, лишь «изъяв» циферблат из плоскости в трехмерное пространство, перевернув его, а затем снова возвратив в нашу плоскость.

В трехмерном пространстве подобной операции соответствовала бы, например, такая. Можно ли перчатку, предназначенную для правой руки, путем одних только перемещений в пространстве (т. е. не выворачивая наизнанку) превратить в перчатку для левой руки? Каждый легко может убедиться в том, что подобная операция неосуществима. Однако при наличии четырехмерного пространства этого можно было бы достичь так же просто, как и в случае с циферблатом.

Мы не знаем выхода в четырехмерное пространство. Но дело не только в этом. Его, видимо, не знает и природа. Во всяком случае, никаких явлений, которые можно было бы объяснить существованием четырехмерного мира, охватывающего наш трехмерный, мы не знаем.

А жаль!..

Если бы четырехмерное пространство и выход в него действительно существовали, открывались бы удивительные возможности.

Представим себе «плоскатику», которому необходимо преодолеть расстояние между двумя точками плоского мира, отстоящими друг от друга, скажем, на 50 км. Если «плоскатик» перемещается со скоростью один метр в сутки, то подобное путешествие займет более ста лет. Но представьте себе, что двумерная поверхность свернута в трехмерном пространстве таким образом, что точки начала и конца маршрута оказались друг от друга на расстоянии всего лишь одного метра. Теперь их отделяет друг от друга совсем небольшое расстояние, которое «плоскатик» мог бы преодолеть всего за одни сутки. Но этот метр лежит в третьем измерении! Это и была бы «нуль-транспортировка», или «гиперпереход».

Аналогичная ситуация могла бы возникнуть и в искривленном трехмерном мире...

Как показала общая теория относительности, наш мир действительно обладает кривизной. Об этом мы уже знаем. И если бы еще существовало четырехмерное пространство, в которое погружен наш трехмерный мир, то для преодоления некоторых гигантских космических расстояний доста-

точно было бы «перескочить» через разделяющую их четырехмерную щель. Вот что имеют в виду писатели-фантасты.

Таковы соблазнительные преимущества четырехмерного мира. Но есть у него и «недостатки». Оказывается, с ростом числа измерений уменьшается устойчивость движения. Многочисленные исследования показывают, что в двумерном пространстве вообще никакое возмущение

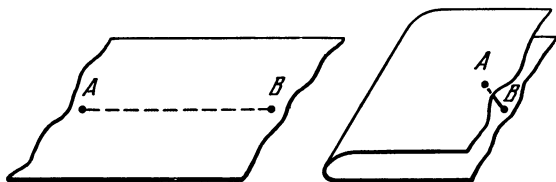


Рис. 23. Геометрический смысл фантастического метода нуль-транспортировки.

не может нарушить равновесия и удалить тело, движущееся по замкнутой траектории вокруг другого тела, в бесконечность. В пространстве трех измерений ограничения уже значительно слабее, но все же и здесь траектория движущегося тела не уходит в бесконечность, если только возмущающая сила не слишком велика.

Но уже в четырехмерном пространстве все круговые траектории становятся неустойчивыми. В таком пространстве планеты не могли бы обращаться вокруг Солнца — они либо упали бы на него, либо улетели в бесконечность.

Используя уравнения квантовой механики, можно также показать, что в пространстве, обладающем более чем тремя измерениями, не мог бы существовать как устойчивое образование и атом водорода. Происходило бы неизбежное падение электрона на ядро.

Добавление четвертого измерения изменило бы и некоторые чисто геометрические свойства пространства. Одним из важных разделов геометрии, который представляет не только теоретический, но и большой практический интерес, является так называемая теория преобразований. Речь идет о том, как изменяются различные геометрические фигуры при переходе от одной системы координат к другой. Один из типов таких геометрических преобразований носит наименование конформных. Так называются преобразования, сохраняющие углы.

Точнее, дело обстоит следующим образом. Представьте себе какую-нибудь простую геометрическую фигуру, скажем, квадрат или многоугольник. Наложим на него произвольную сетку линий, своеобразный «скелет». Тогда конформными мы назовем такие преобразования системы координат, при которых наш квадрат или многоугольник перейдет в любую другую фигуру, но так, что углы между линиями «скелета» при этом сохраняются. Наглядным примером конформного преобразования может служить перенесение поверхности глобуса на плоскость — именно так строятся географические карты.

Еще в прошлом столетии математик Б. Риман показал, что любая плоская сплошная (т. е. без «дыр», или, как говорят математики, односвязная) фигура может быть конформно преобразована в круг.

Вскоре современник Римана Ж. Лиувилль доказал еще одну важную теорему о том, что не всякое трехмерное тело можно конформно преобразовать в шар.

Таким образом, в трехмерном пространстве возможности конформных преобразований далеко не так широки, как в плоскости. Добавление всего лишь одной оси координат накладывает на геометрические свойства пространства весьма жесткие дополнительные ограничения.

Не потому ли реальное пространство именно трехмерно, а не двумерно или, скажем, пятимерно? Может быть, как раз все дело в том, что двумерное пространство слишком свободно, а геометрия пятимерного мира, наоборот, чересчур жестко «закреплена»? А в самом деле, почему? Почему пространство, в котором мы живем, трехмерно, а не четырехмерно или пятимерно?

Многие ученые пытались ответить на этот вопрос, исходя из общих философских соображений. Мир должен обладать совершенством, утверждал Аристотель, и только три измерения способны это совершенство обеспечить.

Однако конкретные физические проблемы не могут быть решены подобными методами.

Следующий шаг был сделан Галилеем, отметившим тот опытный факт, что в нашем мире могут существовать самое большее три взаимно перпендикулярных направления. Однако выяснением причин подобного положения вещей Галилей не занимался.

Сделать это пытался Лейбниц с помощью чисто геометрических доказательств. Но и такой путь малоэффективен, поскольку эти доказательства строились умозрительно, без связи с окружающим миром.

Между тем то или иное число измерений — это физическое свойство реального пространства, и оно должно иметь вполне определенные физические причины, быть следствием каких-то глубоких физических закономерностей.

Вряд ли эти причины можно вывести из тех или иных положений современной физики. Ведь свойство трехмерности пространства лежит в самом фундаменте, в самой основе всех существующих физических теорий. Видимо, решение этой задачи станет возможным лишь в рамках более общей физической теории будущего.

И, наконец, последний вопрос. В теории относительности идет речь о четырехмерном пространстве Вселенной. Но это не совсем то четырехмерное пространство, о котором говорилось выше.

Начнем с того, что четырехмерное пространство теории относительности — это не обычное пространство. Четвертым измерением здесь является время. Как мы уже говорили, теория относительности установила тесную связь между пространством и материей. Но не только. Оказалось, что непосредственно связаны между собой также материя и время, а следовательно, пространство и время. Имея в виду эту зависимость, известный математик Г. Минковский, работы которого легли в основу теории относительности, говорил: «Отныне пространство само по себе и время само по себе должны стать тенью и только особого рода их сочетание сохранит самостоятельность». Минковский предложил использовать для математического выражения зависимости пространства и времени условную геометрическую модель, четырехмерное «пространство — время». В этом условном пространстве по трем основным осям откладываются, как обычно, интервалы длины, по четвертой же оси — интервалы времени.

Таким образом, четырехмерное «пространство — время» теории относительности является всего-навсего математическим приемом, позволяющим в удобной форме описывать различные физические процессы. Поэтому говорить, что мы живем в четырехмерном пространстве, можно лишь в том смысле, что все происходящие в мире события совершаются не только в пространстве, но и во времени.

Разумеется, в любых математических построениях, даже самых абстрактных, находят свое выражение какие-то стороны объективной действительности, какие-то отношения между реально существующими предметами и явлениями. Но было бы грубой ошибкой ставить знак равенст-

ва между вспомогательными математическими аппаратами, а также применяемой в математике условной терминологией и объективной реальностью.

В свете этих соображений становится ясно, что утверждать, ссылаясь при этом на теорию относительности, будто бы наш мир четырехмерен, — приблизительно то же самое, что отстаивать идею, будто темные пятна на Луне заполнены водой, на том основании, что астрономы называют их морями.

Так что «нуль-транспортировка», по крайней мере на современном уровне развития науки, к сожалению, существует лишь на страницах фантастических романов.

В СЖИМАЮЩЕЙСЯ ВСЕЛЕННОЙ

Мы уже говорили о том, что наша область Вселенной — Метагалактика — расширяется и чем дальше находится та или иная галактика, тем быстрее она удаляется от нас.

Однако уравнения теории относительности допускают также и другую возможность — сжатие.

Имеет ли то обстоятельство, что Метагалактика именно расширяется, а не сжимается, сколько-нибудь принципиальное значение?

Попробуем ответить на вопрос: что было бы, если бы Метагалактика сжималась? Изменилось бы что-нибудь в картине окружающего нас мира?

На первый взгляд может показаться, что ничего особенного не произошло бы. Никто бы ничего не заметил, лишь астрономы вместо красного смещения наблюдали бы фиолетовое. Ведь галактики отделены от Земли колоссальными расстояниями в миллионы и миллиарды световых лет.

Однако на самом деле все обстоит далеко не так просто... Начнем, казалось бы, с простого и даже немного наивного вопроса: почему ночью темно? В действительности же это очень серьезная проблема, сыгравшая немалую роль в развитии научных представлений о Вселенной. Она вошла в историю астрономии под названием фотометрического парадокса. Состоит он в следующем.

Если во Вселенной всюду рассеяны звезды, которые в среднем излучают приблизительно одинаковое количество света, то независимо от того, сгруппированы они в галактике или нет, они покрывали бы своими дисками всю небесную сферу. Ведь Метагалактика состоит из многих миллиардов звезд, и, куда бы мы ни направили свой

взор, он почти наверняка рано или поздно натолкнется на какую-нибудь звезду.

Иными словами, каждый участок звездного неба должен был бы светиться, как участок диска Солнца, так как в подобной ситуации видимая поверхностная яркость не зависит от расстояния. С неба на нас обрушивался бы ослепительный и жаркий поток света, соответствующий температуре около 6 тыс. градусов, почти в 200 000 раз превосходящий свет Солнца. Между тем ночное небо черное и холодное. В чем же тут дело?

В свое время были предприняты попытки устранить фотометрический парадокс ссылкой на поглощение света рассеянной межзвездной материей. Но в 1937 г. советский астроном В. Г. Фесенков показал, что это не спасает положения. Межзвездная материя не столько поглощает свет звезд, сколько рассеивает его. Таким образом, ситуация даже осложняется.

Лишь в теории расширения Метагалактики фотометрический парадокс автоматически устраняется. Поскольку галактики разбегаются, в их спектрах происходит, как мы уже знаем, красное смещение спектральных линий. В результате частота, а значит, и энергия каждого фотона уменьшены. Ведь красное смещение — это сдвиг электромагнитного излучения в сторону более длинных волн. А чем больше длина волны, тем меньшую энергию несет с собой излучение, и чем дальше галактика, тем больше красное смещение, а значит, тем сильнее ослабляется энергия каждого приходящего к нам фотона.

Помимо этого, непрерывное увеличение расстояния между Землей и удаляющейся галактикой приводит к тому, что каждый следующий фотон вынужден преодолевать несколько больший путь, чем предыдущий. Благодаря этому фотоны попадают в приемник реже, чем они испускаются источником. Следовательно, уменьшается и число приходящих в единицу времени фотонов. Это также приводит к понижению количества приходящей в единицу времени энергии.

Следовательно, красное смещение ослабляет излучение каждой галактики, и тем сильнее, чем дальше она от нас находится. Таким образом, вследствие красного смещения происходит не только перемещение излучения в область более низких частот, но и ослабление его энергии. Именно поэтому ночное небо остается черным.

Вот мы и подошли к ответу на поставленный вопрос: что было бы, если бы Метагалактика сжималась?

Если бы сжатие уже длилось по меньшей мере миллиарды лет, мы вместо красного смещения в спектрах галактик наблюдали бы фиолетовое. Сдвиг излучения происходил бы в сторону более высоких частот, и яркость небо была бы не ослаблена, а наоборот, усилена.

В подобных условиях в нашей области Вселенной жизнь не могла бы существовать. Значит, мы отнюдь не случайно живем именно в расширяющейся системе галактик и наблюдаем именно красное смещение в их спектрах.

Как остроумно заметил А. Л. Зельманов, мы являемся свидетелями процессов определенного типа, потому что процессы иного типа протекают без свидетелей. В частности, жизнь невозможна на ранних стадиях расширения и на поздних стадиях сжатия.

«ЕСЛИ БЫ ЗНАТЬ ЗАРАНЕЕ...»

(научная фантастика)

Баркалов гнал машину с предельной скоростью, насколько позволяла извилистая горная трасса. Наконец, дорога изогнулась в последнем повороте и нырнула вниз, в долину, перерезанную прямой, словно световой луч, лентой железной дороги. Баркалов нажал на педаль до отказа, и машина, рванувшись вперед, вынесла его на участок шоссе, параллельный насыпи. Сзади угадывалось стремительное дыхание нагонявшего его пассажирского экспресса.

Вдруг до слуха Баркалова донесся грохот отдаленного обвала. Он сбавил скорость и прислушался. Стихающие раскаты раздавались где-то впереди и справа от дороги.

— Странно,— подумал Баркалов,— этот обвал не может причинить железнодорожному полотну никакого вреда — слишком далеко в стороне. А может быть, все это вообще чепуха, всего лишь безобидный, чисто теоретический парадокс, не имеющий ничего общего с действительностью? Но обвал-то ведь все-таки произошел! И как раз в то самое время! Вероятность случайного совпадения практически ничтожна...

После окончания семинара академик Матвеев разыскал Баркалова в буфете:

— Чуть было не потерял вас из виду,— сказал Матвеев, и Баркалову показалось, что голос его как-то странно дрогнул.— Я знаю, что вы очень торопитесь, но очень прошу вас, Сергей Николаевич, зайти сейчас ко мне в кабинет.

Баркалов действительно торопился: у него в кармане лежал билет на Южный экспресс, который должен был доставить его на наблюдательную станцию института, где астрономы собирались проверять один предсказанный им эффект. До отправления оставалось меньше двух часов, еще надо было кое-что сделать и Баркалову совсем не хотелось задерживаться. И он уже решил было отказаться, сославшись на нехватку времени, но дрогнувший голос и промелькнувшее на лице академика выражение растерянности остановили его. Странно было и то, что академик обратился к нему по имени и отчеству — обычно он этого не делал, должно быть, из экономии времени. Ко всему прочему, академик Матвеев был ученый с мировым именем, настоящий генератор удивительных идей, и Баркалов считал себя его учеником. И вместо того, чтобы вежливо отказаться, Баркалов встал из-за стола, оставив недопитую чашку кофе, и пошел вслед за Матвеевым.

В коридоре второго этажа академик пропустил Баркалова вперед и повел, поддерживая под локоть, словно боялся потерять. Баркалов удивлялся все больше.

Добравшись до кабинета, Матвеев облегченно вздохнул, по крайней мере так показалось Баркалову, и, усадив своего гостя в кресло, сам устроился напротив.

— Я был недавно на вашем докладе, Сергей Николаевич, где вы излагали основы своей математической теории, — начал он без всяких предисловий. — И хочу сказать, что считаю вашу работу из ряда вон выходящей. Вы очень талантливы, Сергей Николаевич, даже больше... Я предвижу, что эта теория не только откроет совершенно новые возможности в математике, но и окажет огромное влияние на физику.

Баркалов слушал, не веря своим ушам. То, что говорил сейчас Матвеев, было поразительно. Он никогда никого не хвалил в глаза. Ругал — частенько, без дипломатии и компромиссов. Но хвалить... — такого случая Баркалов не мог припомнить.

— И вы обязательно должны довести эту работу до конца, — продолжал Матвеев.

— Именно этим я и занимаюсь, — пробормотал Баркалов, все еще ничего не понимая.

Академик помолчал и, наклонив вперед голову, исподлобья внимательно посмотрел на Баркалова.

— И потому, дорогой Сергей Николаевич, вы должны... себя поберечь.

— Ничего не понимаю! — вконец смешавшись, воскликнул Баркалов.

— Ну, знаете, как говорили в старину: береженого бог бережет.

— Простите, Ростислав Валерьянович, — не выдержал Баркалов, — вы говорите какими-то загадками. Вам что, известно обо мне что-нибудь такое, чего я и сам не знаю?

— Вот-вот, — неопределенно отозвался Матвеев.

— Тогда скажите, наконец, в чем дело? — взмолился Баркалов, укладкой бросая тревожный взгляд на часы.

— Вот в том-то и заковыка, что так просто не получается, — загадочно произнес Матвеев и, рывком выбросив из кресла свое грузное тело, замелькал по кабинету. — Вы знаете о гипотезе циклической во времени Вселенной?

— Идея вечного возвращения? Шопенгауэр и Ницше?

— Не только. Еще при жизни Эйнштейна Курт Гедель построил модель Вселенной, для которой временно-подобные геодезические линии оказываются замкнутыми. В такой Вселенной периодически все повторяется.

— Но если мне не изменяет память, — заметил Баркалов, — Эйнштейн отнесся к этой работе весьма критически.

— Свидетельства очевидцев на этот счет разноречивы, — возразил Матвеев. — Но дело не в этом.

— И насколько я помню, — продолжал Баркалов, — Чандрасекар впоследствии показал, что замкнутые на себя траектории в модели Геделя должны быть отброшены, исходя из принципа физической разумности.

— Э-э... милый мой, — воскликнул Матвеев, — подобная аргументация мало чего стоит. Что значит физическая разумность? Ее можно понимать и так, и эдак.

— Что вы хотите сказать? — насторожился Баркалов.

— Геделевская модель, разумеется, несостоятельна. Тут Чандрасекар безусловно прав. Но это вовсе не исключает возможности существования циклических моделей вообще.

— Вам что-то удалось? — с интересом спросил Баркалов.

— Вот-вот... — как-то без энтузиазма пробурчал академик. — Есть одна конструкция.

— Очень интересно, — сказал Баркалов и снова посмотрел на часы.

Матвеев перехватил его взгляд.

— Торопитесь?.. Напрасно. Все равно, рано или поздно Вселенная вернется к этому самому моменту.

— Вы серьезно? — изумился Баркалов.— Но одно дело теоретическая модель, пусть и непротиворечивая, и совсем другое...

— И совсем другое — действительность, реальность? Это вы хотели сказать? Пойдемте.

И не глядя на Баркалова, Матвеев пересек кабинет и скрылся за дверью позади письменного стола. Баркалову ничего другого не оставалось, как последовать за ним. Они прошли длинным узким внутренним коридором, миновали толстые защитные свинцовые двери и оказались в просторном зале, сплошь уставленном сложной аппаратурой.

Академик остановился возле пульта, усеянного многочисленными кнопками и контрольными экранами, и возмущенно посмотрел на своего гостя.

— Впечатляюще! — сказал Баркалов.— Но прошу учесть, я чистый математик и во всей этой технике ничего не смыслю. И должен вас предупредить, обо мне ходят анекдоты, как о молодом Паули: утверждают, что когда я появляюсь в лаборатории, все приборы сами собой выходят из строя. Так что остерегайтесь, Ростислав Валерьянович!

— Не имеет значения,— каким-то странным голосом произнес Матвеев.— Они уже сработали.— И, не давая Баркалову опомниться, продолжал совсем другим тоном: — Сергей Николаевич, вы собираетесь куда-то уезжать. Я очень вас прошу отменить эту поездку.

— Но почему? — машинально спросил Баркалов и тут же умолк: откуда Матвеев мог знать о его поездке?

— Почему? — переспросил академик.— Вы можете поверить мне на слово?

— Вы меня извините, Ростислав Валерьянович, я никогда не верил в гадания.

— Но вы действительно собираетесь уезжать?

— Я вовсе не делаю из этого тайны. Примерно через час.

— Поездом? В южном направлении?

— Ростислав Валерьянович, если это какой-либо розыгрыш, то сейчас...

— Пожалуйста, ответьте на мой вопрос,— потребовал академик.

— Да, поездом... Да, к югу,— едва сдерживая раздражение, ответил Баркалов

— Так вот, мой дорогой,— решительно сказал Матвеев,— никуда вы не поедете.

— Что за шутки, Ростислав Валерьянович? — вскипел Баркалов. — Вы меня ловите в буфете, чуть не силой приводите к себе в кабинет, заводите разговор о циклических моделях Вселенной, затем демонстрируете какое-то непонятное мне оборудование и в конце концов требуете, чтобы я отказался от намеченной поездки. Согласитесь, что все это по меньшей мере странно.

— М-да... — вздохнул Матвеев. — Требуете объяснений? А я как раз хотел их избежать.

— Но, Ростислав Валерьянович, если это касается меня, могу я знать в чем дело?

— В иных случаях лучше не знать.

— И это говорите вы? — изумился Баркалов. — Еще одна загадка! Не слишком ли много загадок?

— Вы только что упомянули о гаданиях и пророчествах... Так вот, все, что мне стало известно, тоже, если хотите, своего рода пророчество. Как, похож я на пророка? — Матвеев изобразил улыбку, но глаза его остались серьезными.

— Так вот, дорогой мой Сергей Николаевич, — продолжал Матвеев, — вы когда-нибудь слышали о самоорганизующих прогнозах? Некоторые предсказания исполняются именно потому, что они были сделаны. Помните легенду о Эдипе? А мне совсем не хочется, чтобы мое предсказание исполнилось... Ну что, вы и после этого настаиваете?

— Разумеется, — твердо сказал Баркалов. — Раз уж вы начали, то говорите до конца.

— Ну хорошо, — со вздохом сказал Матвеев, — тогда слушайте: если вы не откажетесь от своей поездки, то вас ожидает большая неприятность... одним словом... смерть.

От неожиданности Баркалов вздрогнул. По спине побежали холодные мурашки.

— Что за чепуха? — пробормотал он. — Откуда вы можете знать?

Матвеев кивнул в сторону аппаратуры:

— Я видел...

— Подождите... — Баркалов побледнел. — Вы хотите сказать?...

— Да, эта установка позволила нам заглянуть в предшествующий цикл, в окрестности соответствующей пространственно-временной точки. Мы пытались сканировать по всем координатам, но аппаратура еще не совершенна и образы получались неясными и расплывчатыми. Однако кое-что увидеть все же удалось.

— И это?..

— А откуда бы я иначе узнал, что вы собираетесь уезжать, да еще поездом и в южном направлении?

— И вы можете показать мне видеозапись? — тихо спросил Баркалов.

— Может быть, не стоит? Не так уж приятно видеть... Ну, вы меня понимаете.

— Нет, — твердо сказал Баркалов, — я должен увидеть.

— Хорошо, — устало отозвался Матвеев. — Тогда смотрите на экран. — Он нажал кнопку на пульте

Матовая поверхность экрана заполнилась клубящимся голубовато-розовым туманом. Потом он рассеялся и перед Баркаловым открылось окно в другой мир...

Баркалов узнал здание института, конференц-зал, в котором происходило какое-то совещание, среди сидящих за столом на сцене смутно угадывались знакомые лица. Потом изображение начало стремительно сдвигаться и стало невозможно что-либо различить. Когда же экран вновь прояснился, на нем замелькали горы, затем равнина — по железнодорожному полотну шел поезд. Эти кадры вновь сменились горным пейзажем, но вдруг экран перечертила стремительная лавина обвала. Гигантские глыбы, сметая все на пути, катились вниз, увлекая за собой новые обломки. На какое-то время светящуюся поверхность экрана заполнили помехи, а когда они прекратились, возникла страшная картина железнодорожной катастрофы, точнее, ее последствий: исковерканные, взгромоздившиеся друг на друга вагоны, разрушенная насыпь, тут и там тела погибших. Изображение укрупнилось и стали видны лица лежащих на земле людей...

Матвеев нажал другую кнопку и изображение замерло в неподвижности. Баркалов чуть ли не вплотную приблизил лицо к экрану. В самом центре кадра он увидел себя. Двойник Баркалова, безжизненно раскинув руки, лежал у края насыпи, придавленный свалившимся набок вагоном.

— Когда это... было? — с трудом выдохнул Баркалов, тут же осознав всю парадоксальность и нелепость своего вопроса.

Однако Матвеев невозмутимо ответил академическим тоном:

— Порядка тридцати-сорока миллиардов лет назад.

— Значит, я уже существовал? — спросил потрясенный Баркалов.

— И вполне возможно, что даже несчетное число раз.

Хотя Баркалов и был чистым математиком, привыкшим оперировать самыми невероятными абстракциями, сейчас он никак не мог прийти в себя. Может быть, именно потому, что в данном случае заведомо абстрактное неожиданно оказалось неотвратимо и жестко реальным. И еще потому, что это реальное самым непосредственным образом касалось его самого.

Чтобы вновь обрести почву под ногами, ему необходимо было осмыслить ситуацию с разных сторон, постараться увязать ее с привычными представлениями:

— Все-таки очень странно сознавать, что ты уже много раз существовал, много раз жил на Земле. А ведь до сих пор никто из нас ничего подобного никак не ощущал.

— Возможно, это и не совсем так, — возразил Матвеев. — Не исключено, что какие-то сигналы из прошлого до нас все-таки доходили. Но мы не умели в них разобраться.

— М-да, — сказал Баркалов, все еще не освоившись с тем, что узнал. — Следовательно, получается, что я уже несколько раз погибал в железнодорожной катастрофе?

Матвеев неопределенно повел плечами и пробормотал что-то невнятное. На некоторое время наступила тишина. Академик с тревогой следил за Баркаловым. Но тот уже овладел собой настолько, что вновь обрел способность рассуждать:

— В старину люди говорили: от судьбы не уйдешь... чему быть — того не миновать. Выходит, так оно и есть. Мы только повторяем то, что уже многократно происходило, как актеры, разыгрывающие постоянно одну и ту же пьесу?

— Но говорили и другое, — возразил Матвеев. — Если бы знать заранее, что произойдет, многих неприятностей можно было бы избежать. Потому и обращались ко всякого рода оракулам и астрологам. Но, увы, эти люди ничего не могли знать о будущем.

— А теперь, — усмехнулся Баркалов, — появился оракул, способный будущее читать в прошедшем. А вы подумали о том, какой станет наша жизнь теперь, когда мы все будем знать наперед?

— Узнать мы можем далеко не обо всем. Мы способны получить информацию лишь о тех событиях, которые находятся в ближайшей окрестности пространственно-временной точки предшествующего цикла, соответствующей моменту наблюдения. Но кое-что мы в самом деле можем знать теперь заранее.

— А что толку?

— Вы меня удивляете, Баркалов,— сухо отозвался академик. Зная, что поездка на Южном экспрессе угрожает вам гибелью, вы можете взять и не поехать. Очень просто!

— Об этом я не подумал,— признался Баркалов.— А не вызову ли я тем самым какой-нибудь парадокс, который, еще, чего доброго, приведет к гибели Вселенной?

— Дело в том, что в модели, которую мы рассчитали и справедливость которой, как вы могли убедиться, подтверждена экспериментом, поведение мировых линий подчиняется статистическим закономерностям. А где правит вероятность, там, как вы понимаете, возможны значительные отклонения от средних значений.

— Значит, картины эволюции Вселенной в различных циклах не вполне идентичны?

— В известных пределах.

— А вы не пытались выяснить природу этих отклонений? Какие причины их порождают? Флуктуации?

— Случайные возмущения существенной роли не играют. Как показывают расчеты, подобные возмущения, так сказать естественного порядка, довольно быстро «вымирают» со временем.

Сейчас Матвеев говорил нарочито лекторским тоном, словно отвечал на вопросы после какого-нибудь научного доклада. Он явно стремился сделать разговор менее конкретным, чтобы сгладить то ошеломляющее впечатление, которое произвело на Баркалова его сообщение.

— Естественные возмущения? — удивленно переспросил Баркалов.— Простите, не понимаю. А разве могут быть какие-либо другие?

— Как нам удалось выяснить, устойчивые отклонения мировых линий возникают только в тех областях пространства-времени, где происходит резкое уменьшение энтропии, чрезвычайно маловероятное в рамках чисто природных процессов.

— Должно быть, я сильно поглупел за последний час,— усмехнулся Баркалов.— Я все еще не понимаю.

— Я имею в виду, что создавать маловероятные состояния, сопровождающиеся резким уменьшением энтропии в некоторой области, способны только разумные существа. В данном случае — мы с вами.

— Ах вот вы о чем... Иными словами, мне повезло. Благодаря вашей теории и вашей установке у меня появилась возможность спастись?

— Вы уже спаслись, — улыбнулся Матвеев, показывая на часы. — Экспресс ушел двадцать семь минут назад.

Баркалов вскочил:

— Ушел?.. Но Ростислав Валерьянович!.. Ведь в поезде люди!

Матвеев побледнел и изменился в лице.

— Представьте себе, об этой стороне я просто не подумал. В голову не пришло — все мысли были сосредоточены на вас.

— Вы можете обозначить район катастрофы?

— С точностью до трехсот километров в поперечнике. Смотрите на карту — центр зоны в районе тридцать седьмого разезда.

— Мы можем успеть!

— Сергей Николаевич, — распорядился Матвеев, — садитесь быстро в машину и — на вокзал к главному диспетчеру! А я попытаюсь воспользоваться нашими каналами связи...

Пока Баркалов добирался до главного диспетчера, прошло еще не менее получаса. По дороге он решил, что ничего о циклических моделях говорить диспетчеру не станет, ведь неподготовленному человеку с ходу осмыслить нечто подобное совершенно невозможно. Поэтому он просто сказал, что в их институте получен прогноз очень сильного горного обвала в районе прохождения Южного экспресса, и попросил во избежание катастрофы задержать на некоторое время поезд, пока он не достиг опасного района.

Главный диспетчер пожал плечами:

— Мне уже звонил по этому поводу ваш академик, но уверяю вас, тревога совершенно напрасна. Трасса проложена на заведомо безопасном расстоянии от горных массивов. Взгляните на карту.

«В самом деле, — удивленно подумал Баркалов, — ни один обвал не способен преодолеть подобное расстояние».

— А что сказал академик? — осведомился он.

— Обещал обратиться к высокому начальству. Но пока никаких распоряжений не поступало. Да если бы и поступили...

— Что же тогда?

— Видите ли, с Южным экспрессом у нас нет телеметрической связи. Его ведет запрограммированный автомат — трасса простая. Так что никаких команд мы все равно передать не можем.

— Но как же так?

— Уверяю вас, система абсолютно надежная. За двенадцать лет ни одной даже самой незначительной аварии. Возможность катастрофы практически исключена.

— А теоретически?

— Ну, разве что разверзнутся небеса...

— А если разверзнутся?

— Вы же знаете, стопроцентной надежности не бывает даже в собственной квартире. Какая-то доля риска остается всегда.

«Я напрасно теряю здесь время,— подумал Баркалов,— надо догонять экспресс на машине. Если как следует поднажать, то я как раз успею настичь его у границы угрожаемой зоны. А там видно будет...»

— Конечно, мы можем послать контрольный вертолет,— продолжал объяснять главный диспетчер,— но и он может лишь осуществить наблюдение. Внешнего управления, как я уже говорил, у этого экспресса нет. Но его компьютер сам способен оценить любую ситуацию...

Однако Баркалов его уже не слушал. Он торопливо вглядывался в висевшую на стене огромную схему железнодорожного пути, стараясь запомнить, как проходит автомобильная трасса. Потом, стремительно сбежав по лестнице, он сел в машину и чуть ли не с места дал полный газ...

Когда до слуха Баркалова донесся грохот отдаленного обвала, он сбавил скорость и прислушался. Стихающие раскаты раздавались где-то впереди и справа от дороги.

— Странно,— подумал Баркалов.— Этот обвал и в самом деле не может причинить железнодорожному полотну никакого вреда — слишком далеко в стороне.

Дорога вильнула, и Баркалову на миг открылась стрела железнодорожного полотна. В синеве сгушавшегося вечернего сумрака он успел заметить вдали три светящихся глаза — огни мчавшегося вдогонку ему экспресса. Экспресса, в котором должен был бы находиться он сам, если бы не все то, что произошло в последние часы...

Баркалов посмотрел вперед — туда, где в вечерней дымке угадывались далекие очертания гор. Местность показалась ему знакомой. И, нажав на педаль, он прибавил скорость.

Теперь Баркалов двигался с таким расчетом, чтобы расстояние между ним и огнями экспресса оставалось неизменным. Если впереди неожиданно возникнет какая-то опасность, у него будет в запасе несколько десятков се-

кунд, и он сможет что-то предпринять. Правда, он даже представить себе не мог, как помочь в подобном случае. Но тревога за людей, находившихся в вагонах поезда и ничего не подозревавших о возможной опасности, гнала его вперед.

Справа мелькнул знак железнодорожного переезда и Баркалову пришлось снизить скорость, а затем и нажать тормоз: путь был прегражден шлагбаумом.

Переезд вел через ветку, отходившую от основной линии вправо, и закрытое положение шлагбаума сразу насторожило Баркалова. Коль скоро по основной линии приближался экспресс, боковое ответвление должно было оставаться свободным. При этих обстоятельствах перекрывший шоссейную дорогу шлагбаум выглядел чем-то противоестественным.

Где-то позади возник нарастающий рокот, и над головой Баркалова, ударив по машине плотной волной воздуха, пронесся вертолет.

— Академик Матвеев действует,— мелькнула мысль. Но тут Баркалов увидел нечто такое, от чего у него похолодело сердце и кровь застучала в висках.

По боковому пути под уклон стремительно катились к переезду три товарных вагона.

— Вот оно! — мгновенно сообразил Баркалов. Где-то там, в горах, обвал разорвал товарный состав и три хвостовых вагона, набирая скорость, мчались теперь к главному пути.

Бросив взгляд на огни приближающегося экспресса, Баркалов с безжалостной отчетливостью представил себе, что произойдет через несколько десятков секунд. Товарные вагоны достигнут основного пути в тот самый момент, когда экспресс будет проходить через развилку. Боковой удар и... в памяти Баркалова возникла телевизионная картинка — беспорядочное нагромождение изуродованных вагонов, тела погибших...

Вот как раз тот исключительный случай, когда автоматика бессильна. Если бы у товарного поезда был локомотив, начиненный электроникой, то, получив сигнал о том, что основной путь занят, он конечно остановился бы. Но оторванные от состава вагоны стали неуправляемыми. А с точки зрения электронной автоматики экспресса — все благополучно: подобная ситуация в ее программе наверняка не предусмотрена...

Вертолет, сделав круг, вернулся и повис над развилкой: видимо, пилот тоже осознал аварийную ситуацию.

— Но с вертолета ничего нельзя сделать,— вспомнил Баркалов слова диспетчера.

А между тем экспресс и товарные вагоны неуклонно сближались. Теперь уже было ясно, что пассажирский поезд проскочить не успеет. Мысли Баркалова лихорадочно метались в поисках выхода...

Решение пришло в тот момент, когда темные силуэты товарных вагонов бесшумно выросли почти перед самым переездом; Баркалов дал газ и машина, отбросив полосатую стрелу шлагбаума, вырвалась на переезд, перегородив путь. Выскочить Баркалов не успел...

Вечернюю тишину разорвал скрежет ломающегося металла. Сминая машину, тяжелые вагоны все же продолжали двигаться. Но скорость была потеряна. И когда вагоны, толкая перед собой остатки того, что еще недавно было скоростным автомобилем, выкатились на главный путь, пассажирский экспресс уже успел пройти. Катастрофа, быть может, повторявшаяся до этого бесчисленное число раз в предыдущих циклах существования Вселенной, на этот раз была предотвращена...

— Баркалов все же погиб,— сказал академик Матвеев на заседании Ученого совета,— но погиб, не покорно подчинившись раз навсегда заведенному ходу событий, а сумев вмешаться в этот ход и изменить его... Он не успел завершить построение разработанной им новой теории. Но ценой своей жизни он сохранил для будущего жизни сотен людей, способных создать во много раз больше, чем может сделать один человек. И еще... Баркалов доказал, что течение явлений подвластно людям и, какие бы события ни произошли в предыдущих циклах, наше будущее зависит только от нас. Так будем же оптимистами!

КРУГОВОРОТ МИРОВ?

И в древнегреческой философии, и в философских системах древней Индии, Китая и Ближнего Востока присутствовала идея «вечного возвращения», «круга времени».

Нечто похожее мы находим и в некоторых современных космологических моделях. В противоположность времени «начинающемуся», рассматривается и вариант с циклическим временем, т. е. временем, замкнутым «само на себя».

«Когда мы говорим, что материя и движение не сотворены и не уничтожимы,— писал Ф. Энгельс,— то мы говорим, что мир существует как бесконечный прогресс... возникает

еще вопрос, представляет ли этот процесс некоторое — в виде больших круговоротов — вечное повторение одного и того же или же круговороты имеют нисходящие и восходящие ветви» (Энгельс Ф. Диалектика природы.— М., 1975, с. 204).

В 1949 г. в Принстонском университете, где работал в то время А. Эйнштейн, известный математик Курт Гедель действительно выступил с докладом «Время в общей теории относительности». В этом докладе он доказывал возможность замкнутых во времени геодезических линий для некоторого класса моделей Вселенной. В переводе на обычный язык это означает, что при некоторых условиях Вселенная может возвращаться к своему исходному состоянию и в дальнейшем в точности повторять раз за разом уже пройденные циклы.

Если бы подобный циклический вариант выполнялся в действительности, то это практически означало бы, что расширение нашей Вселенной в будущем должно смениться сжатием до бесконечно большой плотности. После этого началось бы новое расширение, в процессе которого возникали бы те же самые космические объекты. На каком-то этапе снова образовалась бы и наша Земля, и на ней вновь повторились бы те же самые события и рождались бы те же самые люди, которые проживали бы точь-в-точь ту жизнь, что и их двойники в предшествующем цикле... И так бесконечное число раз.

Альберт Эйнштейн присутствовал на докладе Геделя, однако сейчас нам трудно судить о его подлинном отношении к излагавшимся идеям. На этот счет воспоминания очевидцев в самом деле расходятся. Согласно одним, великий физик в дискуссии по докладу заметил, что изложенные результаты ему не нравятся, согласно другим — он, наоборот, отнесся к идеям Геделя с определенной симпатией.

Много лет спустя известный физик-теоретик С. Чандрасекар вновь подробно рассмотрел модель, предложенную Геделем, и пришел к выводу, что возникающие в ней замкнутые траектории лишены физического смысла. Однако при этом Чандрасекар использовал метод «физически разумного» выбора, а подобный метод всегда связан с произвольными интуитивными допущениями.

Но, в конце концов, дело даже не в том, верна или неверна модель, предложенная Геделем. Судя по всему, она все-таки неверна. Ведь эта модель — только специальный частный случай. Между тем существуют и другие модели,

которые удовлетворяют уравнениям теории относительности и также содержат замкнутые линии времени.

Тот факт, что ситуация с возвращением в прошлое, описанная Геделем, невозможна в предложенной им модели (таково мнение Чандрасекара), не исключает вообще подобной возможности в рамках общей теории относительности. Хорошо бы, конечно, доказать для общего случая невозможность замкнутых временноподобных геодезических линий, но пока можно сказать только, что частный пример, приведенный Геделем, оказался неверным...

Иными словами, из того, что циклические возвращения Вселенной к прошлому невозможны в специальной модели, предложенной Геделем, еще не следует, что вообще не может существовать мир с замкнутыми линиями времени. Но то, что это действительно так, еще надо доказать...

Разумеется, фантастическая космологическая ситуация, сконструированная в рассказе, в значительной степени условна. Если бы даже Вселенная в самом деле периодически проходила через состояния с одинаковыми начальными условиями, то все равно совершенно одинаковые конкретные ситуации практически не могли бы повторяться. Такие повторения возможны лишь с точки зрения классической физики XIX столетия, сводившей все бесконечное многообразие мировых явлений к чисто механическим процессам, к «железной» связи причин и следствий. Однако наука XX века убедительно показала, что важнейшую роль в движении материи играют случайные события. Они не способны изменить общей направленности эволюции материи, но благодаря им конкретные ситуации, возникающие в ходе этой эволюции, могут существенно различаться даже в том случае, когда исходными пунктами развития были абсолютно одинаковые физические состояния.

Это относится не только к неживой природе, но и к деятельности разумных существ. Кстати, в рассказе таким случайным отклонением от «стандартного» хода событий явились действия его главного героя — физика Баркалова, существенно повлиявшие на «конечный результат».

«ПЕРЕВОРОТ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ» (научная фантастика)

Маленький диск Солнца опустился совсем низко над горизонтом и, как всегда, сделался красновато-фиолетовым. Для земного человеческого глаза все на этой планете выглядело неестественным. Но хуже всего были эти красновато-фиолетовые закаты, наводившие тоску...

Впрочем, Клея все это нисколько не угнетало. За два года первого в своей жизни космического дежурства он еще не успел утратить интерес к необычному.

Клей медленно переступал по тропинке, поднимавшейся к базовому домику. В руках он нес небольшой темный шар, размером чуть больше бильярдного...

Наконец Клей добрался до крыльца и тяжело поднялся по ступенькам. Отдуваясь, словно после трудной работы, он прошел во внутреннюю комнату, прикрыл за собой стальную дверь и опустил шар на пол.

Шар зазвенел жалобно и протяжно.

Ферри зашевелился на своей койке.

— Опять притащил какую-то дрянь? — лениво протянул он, не поворачивая головы.

— Да ты только взгляни!.. — восторженно сказал Клей. — Такой маленький, а весит килограммов двадцать пять, а то и все тридцать.

— И как тебе не надоест копаться в этом хламе, — все тем же безразличным тоном заметил Ферри, продолжая лежать лицом к стене.

— Хлам?.. — возмутился Клей. — Ведь это оставили они!

— Все это давным-давно исследовано, — скучным голосом протянул Ферри. — Без нас...

— А может быть, не все?

— Господи, — проворчал Ферри. — Что за человек.

Он кряхтя повернулся и спустил ноги на пол:

— Ну...

Клей присел на корточки и ласково провел по шару рукой, словно гладил котенка.

Шар и в самом деле выглядел необычно. Он был сделан из какого-то странного материала, не похожего ни на металл, ни на полимеры, и казался прозрачным, но в то же время нельзя было разглядеть, что у него внутри. Поверхность шара странно мерцала и поблескивала, на ней проступали и исчезали туманные узоры.

— Видишь?

— Ну и что? — невозмутимо пожал плечами Ферри. — Шар как шар.

— Станный ты все-таки парень, Ферри, — Клей наморщил лоб, и его густые темные брови сомкнулись над переносицей. Это был верный признак, что он начинает злиться. — Тебя ничем не проймешь, не удивишь...

— А разве в мире осталось еще что-нибудь удивительное? — ухмыльнулся Ферри. — Тем более здесь, на этой забытой богом планете, откуда и местные-то жители давным-давно смотались...

Клей хмыкнул.

— Нет, все давным-давно разложено по полочкам, — вздохнул Ферри. — Никаких загадок. Никаких сенсаций... Ничего такого, что могло бы встряхнуть воображение.

— Рискованная философия, — пробурчал Клей, — можно попасть в пиковое положение.

— Говоря откровенно, сейчас меня интересует одно, — отрубил Ферри, — сколько дней нам еще осталось...

Клей сладко потянулся, разведя руки в стороны и вверх:

— А мне здесь нравится...

— Когда-то и я был таким, — согласился Ферри. — Хотел бы я взглянуть на тебя после пятой вахты. Все осточертеет...

— Нет!

— Ну хорошо, хорошо, — примирительно сказал Ферри. — Прячь свой шар, и пора ужинать.

Клей примерился и носком ботинка легонько подтолкнул шар к углу комнаты, где уже громоздилась целая куча всякой всячины. Но шар вдруг издал свистящий звук и, описав на полу несколько неожиданных замысловатых зигзагов, стремительно нырнул под койку. Ферри в два прыжка очутился у двери.

— Идиот, — набросился он на Клея. — А если это мина?

— Не похоже, — невозмутимо сказал Клей.

— Черт его знает, — проворчал Ферри, с опаской поглядывая на койку, из-под которой все еще доносилось

шипение и странное потрескивание.— Что теперь прикажешь с ним делать?

— Когда я его нашел, он сначала тоже так шипел. А потом ничего, успокоился.

Шипение постепенно затихло.

— Ну вот что,— решительно сказал Ферри.— Ко всем чертям. Уж ты как хочешь, но я сейчас же отнесу его в хранилище. Так-то будет спокойней.

Он подошел к койке, опустился на колени, осторожно протянул руку и взялся за шар.

Ничего не произошло. Тогда Ферри потянул шар к себе. Но тот словно прирос к полу.

— Что за дьявольщина!

— Он не хочет в хранилище,— усмехнулся Клей.

Словно в ответ на его слова, шар вдруг сорвался с места, проскочил под рукой у Ферри, подкатился к ногам Клея, несколько раз, как бы ласкаясь, потерся о его ботинок и опять юркнул под койку.

— Слушай, Ферри,— раздумчиво спросил Клей,— а что если это...

— Что?

— Что если он... разумный?

— Ерунда. Обитатели этой планеты были двуногими и двурукими — как человек. Это точно установлено.

— Мне кажется, он что-то понимает... Лучше оставь его в покое.

— Ну, ладно,— сдался Ферри.— Пусть его...

Он стал собирать ужин, время от времени бросая тревожные взгляды в сторону койки. Но шар вел себя тихо.

— Что у нас сегодня? — поинтересовался Клей, подсаживаясь к столу.

— На первое — блюдо тринадцать дробь три,— начал Ферри,— на второе...

Клей страдальчески сморщился.

— Опять тебя потянуло на эту чертову дюжину...

— А ты что — суеверный? — спросил Ферри.— Самый изысканный деликатес.

— Побойся бога, Ферри. Ведь мы едим эту дробь через день: как только твое дежурство.

— Бифштексов захотел? Да еще, чего доброго, с кровью?

Клей мечтательно закатил глаза.

— Полгалактики за кусок мяса...

— Знаешь что,— начал Ферри, но вдруг поперхнулся и, не мигая, уставился на стол.— Что за дьявольщина!..

Клей тоже взглянул на стол и вскочил, с грохотом уронив табурет.

Пред ним на тарелке, распространяя дразнящий запах, лежал огромный кусок мяса с аппетитной румяной корочкой.

Клей медленно протянул руку и указательным пальцем осторожно дотронулся до загадочного бифштекса.

— Мясо...

— Чепуха. Откуда здесь может быть мясо?

— Не знаю,— сказал Клей,— но это мясо.

Он вытащил складной нож и, придерживая бифштекс левой рукой, аккуратно отпилил небольшой ломтик. По срезу засочилась розовая жидкость, Клей подцепил отрезанный кусок кончиком ножа и поднес ко рту. Осторожно откусил. Перебросил языком от щеки к щеке и с сосредоточенным видом принялся жевать...

— Мясо, черт побери! — завопил он. — Настоящее мясо!

Ферри, настороженно наблюдавший за ним, усмехнулся:

— Мясо? Проклятая планета. Для полного счастья нам только галлюцинаций не хватало.

— Какие к черту галлюцинации,— огрызнулся Клей,— говорю — бифштекс. И отличнейший. Да разве сам ты ослеп... не видишь?

— Ну, вижу... Что с того? Обман зрения. Ничего другого и представить нельзя.

— Ах, обман? Ну, тогда пощупай.

Клей протянул нож, на конце которого розовел кусок бифштекса.

Ферри поморщился, но все же несколько раз осторожно потрогал мясо двумя пальцами.

— Теперь чувствуешь? — спросил Клей.

— Чувствую. Ну и что? Где гарантия, что все это не галлюцинация?

— Я сейчас затолкаю его в твою пасть,— разозлился Клей.

Но Ферри уже и сам снял мясо с ножа. Он долго жевал, причмокивая и время от времени переводя дыхание.

— Убедился?

Ферри пожал плечами:

— В чем? А что я, собственно почувствовал: горячее на языке, вкус мяса, но ведь и то и другое — всего только мои ощущения: нет никакого мяса, нет!

Клей рассмеялся.

— Ну и прекрасно, старина. Мне больше достанется.

Он придвинул табурет к столу и энергично принялся за таинственный бифштекс. Ферри тоже присел рядом и, недовольно бормоча что-то про себя, не менее деловито приступил к своему любимому «тринадцатому».

— Это было прекрасно,— сказал Клей, покончив с бифштексом.

— На твоём месте я бы не забыл и о тринадцатом.

— Зачем? — удивился Клей.— С меня достаточно.

— Да затем, что иллюзии, если и съедобны, то уж во всяком случае малокалорийны.

Клей с сожалением посмотрел на Ферри:

— Ты все еще считаешь этот кусок мяса иллюзией?

— Разумеется. А чем же ты еще прикажешь ему быть?

— Ты сам сказал — иллюзии не могут служить пищей.

А я сыт.

— Сытость — тоже ощущение. И потому может быть обманчивой.

— Но бифштекс-то был вполне реален.

— Значит, ты веришь в бога? — спросил Ферри.

— При чем тут бог?

— А как же иначе? Ведь только что на наших глазах произошло чудо. Из ничего возник кусок мяса. Мистика.

— Какая там мистика. Ты тут, видно, так одичал, что забыл об Эйнштейне.

— При чем здесь Эйнштейн?

— Пре-ле-стно... А при том, что масса зависит от скорости. Из двух частиц, если их хорошенько разогнать, можно изготовить целую галактику,— не то что бифштекс.

— Предположим,— устало согласился Ферри.— Но где ты слышал, чтобы атомы сами собой складывались в хорошо поджаренный бифштекс? Вероятность такого события — десять в какой-нибудь минус стотысячной степени. Практически — нуль.

— Ты прав, конечно, если не учитывать, что бифштекс возник именно таким, каким я его себе представил.

— Великолепно! Значит бог — ты?

— Черт возьми! — захохотал Клей.— Ты сделал потрясающее открытие. Впрочем, богу не пристало упоминать черта.

— Ничего. В твоей власти отпустить себе грехи.

— И то правда. Вот только я не умею делать чудеса.

— А ты попробуй,— усмехнулся Ферри.

— И попробую,— беспечно сказал Клей.— Что бы такое придумать? — он огляделся.

— Не все ли равно,— Ферри развалился в кресле, которое стояло в углу комнаты, и закинул ногу на ногу. Как обычно после ужина, на него снизошло благодушное настроение.— Тому, кто способен творить чудеса, безразлично, что именно сотворить... Сотворить или уничтожить...

— Постой,— подхватил Клей,— а это идея!

Он хитро прищурился и посмотрел на Ферри:

— Ну что ж, попробуем. Пусть кресло, на котором ты сейчас сидишь, перестанет существовать...

Ничего не случилось.

— Ну что же ты,— засмеялся Ферри,— горе-чудотворец...

Он осекся и беспокойно заерзал, ибо с креслом стало происходить что-то странное. Оно неправдоподобно изогнулось, словно в мультипликационном фильме, вскинуло ножками, как норовистая лошадь, и стало таять...

— Эй,— завопил Ферри, но было поздно. Кресло окончательно растворилось, и он грохнулся на пол.

— Вот так штука...— протянул Клей.

— Что за дурацкие шутки? — рассвирепел Ферри, потирая ушибленный локоть.

Клей уже пришел в себя.

— А разве что-нибудь случилось?

— Он еще спрашивает...

— Ах, ты упал, ударился... Но ведь это всего лишь твои ощущения...

— Ты это мне брось...— начал было Ферри, но, взглянув на то место, где только что стояло кресло, умолк.— Черт знает, что такое...

— Так,— удовлетворенно заметил Клей и уничтожил стол.

Ферри только хмыкнул.

Клей уже вошел во вкус. Вслед за столом он уничтожил один табурет, потом второй, потом тумбочку, потом снова создал табурет.

— Стой,— закричал Ферри.— С меня хватит.

— А что? — осведомился Клей.

— Ты начисто лишен фантазии, вот что... Уничтожил — создал, создал — уничтожил... словно ребенок. Это, наконец, становится скучным.

— В каждом из нас живет ребенок,— сказал Клей.

— И все же ты мог бы придумать что-нибудь поинтересней.

— Всю жизнь я мечтал о волшебной палочке,— не слушая его продолжал Клей.— А теперь она, кажется,

у меня появилась, но я, как назло, ничего не могу придумать... В детстве у меня таких игрушек не было.

— Кому игрушки,— пробурчал Ферри,— а кому...

— И что же говорит твоя милая логика? — не унимался Клей.— Произошло нечто противоречащее всем законам — не так ли? Но если все законы уже известны, как утверждают некоторые, то придется признать, что существует «нечто», стоящее выше законов. Что скажешь?

— Скажу, что ты прав,— хмуро произнес Ферри.

— Что?..— поразился Клей.— Неужели ты это всерьез?

— Мне не до смеха, Клей.

— Чепуха,— отрезал Клей.— Просто какой-то новый парадокс.

— Хорошенький парадокс... Клей — чудотворец?.. Может быть, напишешь формулу? Нет, все! Возвращаюсь на Землю и становлюсь миссионером. Буду летать по планетам и рассказывать о чудесах... А тебя возьму как наглядное пособие.

— А что! — подбоченился Клей.— Уж я тебя не поспрамлию. Но только придется тебе пореже поминать черта.

— Может быть, в черте все и дело. Откуда ты знаешь?

— Не знаю,— согласился Клей.— Знаю только, что у меня это неплохо получается.

— Между прочим, как ты это делаешь?

— Очень просто — стараюсь представить себе поотчетливее то, чего хочу. Зримо. Вот и все.

— О черт! — вдруг вскрикнул Ферри.— Смотри!

Клей оглянулся. Шар лежал у самой стены, там, где только что была койка. Он раздулся до размеров футбольного мяча и напряженно пульсировал, светясь изнутри мерцающим изумрудным светом.

Клей приблизился к шару и наклонился над ним.

— Твоя работа? — спросил он.

Изумрудный цвет мгновенно перешел в рубиновый. Шар оторвался от пола, подпрыгнул метра на полтора вверх, едва на задев Клея, на мгновение неправдоподобно завис в верхней точке, а затем опустился вниз и снова позеленел.

— Как это понимать? — растерянно спросил Клей.

— Должно быть, нечто вроде подтверждения,— предположил Ферри.

— Впрочем, с тем же успехом это может быть и отрицание.

— М-да... — протянул Клей, продолжая задумчиво смотреть на шар.— Впрочем,— оживился он,— есть идея!

Клей подошел к шару почти вплотную.

— Если это «да», — произнес он раздельно, — то пусть исчезнет...

Клей огляделся, но благодаря его стараниям комната почти опустела. На мгновение его взгляд задержался на Ферри. В глазах Клея мелькнули озорные огоньки.

— Ну, ну, — не на шутку испугался Ферри.

— А что? — невинно произнес Клей. — Потом я «сотворю» тебя снова.

— Сотворишь... Таким, каким ты меня представляешь. Но это будет уже совсем не тот Ферри. Нет уж, уволь.

— Так и быть, — милостиво согласился Клей. — Тогда, — он снова повернулся к шару. — Если это было «да», — пусть опять будет стол.

Стол возник в ту же секунду.

— Теперь, — сказал Клей, — осталось выяснить, что представляет собой «нет»... А потом можно будет сыграть в игру, которой я увлекался в детстве: отгадывать, когда тебе отвечают только «да» или «нет».

— Выяснить не сложно, — заметил Ферри. Он пересек комнату и встал рядом с Клеем.

— Как будет обозначено «нет»? — спросил он, глядя на шар.

На этот раз шар остался на месте, но его изумрудный цвет перешел в яично-желтый.

— Что это было? — спросил Ферри, обводя рукой широкий полукруг в воздухе. — Волшебство?..

Яично-желтый цвет сделался еще более ядовитым.

— Видишь? — сказал Клей. — А ты еще сокрушался, что в мире не осталось ничего неизвестного... Обитатели этой планеты знали больше, чем мы с тобой.

— Подожди, — отмахнулся Ферри и снова повернулся к шару. — Значит, есть законы природы, которые нам, вот ему и мне, земной науке — еще не известны?

Шар резко покраснел.

— И все, что здесь только что происходило, подчинялось этим законам?

Шар замигал рубиновым светом.

— Прощай, миссионерство! — засмеялся Клей. — Придется тебе еще раз повернуться спиной к самому себе и заняться сокрушением современной физики.

— Не паясничай, — поморщился Ферри. — Лучше подумай о том, как нам добыть всю ту информацию... Могли бы мы получить соответствующую информацию? — обратился он к шару.

Шар пожелтел.

— Неправильно ставишь вопрос, Ферри,— заметил Клей.

— Ты прав, Клей, это не вопрос, скорее разочарование.

— А я, кажется, понимаю. Его так запрограммировали те, кто жил здесь раньше.

— Спасибо за пояснение — до этого я и сам как-нибудь додумался бы. Но почему? Почему они не захотели ни с кем делиться своими знаниями?

— Может быть, законы природы нельзя дарить в готовеньком виде, их надо выстрадать самим.

— Зачем же тогда вся эта фантазмагория? — произнес Ферри.

— Не знаю... Возможно, затем, чтобы разбить нашу привычку все абсолютизировать. Твою привычку...

— Придется взять его с собой на Землю. Там разберемся,— сказал Ферри.

Шар снова засветился желтым светом.

— Он не хочет на Землю,— заметил Клей.

— Что значит — не хочет? В конце концов это только машина.

Желтый свет стал ослепительным.

Ферри сделал шаг по направлению к шару.

Шар затрепетал, словно птица, попавшая в силки.

— Берегись, Ферри,— закричал Клей.

— Плевать я хотел! — Ферри протянул руку.

В то же мгновение желтый свет погас. Шар сорвался с места, проскользнул между Клеем и Ферри, рванулся к закрытой двери и, беспрепятственно пройдя сквозь нее, исчез.

Клей и Ферри растерянно посмотрели друг на друга. потом на оставшуюся невредимой дверь.

— Черт знает что,— пробормотал Ферри.— Двадцать сантиметров титановой стали!

Клей уже пришел в себя.

На его месте я поступил бы точно так же,— задумчиво сказал он.

М-да... — Ферри вздохнул.— Так мы ничего и не узнали.— Он почему-то улыбнулся.— Ну что же, переворот в физике откладывается.

— Ошибаешься, узнали,— возразил Клей.— И немало.

— Ты о чем?

— Мы узнали, что этот переворот неизбежен. А это уже кое-что.

Конечно не следует понимать этот рассказ в том смысле, что в природе возможны любые, даже самые невероятные события и явления, любые чудеса, и наука в будущем сможет объяснить даже то, чего не может быть никогда.

Речь идет о другом. Окружающий нас мир бесконечно разнообразен и неисчерпаем. И на любом уровне развития науки в нем будут существовать явления, еще не изученные человеком. Явления, само собой разумеется, не противоречащие естественным объективным законам природы — уже открытым или еще не открытым.

Любой уровень наших знаний — относителен. И поэтому путь научного исследования окружающего нас мира, по меткому выражению академика АН Эстонской ССР Г. И. Наана — дорога без финиша!

Вселенная — сокровищница знаний! Ее изучение уже принесло человеку немало новых удивительных, неожиданных открытий. Но чем шире круг наших знаний, тем больше и линия соприкосновения с неизвестным, тем выше вероятность поразительных сюрпризов, несущих нам новое знание.

Однако это знание не приходит само собой. Его добывают люди в процессе напряженной научной деятельности. Деятельности, отвечающей практическим потребностям земной цивилизации, насущным задачам человеческого общества. Мы изучаем окружающий мир не как попало, не хаотически, а выделяем в процессе научного исследования те явления, познание которых необходимо для достижения наших практических целей.

Не исключено, что во Вселенной в самом деле существуют высокоразвитые цивилизации, обогнавшие нас в своем развитии и располагающие более глубокими знаниями о мире. Однако мы не можем и не должны связывать наше будущее с фантастическими надеждами на обмен информацией с другими разумными обитателями Вселенной. Потому ли, что мы не сможем понять друг друга или может быть потому, что инопланетных цивилизаций вообще не существует, подобные надежды могут оказаться несбыточными.

Уровень развития, достигнутый земной цивилизацией, величайшие успехи в познании мира, в развитии техники и технологии не оставляют сомнения в том, что человечество при соответствующих социальных условиях способно самостоятельно решать самые сложные и трудные задачи, решать без какой-либо помощи извне.

События, происходящие в астрономии во второй половине XX столетия, лишний раз убеждают нас в этом. Последние десятилетия не только принесли с собой новые методы исследования небесных явлений, в частности космическую технику, и превратили астрономию во всеволновую науку, но и весьма существенным образом изменили наши представления о физике Вселенной и характере происходящих в ней процессов.

В начале века и сама Вселенная и населяющие ее небесные тела за очень редкими исключениями представлялись почти неизменными, стационарными; считалось, что космические объекты эволюционируют чрезвычайно медленно, плавно, постепенно переходя от одного стационарного состояния к другому стационарному состоянию.

Однако XX век внес в эти представления кардинальные изменения. Прежде всего оказалось, что мы живем в нестационарной расширяющейся Вселенной. Затем были открыты нестационарные явления, сопровождающиеся выделением колоссальных количеств энергии, мощными взрывными процессами. Стало ясно, что не только вся Вселенная изменяется с течением времени и ее прошлое не тождественно ее настоящему и будущему, но буквально на всех уровнях существования материи протекают нестационарные процессы, происходят качественные превращения материи, совершаются глубокие качественные скачки.

В соответствии с этим изменилась и главная задача современной астрофизики: она превратилась в эволюционную науку, изучающую не только современное состояние космических объектов, но и закономерности их происхождения и развития. Знание этих закономерностей позволяет прогнозировать будущее состояние планет, звезд, галактик и других космических тел, что имеет не только большое научное, но и огромное практическое значение.

Астрономические открытия XX столетия принесли с собой совершенно новое видение астрономического мира: на смену картине неизменной, стационарной Вселенной пришла картина эволюционирующей Вселенной — не только расширяющейся, но и буквально «взрывающейся». Это обстоятельство дает все основания рассматривать события, происходящие в науке о Вселенной в текущем столетии, а также сопутствующую им радикальную перестройку системы знаний о Вселенной как очередную революцию в астрономии.

Эта революция вошла в качестве существенной составной части в развернувшуюся во второй половине текущего столетия научно-техническую революцию, охватившую почти все области современной науки и их практические приложения.

В настоящее время можно считать, что революция в астрономии, происходившая на наших глазах, близка к завершению. Но это вовсе не означает, что существенно важных открытий в науке о Вселенной больше не будет. Они будут обязательно!

Новые данные о космических явлениях продолжают стремительно накапливаться как в результате наземных оптических и радиоастрономических наблюдений, так и благодаря исследованиям, которые ведутся с помощью космических аппаратов и орбитальных станций. И среди них есть такие, которые, по-видимому, уже открывают совершенно новые, до этого неведомые нам страницы бесконечно разнообразной «книги Вселенной».

Так, например, в мировом пространстве обнаружены весьма значительные по масштабам области, внутри которых галактики, представляющие собой основные структурные единицы Вселенной, по-видимому, отсутствуют. В результате специальных расчетов, проведенных на основе данных астрономических наблюдений с помощью электронно-вычислительных машин удалось установить, что галактики, которые входят в состав больших скоплений — сверхскоплений, расположены главным образом по «стенкам» своеобразных ячеек, гигантских «сот», напоминающих пчелиные. Протяженность каждой стороны такой ячейки — около 100 млн. световых лет. В настоящее время уже известно несколько подобных «пустот», в том числе весьма внушительных размеров.

Так, например, астрономы обнаружили свободную от звезд и галактик область с поперечником около 300 млн. световых лет. Они изучили распределение звездных островов вдоль трех близко расположенных прямых линий, направленных в глубины Вселенной. В результате такого зондирования обнаружилось, что по избранным направлениям вплоть до расстояний порядка 500 млн. световых лет и начиная с расстояний около 800 млн. световых лет галактики расположены достаточно густо. Но в промежутке между этими отметками ни одной галактики как будто зарегистрировать не удалось.

Для окончательного уточнения распределения в пространстве Вселенной космических систем предстоит огром-

ная работа, в частности, по определению положения десятков тысяч далеких галактик. Но перспективы весьма заманчивы — полученные данные будут иметь очень важное значение для решения многих фундаментальных проблем современной астрофизики, в том числе для выяснения вопроса о происхождении галактик.

Между прочим, наличие во Вселенной «пустот», о которых идет речь, хорошо соответствует гипотезе происхождения галактик, разрабатываемой в настоящее время академиком Я. Б. Зельдовичем и его сотрудниками.

Изучение пространственной структуры Вселенной тесно связано с измерением расстояний до далеких космических объектов. В этом направлении также намечаются интересные возможности. Они возникли благодаря развитию рентгеновской астрономии. Дело в том, что одним из источников космического рентгеновского излучения является горячий разреженный межгалактический газ, заполняющий пространство между галактиками в скоплениях этих звездных систем. В рентгеновском диапазоне скопления межгалактического газа выглядят как протяженные туманности.

Исследования показали, что электроны межгалактического газа взаимодействуют с реликтовым излучением. В связи с этим открывается возможность путем сравнения данных наблюдений в рентгеновском и радиодиапазонах определять не только угловые, но и абсолютные размеры рентгеновских туманностей. А если известны истинные и угловые размеры какого-либо удаленного объекта, то расстояние до него можно вычислить с помощью простых тригонометрических методов.

Не исключена, таким образом, возможность, что облака межгалактического газа послужат долгожданными эталонами для измерения космических расстояний.

Вообще дальнейшее развитие астрономических исследований с борта космических аппаратов открывает весьма заманчивые перспективы. Мы уже говорили о том, какую важную роль для развития наших представлений об эволюции Вселенной играет определение величины средней плотности материи. Существенный вклад в решение этой проблемы могут внести заатмосферные исследования в инфракрасном и рентгеновском диапазонах электромагнитных волн.

Но в принципе есть возможность и прямого определения средней плотности материи — по величине поля тяготения. Любой протяженный космический объект,

например галактику, мы видим под некоторым углом. И величина этого угла зависит от расстояния: чем дальше расположен наблюдаемый объект, тем этот угол меньше. Если в пространстве между наблюдателем и наблюдаемым объектом имеется материя, то согласно общей теории относительности должно происходить искривление световых лучей. По его величине можно оценить количество материи в пространстве между наблюдателем и объектом. Но для того, чтобы вычислить среднюю плотность исходя из этих данных, надо еще уметь точно измерять расстояние до далеких галактик. Об одной возможности решения этой задачи мы только что говорили. Но существует и другой путь: измерение расстояний с помощью радиотелескопов, выведенных на космические орбиты и разнесенных достаточно далеко друг от друга. В настоящее время, после эксперимента с развертыванием радиотелескопа КРТ-10 на советской орбитальной станции «Салют-6», техническая осуществимость подобных исследований представляется вполне реальной.

Происходит стремительное накопление новых материалов астрономических наблюдений, новых фактов. И складывается впечатление, что это количественное накопление вот-вот должно вызвать очередной качественный скачок в наших знаниях о Вселенной, в понимании физики космических процессов. Возможно, ждать его осталось недолго.

Виктор Ноевич Комаров

НОВАЯ ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

Редактор *И. Е. Рахлин.*

Технический редактор *С. Я. Шкляр.*

Корректор *Н. Б. Румянцева.*

ИБ № 12257

Сдано на фотонабор 07.06.82. Подписано к печати 02.12.82. Т-20952.
Формат $84 \times 108^{1/32}$. Бумага тип. № 2. Литературная гарнитура.
Высокая печать. Условн. печ. л. 10,92. Уч.-изд. л. 12,22. Тираж
200 000 экз. Заказ № 221. Цена 35 коп.

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы

117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена
Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техни-
ческая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Го-
сударственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли.

198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

35 коп.

