



П. Р. АНКУЭРЪ

ЗАГАДКИ  
ДЛЯ

ЭНТОЛОГОВ

ИСТОРИЯ  
ОТКРЫТИЯ  
И ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПУЛЬСАРОВ

## Предисловие

Прогресс любой из естественных наук определяется главным образом развитием техники. Именно благодаря быстрому развитию техники в последние несколько десятилетий удалось решить большое число научных проблем, волновавших людей на протяжении многих веков. Подчас те или иные технические новшества приводят к поистине революционным преобразованиям науки. В истории астрономии, обсуждению одной из страниц которой посвящена данная книга, можно выделить две такие революции. Первая произошла более трехсот лет назад и связана с началом использования оптических телескопов для проведения астрономических наблюдений. Вторая же началась около полувека назад, когда впервые удалось выйти за пределы оптического диапазона частот электромагнитных волн и зарегистрировать космическое радиоизлучение. Эта революция, заметно ослабевающая, продолжается сейчас. Вызвана она созданием высокочувствительных приемников излучения в различных диапазонах частот, а также возможностью выноса телескопов за пределы земной атмосферы, непрозрачной для инфракрасного, жесткого ультрафиолетового и более высокочастотного излучения.

В настоящее время с помощью десятков и сотен телескопов, установленных как на Земле, так и на космических аппаратах, находящихся за пределами земной атмосферы, ведутся непрерывные наблюдения Вселенной в радио-, субмиллиметровом, инфракрасном, оптическом, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, а также в диапазоне жестких и сверхжестких гамма-лучей. Интервал частот регистрируемого сейчас космического электромагнитного излучения огромен. Он простирается от 10<sup>7</sup> герц (длинноволновое радиоизлучение) до 10<sup>27</sup> герц (сверхжесткое гамма-излучение). Для сравнения отметим, что внутри оптического диапазона частота излучения меняется лишь в 2 раза, то есть оптика является ничтожно узкой «щелью» внутри всего интервала частот электромагнитных волн, в котором ведутся сейчас исследования Вселенной.

Всеволновый характер современной наблюдательной астрономии привел к открытию целых классов новых астрономических объектов. К их числу относятся квазары, пульсары, мощные галактические источники рентгеновского излучения, источники сильных всплесков гамма-излучения с длительностью от долей секунды до нескольких десятков секунд. Некоторые из этих объектов (например, подавляющее число пульсаров) не удается даже наблюдать в оптическом диапазоне частот. Природа некоторых из обнаруженных за последние несколько десятилетий астрономических объектов (например, квазаров) до сих пор остается интригующей загадкой.

В этом отношении больше «повезло» пульсарам, природа которых была понята очень быстро. Так, уже через несколько месяцев после их открытия стало ясно, что пульсары — это нейтронные звезды, о которых много говорили и спорили астрономы на протяжении примерно тридцати лет. Открытие пульсаров позволило ответить на большое число вопросов о конечных стадиях эволюции звезд, взрывах Сверхновых звезд и активности газовых оболочек, сброшенных при этих взрывах.

Много загадок хранят пульсары. К числу наиважнейших из них относится природа чрезвычайно сильного радиоизлучения, которое, подобно лучу прожектора, узким пучком испускается из пульсара.

В данной книге рассказывается об открытии нейтронных звезд и выяснении той роли, которую они играют при взрывах Сверхновых. Изложение построено в виде детектива. Автор как бы проживает сотни лет, расследуя, что же произошло со вспыхнувшей, а затем погасшей

звездой. Основанием для проведения «следствия» является «заявление» китайского императора о том, что вспыхнувшую звезду кто-то убил, поскольку она очень яркая и затмевает другие звезды и со временем может затмить даже Солнце.

В результате расследования, проведенного автором с участием большого числа ученых разных времен и народов, обнаружены очень интересные астрономические объекты — нейтронные звезды, а также удалось узнать очень многое о судьбе вспыхнувшей звезды. Судьба вспыхивающих звезд, а также детали и методы научного расследования, которое столь успешно закончилось, безусловно, представляют интерес для читателей, увлеченных наукой и научным поиском.

В. В. Усов, доктор физико-математических наук

## Введение

— Душно, — сказал Сын Неба.

Двое слуг почтительно приблизились и, с трудом приподняв плетеное ложе вместе с владыкой, перенесли его в глубь веранды. Здесь было ненамного прохладнее. Над прекрасным городом Кайфыном, столицей Поднебесной империи, повисло дневное марево. Далекие дома терялись в дымке, близкие колебались, будто при землетрясении. Ветра не было. Мыслей тоже.

Голова старого императора Чжао Чженья склонилась на плечо. Сын Неба спал. Неслышно открылась маленькая дверка, и на веранду, тяжело дыша, красный от усилий, которые ему пришлось затратить, чтобы взобраться на верхний этаж, вошел цзайсян

[1]

Инь Чжу. Он повел по сторонам маленькими глазками, увидел спящего императора и скривился в мгновенной усмешке.

— Великий изволит почивать, — сказал он кому-то невидимому в темноте коридора. На свет выступила тщедушная фигурка. Это был Янг Вэй-Тэ — начальник астрономического управления при великой особе императора. Он служил Сыну Неба без малого двадцать лет и хорошо изучил его привычки. Первый министр Инь Чжу лишь недавно возвысился до своего поста — начал он с должности писца.

— Это ты, — сказал старый император Чжао Чжень, отрешаясь то ли от тяжких государственных дум, то ли от дурманящего сна. — Я ждал тебя вечером, Янг Вэй-Тэ. Ты слишком тороплив.

— Никакое стремление быть полезным владыке не может оказаться торопливым или преждевременным, — почтительно сказал Янг Вэй-Тэ.

Взгляд императора стал острым, будто хотел прочесть в мыслях придворного астронома принесенную им новость, прежде чем тот выразит мысль словами. Старый Чжао Чжень испытывал слабость к небесным светилам. Их предначертаниям он верил порой больше, чем идеям своих министров.

— Говори, — приказал император, жестом прогнав с веранды слуг с опахалами и заодно

цзайсяна Инь Чжу, этого выскочку. Министр отступил в темноту коридора без видимого неудовольствия, он уже знал, о чем хочет сообщить начальник астрономического управления. Дверь бесшумно закрылась.

— О великий, — начал Янг Вэй-Тэ, — вот уже четвертый день я наблюдаю небывалое явление на небе, там, где должно находиться созвездие Тьен-Куан, скрытое сейчас от наших взоров светом дня. Сразу после восхода солнца я замечаю на небе звезду-гостью. Она наливаются соком и набухает, подобно созревшему плоду. Цвет ее желтый, но иногда, если смотреть на нее очень долго, кажется красноватым.

— Звезда-гостья видна днем? — недоверчиво спросил император. Он знал, что астроном не лжет, он уже понял, что это — знамение, которого он ждал с начала своего царствования. Все в нем напряглось в ожидании слов, которые сейчас должен произнести Янг Вэй-Тэ.

— Звезда-гостья видна днем, — эхом отозвался астроном. — Я проверил гороскоп по своим таблицам. Звезда-гостья не затмит Альдебарана. Цвет ее предвещает покой стране и плодородие почвам. Расположение ее благоприятствует твоему царствованию, которое будет столь же ярким.

— Почему звезда-гостья не появилась, когда я был молод, только взошел на престол и впереди была вся жизнь? — требовательно сказал император.

Астроном не мог дать ответа, Чжао Чжень и не ждал его, он просто думал вслух: «Почему она вспыхнула теперь, когда я стар и не способен более на великие дела?»

Император впервые произнес при постороннем такие кощунственные слова, звучавшие ранее лишь в его мозгу, да и то в периоды величайшего неудовольствия собой. Поистине жара размягчает душу.

— Я хочу видеть, — сказал император, поднимаясь с ложа.

Ноги затекли, и Сын Неба с трудом доплелся до бортика веранды.

— Пусть солнце останется от тебя справа, — почти тельно говорил Янг Вэй-Тэ. — Отступи в тень, о великий.

Так, хорошо. Видишь?

Да, император видел. Звезда-гостья была подобна огромной рисине, лежащей на ослепительно голубом бархате. Наверняка она стала даже ярче, чем говорил Янг Вэй-Тэ. Звезда его правления. Хорошо. Как она прекрасна!

— Было ли когда-нибудь явление столь же значительное? — спросил он, хотя и сам прекрасно знал древнее летописи.

Янг Вэй-Тэ понял, чего ждет от него владыка, и сказал, склонившись;

— Никогда. Сорок шесть лет назад подобная звезда-гостья видна была лишь ночью.

На веранде наступило долгое молчание.

— Почему? — произнес наконец император. — Почему это великое знамение не длится вечно? Если оно предвещает благополучие моему царствованию, почему звезда-гостья уходит, не просияв на небе и года? Почему она не живет, куда жив я?

— Так было всегда, — сказал Янг Вэй-Тэ, не догадываясь, о чем размышляет Сын Неба.

— Так было всегда, — повторил император с неожиданным презрением. — Всегда были только боги, Янг Вэй-Тэ. Даже Поднебесная была не всегда.

Чжао Чжень склонился к астроному и зашептал ему на ухо:

— Тебе никогда не казалось, что на небе зло так же борется с добром, так же кипят страсти, как на земле? Тьма гонится за светом и пожирает его, но свет снова берет верх, и так всегда. Яркое солнце затмевает слабые звезды, потому что они слабые и нечего им стоять на пути у сильного. Но солнце заходит, и звезды воскресают. И так всегда. А иногда звезда падает, умирает, и в летние ночи это случается особенно часто, будто в небе бушует эпидемия. Но звезд не становится меньше. Почему, мой астроном? Может быть, вместо тех, что упали, рождаются другие? Может быть, именно они, рожденные звезды, заставляют другие звезды падать? Может, они...

Император умолк... и вдруг резким толчком ноги отодвинул от себя астронома. Тот не удержал равновесия и растянулся на полу. Император трескуче рассмеялся, но смех его стих, когда в проеме между колоннами вновь предстал звезда-гостья, желтая и мерцающая.

«Только бы не приказал выпороть», — думал Янг Вэй-Тэ, с трудом поднимаясь на колени и совершенно не понимая, отчего его предсказание произвело на Сына Неба такое странное впечатление. Порка была для астронома делом привычным, как и для всех чиновников, включая цзайсяна, но он становился стар и чувствовал, что не выдержит больше десятка ударов.

— И вдруг рождается на небе яркая звезда, ярче всех, предвещающая мир земле и радость царствующему дому, — сказал император, будто продолжая начатую мысль. — Она хочет жить столько же, сколько живут другие звезды, а звезды живут долго, много тысяч лун светят они, одни и те же. Но и на небе есть завистники, есть негодяи, есть... убийцы. Понимаешь ли ты, астроном? Если пламя вспыхивает слишком ярко, его нужно погасить. Я и сам так делаю — мне не нужны люди, которые были бы умнее и лучше меня.

Речь императора прервалась опять. Старый владыка будто сейчас заметил, что открывает свои мысли человеку, которому знать о них не положено.

«Звезда-гостья, — подумал Чжао Чжень, — светила бы всегда, давая моему царствованию спокойствие и мир, но злые силы не выносят ее лучистого сияния — она ведь может затмить и самое солнце! И злые силы убивают ее прекрасный желтоватый свет. Наверное, так все и происходит. Да. Злое дело свершится скоро на небе, и звезда-гостья исчезнет, потому что будет убита. Моему славному Янг Вэй-Тэ такая мысль не придет в голову — он не знает ничего, кроме своих таблиц и счислений. И гороскопы у него вечно бодрые. И взятки он берет. Выпороть его, что ли? Да ладно, стар он уже. Как и я. Но я мудрее, я знаю, что звезда-гостья не проживет долго, потому что убийцы уже готовят оружие. Убийцы ждут своего часа. Убийцы занесли меч. И ничто не поможет. Совсем как на земле. Совсем как на грешной земле»...

Шел июль 1054 года по христианскому летосчислению. Звезда-гостья угасла почти полтора года спустя. Старый император Чжао Чжень следил за ее медленным угасанием с затаенной грустью, потому что только он знал: звезду убили.

Своего придворного астронома он приказал выпороть плетью у ворот дворца в тот день, когда звезда-гостья погасла совсем.

\* \* \*

Что произошло в небе летом 1054 года? Звезда вспыхнула, была видна даже днем, но исчезла. В то время ум человеческий был бессилен перед подобными тайнами. Летописцы лишь фиксировали факты, не понимая их, и списывали все на божественное провидение.

Неизвестно, конечно, о чем думал Чжао Чжень, один из императоров династии Сун, правивший Поднебесной империей до 1066 года, когда начальник астрономического управления Янг Вэй-Тэ доложил ему о явлении звезды-гостыи. Лишь много веков спустя люди узнали о том, что произошло в летнем небе 1054 года.

И тогда начался научный поиск со своими законами, своими прямыми и боковыми ходами мысли. Началось научное расследование события, случившегося более девяти столетий назад.

Любой научный поиск имеет черты детектива. Так же существует загадка. Так же косвенные улики, следы и прямые доказательства помогают найти истину. Так же опыт и интуиция выводят на правильный путь.

В истории, о которой пойдет речь, события развивались по канонам детективного жанра. И только в наши дни усилиями многих ученых и научных коллективов расследование о гибели звезды подошло к завершению. А мы попробуем разобраться во всем с самого начала. Расскажем, как шло научное расследование. Пройдем вслед за астрофизиками трудной дорогой поиска истины.

Тайна гибели звезд была раскрыта учеными, работавшими в разное время в разных странах, и методы исследования были самыми различными. Мы попробуем следить за ходом поиска как бы с двух позиций — наших современников и астрофизиков прошлого, далекого и близкого.

Мы будем не только расследовать конкретное «дело», но попытаемся разобраться в логике научного поиска и посвятим этому не меньше времени, чем самому расследованию. Ведь в отличие от юридического следствия научный поиск заключается не только в разгадывании какой-то конкретной загадки. Истина, открываемая взгляду после решения научной проблемы, подобна не рисунку в рамке, но прекрасному пейзажу, который раскрывается нам, когда мы поднимаемся на горную вершину.

## Глава первая

Свидетели вспышек. Новые обычные и необычные. Вспышка в туманности Андромеды. Первые гипотезы. Метод проб и ошибок

Наша задача — ошибаться как можно быстрее. Дж. Уилер

Явление звезды-гостыи в 1054 году было далеко не единственным явлением подобного рода. Одно из древнейших свидетельств относится к 185 году новой эры:

«В период Чжун-Цин, во второй год, в десятую луну, в день Квей-Хао появилась необыкновенная звезда посередине Нан-Мана... Она была величиной с бамбуковую циновку и последовательно показывала пять цветов. Постепенно она уменьшила свой блеск к шестой луне следующего года, когда она исчезла».

Нан-Ман — это созвездие Центавра. Нужно пояснить и сравнение с бамбуковой циновкой. Конечно, вовсе не о геометрических размерах звезды идет речь. В такой образной форме говорилось о яркости звезды. Уже в XX веке путем анализа многих летописей удалось докопаться до смысла фразы. Американский астроном К. Лундмарк считает, например, что яркость этой звезды-гостыи соответствовала минус шестой звездной величине, то есть была в десять раз ярче Венеры! Не удивительно, что звезда могла быть видна и в дневное время.

А вот переводы подлинных текстов китайских летописей, где говорится о явлении звезды-гостьи в 1054 году:

«В двадцать второй день седьмой луны первого года периода Ши-Хо Янг Вэй-Тэ сказал: «Простираю свою персону ниц: я наблюдал явление звезды-гостьи Она была слегка радужного цвета. Согласно распоряжению императора я почтительно сделал предсказание, сводящееся к следующему: звезда-гостья не нарушит Альдебарана; это указывает на то, что... страна обретет великую силу. Я прошу, чтобы это предсказание было передано на хранение в управление историографии».

«Первоначально эта звезда стала видимой в пятую луну первого года периода Ши-Хо на восточном небе в созвездии Тьен-Куан. Она была видна днем, подобно Венере, направляя лучи в разные стороны. Цвет ее был красно-белый. В общем, она была видна днем двадцать три дня».

«В день Син-Вэй, в третью луну первого года периода Чья-Ю начальник астрономического управления докладывал, что появившаяся утром на восточном небе в пятую луну первого года периода Ши-Хо звезда-гостья, оставаясь все время в Тьен-Куане, только теперь перестала быть видимой».

Так написано в китайских хрониках Сун-Ши и Сун Хай-Яо династии Сун. В XIII веке в Китае вышла энциклопедия Ма Туан-Лина. В ней, как в копилке, были собраны все наблюдения китайских астрономов от II века до нашей эры вплоть до 1203 года. В 1846 году эту энциклопедию перевел на французский язык астроном Био — он собирал в ту пору все сведения о звездах-гостьях, но оказалось, что в хрониках есть упоминание и о кометах, которые ведь тоже наблюдались лишь короткое время. Отличить звезду-гостью от кометы подчас довольно трудно. Астрономы средневековья, для которых каждое новое явление на небе было божественным предзнаменованием, не всегда улавливали разницу. Они, конечно, видели, что некоторые звезды-гостьи двигаются, а некоторые нет. Чаще всего это в хрониках отмечалось, но не всегда. В 1054 году на небе была видна не комета: «Звезда-гостья все время находилась в созвездии Тьен-Куан». Это созвездие Тельца. Звезда была видна на одном и том же месте полтора года — это не могла быть комета. Существуют и многочисленные современные доказательства (о них мы поговорим ниже) того, что звезда-гостья 1054 года — одна из самых ярких за всю историю человечества.

Есть указание на эту вспышку и в японских хрониках «Мэй Гэтсуки» и «Ишидао Йоки». Но японцы что-то напутали с датами. Они уверяют, что наблюдали звезду-гостью с 20 по 30 мая 1054 года (если перевести даты с японского календаря). Однако в это время созвездие Тельца слишком уж близко к солнцу. Тут, видимо, ошибка.

А вот в Европе и на Ближнем Востоке никто, судя по всему, эту звезду-гостью не наблюдал. О ней нет упоминаний ни в европейских, ни в арабских хрониках, ни в летописях Древней Руси. История странная. В 1054 году в Европе происходили немаловажные события. Церковь разделилась на католическую и православную. В Киеве умер князь Ярослав Мудрый, и Русь оказалась раздробленной на пять частей. Вильгельм-завоеватель готовил войско для похода в Британию. В каждом случае явление звезды-гостьи могло быть истолковано как предзнаменование. Это обязательно отразилось бы в хрониках и летописях. Ведь описана же в хрониках вспышка звезды-гостьи в 1006 году. Вот что писал Ибн Аль-Тир: «В этом году в новолуние, в месяц Шабан появилась большая звезда, подобная Венере... На земле ее лучи были подобны Луне, и она оставалась на небе до середины месяца Дсул-Каада, после чего исчезла».

Впрочем, это уже загадка для историков, а не для астрономов. Для нашего расследования важно одно: время от времени совершенно неожиданно на небе появлялись звезды-гостьи, которые светили несколько месяцев, а то и год-два. Медленно угасали и исчезали.

Император Чжао Чжень в нашем рассказе назвал это убийством, но популярнее было другое мнение — звезда родилась. Поэтому в средние века звезды-гости получили название «новых звезд». Название не очень удачное, лучше все же говорить «звезда-гостья». Однако термин «новая звезда» прижился в астрономии, им пользуются и сейчас. Вспышки ярких новых звезд наблюдали и после 1054 года. В 1572 и 1604 годах звезды-гости были видны в Европе. В 1572 году наблюдения проводил сам великий Тихо Браге. Новая так и была названа — звезда Тихо. Спустя тридцать два года яркую вспышку в созвездии Змееносца наблюдал Иоганн Кеплер.

А потом наступило затишье. Новые звезды перестали вспыхивать. Будто назло. Когда астрономия была в зачаточном состоянии, вспыхивали ярчайшие новые, их видели даже днем, а после изобретения телескопа звезды-гости исчезли. За два с половиной века вспыхнули всего две звезды, да и то одна из них даже в максимуме яркости была едва заметна невооруженным глазом. Тайна гибели звезды, если звезда погибала, или ее рождения, если во вспышке звезда рождалась, оставалась запертой за семью замками.

В XIX веке — очередной сюрприз, уже к радости астрономов. С 1843 по 1942 год — за век — новые вспыхивали восемь раз. Яркая новая звезда появилась в 1866 году в созвездии Северной Короны, она была лишь вдвое слабее Беги. Звезда разгорелась всего за несколько часов!

Три дня спустя после того как новая Северной Короны достигла максимальной яркости, английский спектроскопист У. Хеггинс впервые исследовал спектр звездной вспышки. Фотографировать спектры Хеггинс не мог — астрофотография родилась четвертью века позднее. Но на экране спектроскопа в темной камере он видел линии химических элементов, которые излучаются там. А в 1891 году новая звезда была впервые сфотографирована — эта новая вспыхнула в созвездии Возничего.

Вот тогда-то — впервые за тысячу лет — было получено доказательство: при вспышке новой звезда не рождается и не умирает. Новая Возничего была сфотографирована в нескольких фазах: сразу после максимума, потом через каждые две-три недели, и наконец, в ее стационарном состоянии, через много недель после вспышки, когда яркость практически уже перестала меняться.

Оказалось, что при вспышке звезда лишь сильно увеличивает яркость, а затем она слабеет. Блеск возрастает в десятки тысяч раз — на 10—12 звездных величин (разница в одну звездную величину соответствует изменению блеска звезды в 2,52 раза). И во столько же раз слабеет после вспышки. На фотографиях, сделанных после вспышки и до нее, — нашлись и такие в стеклянных библиотеках обсерваторий — видна одна и та же слабенькая звездочка.

Итак, трагедии в летнем небе 1054 года вроде бы не произошло, звезда не погибла. Но что-то с ней, конечно, приключилось, пусть не трагедия, но драма. К тому же в описываемой истории можно заметить даже невооруженным глазом одно очевидное противоречие.

Звезды-гости 1006, 1054 годов, звезды Тихо и Кеплера — это очень яркие новые. В минимуме они должны были стать слабее на 10—12 звездных величин, то есть выглядеть звездочками примерно пятой-шестой величины» Такие звезды и без телескопа можно увидеть, а в телескоп — пусть и небольшой — подавно. Конечно, чтобы увидеть, нужно знать, где искать, а по старым китайским хроникам точных координат не определишь. Но Тихо Браге был отличным наблюдателем. Он вычислил координаты звезды-гости 1572 года с точностью до половины дуговой минуты. Звезду Тихо обязательно должны были видеть и после вспышки. А ее не видели. В кружочке диаметром в дуговую минуту на фотографиях, сделанных даже с хорошими телескопами, не видно никаких звезд.

Вот противоречие. Новая в Северной Короне была слабее Веги в максимуме, но ее удалось



обнаружить после вспышки. А звезда Тихо была ярче в сотни раз, но после вспышки исчезла, словно призрак...

Как объяснить это противоречие? Самое простое — предположить, что не все новые одинаковы. Одни увеличивают блеск в сотни раз, другие — в сотни тысяч. Одни вспышки мощнее, другие — слабее. Очень просто.

Но почему именно самые яркие звезды-гости имели и самые большие амплитуды вспышек?

Может быть, случались вспышки и других странных новых звезд? Может быть, класс новых значительно шире, чем думали астрономы в то время, когда возникла астрономическая фотография, а с ней противоречие, о котором сказано выше?

В 1885 году астроном Гартвиг, работавший в обсерватории города Дерпта (Тарту), обнаружил вспышку новой звезды в спиральной туманности, расположенной в созвездии Андромеды. Новая была не очень яркой, без телескопов на нее никто бы и внимания не обратил. В максимуме блеска она едва достигала шестой звездной величины, была на пределе видимости невооруженным глазом. Новую звезду назвали S Андромеды. Наблюдали ее Гюлли во Франции, Вольф в Германии, баронесса Подменички в Венгрии, но никто, кроме Гартвига, не понял, какое значение для астрономии имела именно эта вспышка.

А действительно, почему именно эта — довольно слабая? Дело в том, что звезда вспыхнула в туманности. Еще в 1755 году Иммануил Кант предложил так называемую небулярную гипотезу (от слова «nebula» — туманность) происхождения звезд и планетных систем. В 1796 году аналогичную идею предложил Лаплас, и вплоть до начала XX века небулярная гипотеза была единственной, которую признавали все астрономы. Суть ее в том, что звезда возникает вместе с планетной системой из плотного вращающегося газового облака — туманности. В туманности образуются сгустки, эти сгустки растут и спустя миллионы лет превращаются в звезду (самый большой сгусток) и планеты (сгустки поменьше).

А теперь вернемся к S Андромеды. Звезда вспыхнула в туманности — разве нужно еще какое-нибудь доказательство того, что звезды рождаются так, как писал Кант? Для астрономов конца XIX века вспышка S Андромеды была веским аргументом в пользу небулярной гипотезы. Аргументом, но все же не доказательством. Строго говоря, нужно ведь было еще доказать, что туманность Андромеды — действительно газовая туманность, а не скопление звезд: ведь до Галилея и Млечный Путь выглядел туманной полосой, а вовсе не звездным океаном.

Казалось бы, какая разница для нашего расследования — является туманность Андромеды звездным скоплением или газовой туманностью? Нас ведь интересует вспышка звезды — рождение это или смерть? Однако давайте рассуждать иначе. Если туманность Андромеды — газовая, то расстояние до нее невелико, с большого расстояния мы газовую туманность не разглядели бы. И тогда S Андромеды ничем от обычных новых не отличается.

Но если туманность Андромеды не туманность, а очень далекое звездное скопление, то S Андромеды становится звездой из ряда вон выходящей, сродни звезде Кеплера или более яркой звезде-госте 1054 года. Значит, действительно загадки S Андромеды не решить, не ответив на вопрос: что же такое туманность Андромеды?

Именно так и стояла проблема в начале XX века. Это была грандиозная мировоззренческая проблема. Если туманность Андромеды — далекая звездная система, то Млечный Путь, наша Галактика не единственная во Вселенной. Существуют и другие галактики, другие звездные острова, скопления десятков миллиардов звезд... \* \* \*

История выяснения физической природы туманности Андромеды была полна драматизма, ошибок и неожиданных прозрений. Мы остановимся на этом более подробно.

В конце XIX века общее мнение (точнее, общее заблуждение) было таково: все многочисленные спиральные туманности, наблюдаемые на небе, в том числе и туманность под номером 31 из каталога Шарля Мессье (M 31), расположенная в созвездии Андромеды, — это обычные газовые туманности, и находятся они в нашей Галактике не очень далеко от Солнца.

Вот, к примеру, что писала американский астроном миссис Кларк в 1890 году: «Вопрос о том, являются ли туманности внешними галактиками, едва ли нуждается в дальнейшем обсуждении. На него дан ответ самим прогрессом исследований. Можно с уверенностью сказать, что ни один компетентный ученый, располагающий всеми имеющимися доказательствами, не станет придерживаться мнения, что хотя бы одна туманность является звездной системой, сравнимой по размерам с Млечным Путем. Практически установлено, что все объекты, наблюдаемые на небе (как звезды, так и туманности), принадлежат к одному огромному агрегату...»

Заметьте, какие слова говорились в поддержку идеи, провалившейся четверть века спустя: «едва ли нуждается в обсуждении», «можно с уверенностью сказать», «практически установлено». Попробуйте возражать, если вам говорят, что это «практически установлено». Такая уверенность в неправильных представлениях встречалась и раньше, и потом, встречается и в наши дни, и не только в астрономии, но и в других науках, однако не слишком ли часто астрономы бывают уверены в том, в чем уверенными быть нельзя?

Астрономические явления зачастую лишь видимость, поверхность чего-то, что сможет быть открыто и познано, когда вступят в строй новые, более совершенные телескопы, появятся новые методы исследований. Приведем аналогичный пример. На самом рубеже XIX и XX веков американский астроном Дж. Шейнер получил спектр туманности Андромеды, оказавшийся очень похожим на спектр Солнца. Шейнер сделал из этого совершенно правильный вывод: туманность M 31 — колоссальное звездное скопление, подобное Млечному Пути, состоящее из таких же звезд, как Солнце. Идея ясная — казалось бы, против нее нечего возразить. Тем более что год спустя голландский ученый К. Истон предложил гипотезу о том, что и Млечный Путь — спиральная галактика, центр которой находится далеко от Солнца. Солнце — всего лишь рядовая звезда этой звездной карусели, расположенная в одном из неблизких к центру спиральных рукавов. Вот две правильные идеи, основанные на истолковании наблюдаемых явлений.

Но... Несколько лет спустя американский астроном В. Слайфер исследовал спектры туманностей, расположенных в звездном скоплении Плеяды. Скопление Плеяды невелико и находится, без сомнения, в нашей Галактике. А туманности связаны со скоплением и, значит, никак не могут быть «островными Вселенными». Так вот, В. Слайфер показал, что спектры этих туманностей тоже похожи на спектр Солнца! Легко представить, что именно сказал В. Слайфер по поводу своего открытия. Процитируем журнал «Популярная астрономия» (1913 год):

«Это наблюдение туманности в Плеядах навело меня на мысль, что туманность Андромеды и подобные спиральные туманности могут состоять из центральной звезды, окруженной и затемненной клочковатой и разреженной материей, которая сияет отраженным светом центрального солнца. Эта концепция согласуется со спектрограммами туманности Андромеды, а также оценкой ее параллакса, сделанной Болиным».

Вот так из двух правильных наблюдений были сделаны совершенно противоположные заключения о природе спиралей. И только из-за того, что двум разным, но одинаково выглядящим явлениям была приписана одна и та же причина. А измерение параллакса туманности Андромеды, о котором писал Слайфер, было попросту ошибочно — ни о каком параллаксе здесь говорить не приходится, слишком уж далеко туманность Андромеды.

Часто решение фундаментальных, мировоззренческих проблем зависит от какой-то частной задачи, которая на определенном этапе развития науки становится краеугольным камнем. Законы Кеплера сконструированы из-за того, что в расчетах движения планеты Марс оказалась ошибка в восемь угловых минут. Коперник передвинул Солнце в центр мироздания, потому что за тысячу лет накопились ошибки в пред-вычислении положений планет. А решение фундаментальной проблемы единственности нашей Галактики во Вселенной неожиданно затормозилось, поскольку не было известно расстояние до туманности Андромеды...

Может показаться, что сам факт вспышки новой звезды в туманности Андромеды дает возможность оценить расстояние до нее. Если считать, конечно, что обычные новые звезды и S Андромеды — явления одного типа. Звезда S Андромеды была слабее новой Персея, вспыхнувшей в 1901 году, на три звездные величины, то есть в 12 раз. Допустим, что в максимуме блеска на самом деле обе звезды были одинаково яркими. Тогда получается, что туманность Андромеды должна быть удалена от Солнца на расстояние в 3,5 раза большее, чем новая Персея. Именно так и рассуждал в 1911 году американский физик Ф. Бери, получивший из своих рассуждений, что расстояние до M 31 всего 5 тысяч световых лет, или около 1600 парсек. Это означает, что туманность Андромеды — близкий объект, расположенный внутри нашей Галактики.

Но ведь на самом деле нужно было рассуждать наоборот! Сначала определить расстояние до M 31 каким-то независимым способом, после этого вычислить светимость S Андромеды и лишь тогда сравнивать S Андромеды с другими новыми звездами. Бери поставил проблему с ног на голову.

Нужны были дополнительные наблюдения, и они появились в 1917 году, когда Дж. Ричи на обсерватории Маунт Вилсон совершенно случайно открыл новую звезду в другой спиральной туманности NGC 6946. Новая была очень слабенькой, в максимуме блеска достигала всего 15-й звездной величины! Ее и видно-то было только в крупный телескоп. Но главная характеристика — ход изменения блеска — была подобна изменению блеска обычных новых звезд. Раньше никому и в голову не приходило, что новые звезды могут быть такими слабыми. Их ведь трудно заметить с первого взгляда, просматривая фотографии туманностей. Не исключено, что были и другие аналогичные вспышки, оставшиеся незамеченными. Ричи начал изучать прежние фотографии спиральных туманностей, особенно туманности Андромеды. И нашел две новые звезды, на которые раньше не обратил внимания. Две очень слабые новые звезды, не шедшие ни в какое сравнение с S Андромеды. Поистине, S Андромеды оказалась выродком, монстром в мире звезд.

Случай с Ричи очень типичен. Исследователь случайно обратил внимание на слабенькую вспышку в NGC 6946. Но эту случайность скорее можно назвать шорами целеустремленности. Исследователь видит прежде всего то, что хочет видеть. Он ищет новые звезды и знает, что вспышка бывает яркой. Если кто-то скажет ему, что в данном конкретном случае новая может быть слабее в тысячи раз, он отмахнется. Хотя потом, когда исследователь случайно обратит внимание на такую очень слабую новую, объяснение возникнет легко. Ведь ясно: чем дальше от нас вспыхивает новая, тем она слабее. И если она настолько слаба, то какие же бездны пространства нас разделяют!..

Если бы Ричи с самого начала искал все возможные вспышки, а не только самые яркие, он нашел бы новые звезды в туманности M 31 на несколько лет раньше.

После сообщения Ричи ученые стали просматривать стеклянные библиотеки обсерваторий и нашли слабые вспышки новых звезд не только в туманности Андромеды. Через два месяца астрономы знали уже об одиннадцати вспышках новых звезд в семи спиральных туманностях. Из них четыре — в туманности Андромеды. Не считая знаменитой и ни на что не похожей S Андромеды. Однако даже после этого случая никто не обратил внимания на

разительное отличие вспышек новых от S Андромеды. Пользуясь языком детектива, можно сказать, что показания свидетелей по-прежнему оставались противоречивыми. Все наблюдали одно и то же, но... видели разное.

Лишь в 1924 году Э. Хаббл и Дж. Ричи получили прекрасные фотографии туманности Андромеды, на которых было видно, что ее спирали состоят из россыпи звезд. Более того, Хаббл даже обнаружил среди этих звезд обычные переменные звезды цефеиды, каких много в нашей Галактике. Яркость цефеид строго связана с периодом пульсаций их излучения. По цефеидам — звездным маякам — и удалось наконец установить, что расстояние до туманности Андромеды составляет 1,5 миллиона световых лет, в 300 раз больше, чем полагал Ф. Бери! Потому и вспышки новых звезд в этой туманности выглядели такими слабыми.

В конце двадцатых годов нашего века астрономам стало ясно, что вспышка новой — не свидетельство смерти звезды. Конечно, эта вспышка для звезды совершенно бесследно не проходит. От звезды с большой скоростью — до нескольких тысяч километров в секунду — отделяется оболочка и уносится в межзвездное пространство. Удалось даже оценить, сколько именно вещества выбрасывает звезда. Оказалось, что немного — всего одну стотысячную долю массы Солнца. Какая уж тут гибель звезды — так, небольшая встряска...

А что же S Андромеды? Исключение, подтверждающее правило. Американский астроном Х. Кертис, один из сторонников идеи «островных Вселенных», писал, что не все новые звезды обязаны иметь в максимуме одинаковую яркость. Природа разнообразна, одна вспышка ярче, другая слабее. А S Андромеды отличалась от обычной новой, как луч прожектора от слабого пламени свечи. В галактике M 31 насчитываются десятки миллиардов звезд, и все же S Андромеды светила всего в несколько раз слабее, чем все эти звезды вместе!

Вспомним: ведь и звезда Тихо была очень яркой новой, и звезда Кеплера, и звезды-гости 1006 и 1054 годов... Возможно, Кертиса заинтересовала бы эта аналогия, но он просто не знал об этих вспышках. В 1919 году древними новыми занялся другой американский астроном К. Лундмарк.

Легко видеть, как постановка задачи определяет и подход к ее решению. Кертис исследовал далекие туманности, и S Андромеды была для него досадным исключением. А Лундмарк перелопачивал исторические хроники, составляя список ярких вспышек, зафиксированных летописцами. В списке Лундмарка такие яркие новые, как звезды Тихо и Кеплера, и им подобные явления, были не исключением, а правилом. В 1921 году Лундмарк опубликовал свой список новых звезд, в котором было 60 объектов.

И все же и Кертис, и Лундмарк путали и сваливали вместе два разных явления. Более того, такая путаница была неизбежна. Ведь то, что наблюдали летописцы и астрономы невооруженным глазом и в телескопы или видели на спектрограммах, само по себе еще ничего не означает. Это книга, написанная каждый раз иначе. Даже если на одном языке, то всегда на разных диалектах. Если невозможно познание без наблюдений, то оно равно невозможно и без интерпретации. Правильная интерпретация порой может оказаться важнее наблюдений. К примеру, взять ту же туманность Андромеды. Ее спектр подобен спектру Солнца. Но ведь такой спектр имеет и Луна! Два разных природных феномена, представляющих неискушенному наблюдателю как одинаковые явления! Без дополнительных независимых аргументов (в данном случае таким аргументом стало разложение туманности Андромеды на звезды) нельзя сделать правильных выводов.

То же и с новыми. Звезда ярко вспыхивает и гаснет. Это можно сказать и о звезде Тихо, и о новой Персея. Разница в мощности вспышки? А так ли это существенно? В мире звезд и не такие отличия случаются. К примеру, обычные звезды — Солнце и Бетельгейзе. Бетельгейзе светит в сотни тысяч раз ярче Солнца, вся орбита Земли может уместиться в разреженных

недрах этой гигантской звезды. А между тем и Солнце, и Бетельгейзе светят за счет ядерных реакций. Между ними нет качественных различий, как, скажем, между звездой и планетой. Стоит ли удивляться тому, что в мире новых звезд оказались свои карлики и свои гиганты?

Удивляться, конечно, стоит. И разнице между Солнцем и Бетельгейзе тоже нужно удивляться. Потому что на все есть причина, а не удивившись, не задавшись вопросом, вы никогда этой причины не нащупаете. Это во-первых. А во-вторых, между новой Персея и звездой Тихо есть и качественные различия. Если обычные новые видны и после вспышки, то там, где вспыхивали звезды Тихо или Кеплера, не видно ничего. Напрашивается вопрос, задача для астрономов-наблюдателей: так ли уж ничего не остается после вспышек аномально ярких новых? \* \* \*

Оставим поиск ответа на этот вопрос до следующей главы, а пока попробуем поработать с уже имеющимися фактами, понять, почему же так трудно рождается истина? Почему никогда путь к ней не бывает прямым? Можно сказать: такова сущность науки. Но в природе нет науки, а есть лишь явления, факты. Наука создана людьми, она продукт разума. И если, пользуясь методами науки, ученый вынужден переворачивать горы материала в поисках крупинки истины, то не следует ли из этого, что есть дефект в самих методах? А может, наука ни при чем, а виновата психология ученых? Ведь и Кертикс, считавший, что внешние галактики существуют, и Шепли, отрицавший это, пользовались одними и теми же фактами, одними и теми же научными методами. А выводы делали разные. Потому что заранее стали сторонниками различных отправных идей. Пока не найдено однозначного наблюдательного доказательства (в данном случае доказательства того, что туманность Андромеды состоит из множества звезд), основную роль играет не метод исследований, а психология ученого. Например, то, к какой школе он принадлежит.

Если нет такого однозначного наблюдательного доказательства, истина может в конце концов родиться и в споре, но тогда, когда будут исчерпаны все возможные аргументы против новой гипотезы. Все, что может быть сказано против идеи, должно быть сказано. Но и тогда в эту идею не будут верить до конца, пока опять-таки не будет получено то самое единственное доказательное наблюдение. Ведь сколько копий было поломано в споре об «островных Вселенных». А все доказало наблюдение.

Астрономия — наука наблюдательная, и все же она не может развиваться без предположений, без споров, то есть без психологии тех ученых, которые обсуждают проблему.

Система Аристотеля больше тысячи лет считалась единственно верной. Сам стиль мышления был таким, что важно было: кто сказал. Фалес задолго до Аристотеля поставил Солнце в центр мироздания и заставил шарообразную Землю вращаться вокруг него. Но кто был Фалес перед Аристотелем, утверждавшим, что Земля неподвижна! И ведь исходил-то Аристотель из, казалось бы, верной посылки — из наблюдений, из того, что солнце встает каждое утро и движется по небу! Но не все наблюдения использовал философ. Можно было и возразить. Круглая тень Земли на лунном диске во время затмения, например, свидетельствовала о том, что Земля — шар. Если бы шли споры, если бы рождались гипотезы, истина, возможно, восторжествовала бы задолго до Коперника. Но психология людей была такова, что привычно было склоняться перед авторитетом. В моде были не ученые, а схоласты. Ценилось не воображение, не умение мыслить, но знания и память.

О психологии научных споров, о психологии ученых сейчас известно гораздо больше, чем о методологии науки. Это естественно. Поведение ученого, его поступки видны. А вот о ходе размышлений можно узнать только по рассказам авторов гипотез. Реально же идея зачастую развивается в подсознании, и возникновение ее зависит от многих причин, о которых сам исследователь и не подозревает. Значит, и не расскажет. А ведь познание объективного мира не может быть в принципе только субъективным процессом, оно должно происходить по

объективным законам развития идей и понятий. По законам, познать которые труднее, чем законы психологии творчества. Труднее, но важнее. Вот, что говорил Г. Лейбниц: «На свете есть вещи поважнее самых прекрасных открытий — это знание метода, которым они были сделаны».

Речь здесь идет не о тех общих методах познания, которые изучает философия. Как известно, мышление от чувственного восприятия переходит к абстракции, а затем вновь возвращается к опыту. Это общий принцип. Мы же говорим о конкретных методах, о том, как, скажем, должен рассуждать ученый, чтобы, исходя из данной совокупности явлений, заведомо точно прийти к верному решению, не отвлекаясь на ложные ходы мысли. Природа объективна, решение научной проблемы всегда единственно, как единственна конкретная истина. Значит, и ход решения научной задачи должен отражать объективные законы поиска научной истины вообще.

Будь у астрономов начала XX века общий метод решения научных проблем, не было бы и неверного шага в расследовании «дела о гибели звезды». Уже тогда было создано немало гипотез для объяснения вспышек новых звезд. Об очень ярких новых, таких, как звезда Кеплера, мы пока говорить не будем (тем более что астрономы начала века и не знали, что это другой класс явлений!). Поговорим пока об обычных новых звездах, какие десятками вспыхивают в туманности Андромеды, каких сейчас в нашей Галактике насчитывается около двухсот. Ежегодно астрономы замечают одну-две вспышки в нашей Галактике. Конечно, их значительно больше, ведь новые обычно вспыхивают близко от галактической плоскости, где много газа и пыли, поглощающей свет. Новых звезд много, но и гипотез было ненамного меньше. Так же как сами новые, гипотезы эти вспыхивали и гасли. Шел обычный в науке перебор вариантов, поиск истины методом проб и ошибок.

Казалось бы, вот он, истинно научный метод. Наука действительно пользуется им много веков. Но это вовсе не тот метод, который соответствует объективному ходу развития системы научных знаний. Это лишь констатация того, что в течение веков да и сейчас истина достигается путем проб и ошибок... \* \* \*

Итак, какие же гипотезы предлагались для объяснения феномена новых звезд? Почему мы можем утверждать, что работал метод проб и ошибок?

Видимо, первой гипотезой была гипотеза Кеплера. Объясняя вспышку 1604 года, Кеплер исходил не из конкретного факта, а как было принято — из общих мировоззренческих позиций. Кеплер был сторонником гармонии небесных сфер, он даже одушевлял материальный мир. Причиной небесных явлений он полагал побуждения, владевшие звездами и планетами. А поскольку побуждения у звезд и планет, конечно, всегда были гармоничными, то, к примеру, и двигаться они могли по законченным в своей красоте круговым орбитам. Сколько душевных сил пришлось затратить Кеплеру, чтобы отказаться в конце концов от кругов и сфер! Аналогично рассуждал Кеплер и о вспышке звезды-гостя. По его мнению, это было проявление некоей «анима мунди» — покоящейся в мировой субстанции алхимической мировой души...

Это была идея, о которой трудно спорить. Никто и не спорил. Двести лет с тех пор звезды-гостя не являлись. Поэтому и следующая гипотеза (будем считать ее первой в нашем списке), положившая начало эпохе споров о природе новых звезд, первая проба сил и первая ошибка, возникла лишь в конце прошлого века. Автор гипотезы, немецкий астроном Г. Зеелигер знал уже, что в одной из туманностей (в туманности Андромеды) вспыхнула новая звезда. Он сказал: звезда, двигаясь по своему пути, влетает в газовую туманность и нагревается. Так, как нагревается летящая в воздухе пуля. Конечно, горячей становится не только пуля, но и воздух. Разогревается и туманность, которую пронзает звезда. Это суммарное излучение нагретых от трения звезды и туманности мы видим.

Вторая гипотеза тоже принадлежала к серии «небесные катастрофы». Предложил ее английский астроном Н. Локиер. Звезды в этой гипотезе не фигурировали вовсе, остались только столкновения. По Локиеру, друг с другом сталкивались два летящих навстречу метеорных потока. Какими же должны быть потоки, чтобы свечение столкнувшихся метеоров продолжалось месяцы!

Третью гипотезу из той же серии предложил шведский ученый С. Аррениус. Сталкиваются две звезды. Точнее, две бывшие звезды. Обе успели остыть и погаснуть, потому и не видны, но вот произошло столкновение «в лоб», энергия движения перешла в тепло. Взрыв!

Все три гипотезы обладают общей особенностью: в тепло переходит механическая энергия движения. А в движении участвуют объекты двух типов: звезды и среда. Первая гипотеза: столкновение звезды со средой. Вторая гипотеза: столкновение двух сред. Третья гипотеза: столкновение двух звезд. Испытаны все комбинации из двух элементов. На этом серия гипотез «столкновения» себя, естественно, исчерпала.

Вторая серия гипотез может быть названа «почти столкновения». Ведь драматические события на поверхности звезды могут вызываться и не прямыми столкновениями, а близкими прохождениями другого тела. Вызывает же приливы на Земле наша соседка Луна! Но до Луны довольно далеко, а звезды могут проходить друг около друга, почти соприкасаясь.

Четвертая гипотеза принадлежит советскому астрофизику А. А. Белопольскому, который систематически наблюдал новые звезды в течение трех десятилетий. Он был прекрасным знатоком их спектров и потому своей гипотезой прежде всего пытался объяснить особенности спектров новых звезд. По мнению А. А. Бело-польского, в направлении наблюдателя движется холодная звезда большой массы с плотной водородной атмосферой. А навстречу ей — горячая звезда, масса которой меньше. Горячая звезда огибает холодную по параболе, разогревая своим движением ее атмосферу. После этого звезды вновь расходятся, но теперь обе движутся к нам. Блеск уменьшается, новая гаснет...

Пятая гипотеза. Предложил ее английский астроном У. Хеггинс. Здесь тоже близкое прохождение двух звезд. Возникают мощные приливы, вспышки, извержения. Их-то мы и наблюдаем.

Во всех этих гипотезах фигурируют две случайно проходящие друг около друга звезды. Как избавиться от элемента случайности? Что если сделать так, чтобы звезды всегда находились друг около друга? Что же, бывает и так — в двойной системе.

Немецкий астроном В. Клинкерфус и предложил гипотезу, согласно которой две звезды обращаются друг около друга по очень вытянутым орбитам. В тот момент, когда расстояние между звездами минимально (звезды находятся в периастре, как говорят астрономы), возникают мощные приливы, выбросы, извержения, как и в гипотезе Хеггинса. Вспыхивает новая.

Гипотеза Клинкерфуса (шестая в нашем списке) появилась раньше идей Белопольского и Хеггинса, хотя логически должна была бы возникнуть после них, чтобы разрешить связанные с этими гипотезами противоречия. А то что она появилась раньше, как раз и говорит о том, что шел перебор вариантов (метод проб и ошибок!), и идея двойной системы выглядела ничем не лучше прочих. А между тем у нее было неоспоримое достоинство: она избавляла вспышки от элемента случайности, делала их явлением закономерным и даже повторяющимся. Более полувека спустя было доказано, что новые звезды действительно вспыхивают в двойных системах. Доказано наблюдениями. Но даже во времена Клинкерфуса идея двойственности новых звезд могла и не быть случайной идеей, если бы удалось нащупать ее методологические достоинства. Гипотеза Клинкерфуса была лишь очередным звеном в цепочке «а если...». Случайно Клинкерфус попал в девятку (все же не в яблочко). О

том, что идея двойных систем — богатая идея, имеющая далеко идущие последствия, не догадывались ни Клинкерфус, ни другие астрономы, не обратившие на гипотезу особого внимания В последовавших затем работах Белопольского и Хеггинса уже не говорилось о двойных системах Да и вся серия «столкновений» и «почти столкновений» на том и кончилась, исчерпав все варианты.

Следующая серия гипотез возникла уже после того как в 1924 году Э. Хаббл и Дж. Ричи доказали, что туманность Андромеды — далекая галактика. После того как и в М 31 были обнаружены вспышки новых звезд. Всем было ясно, что случайные столкновения звезд — явление очень и очень редкое, почти невероятное. Столкновениями не объяснишь, почему в туманности Андромеды происходит так много вспышек. Об идее Клинкерфуса не вспомнили, хотя она снимала это противоречие. Ученые обратились к разработке новой серии гипотез — вспышки новых как следствие внутренних процессов в самих звездах. Тому была объективная причина: в двадцатых годах появились первые исследования по внутреннему строению звезд, попытки объяснить (например, аннигиляцией вещества и антивещества), почему звезды светят, почему они так горячи. Естественно было применить новые теоретические идеи и для объяснения звездных вспышек.

Первую гипотезу этой серии (седьмую в нашем списке) предложил английский астроном Э. Милн. Любая звезда может вспыхнуть как новая, утверждал он, это не случайность, а закономерность. Внутренние силы вызывают взрыв, со звезды срывается и с большой скоростью уносится ее внешняя оболочка. А сама звезда при этом сжимается, превращаясь в белый карлик. Происходит это на закате звездной эволюции, поэтому можно считать, что вспышка новой действительно свидетельствует о гибели звезды...

Последнее обстоятельство и погубило идею Милна. Ведь новые звезды видны и до, и после вспышки! Из-за этого не прошли и другие аналогичные гипотезы, выдвинутые независимо друг от друга Г. А. Гамовым (гипотеза № 8) и немецким астрономом В. Гротрианом (гипотеза № 9). Речь шла о том, что вспышку вызывают термоядерные процессы, протекающие в центральной части звезды. Однако центральный взрыв должен вызвать слишком большие изменения в структуре звезды. По Милну, такой взрыв способен превратить даже обычную звезду в белый карлик, размеры которого порядка размеров Земли, а плотность достигает тонны в одном кубическом сантиметре! На самом деле при центральном взрыве (это мы знаем сегодня!) может произойти нечто более страшное для звезды, чем вспышка новой. Как в свое время Клинкерфус случайно подошел вплотную к правильной идее о причине вспышек новых звезд, так и Милн, сам того не подозревая, решал совсем другую, и тоже очень важную задачу, но связанную не с новыми звездами, а со звездами-гостями. И тоже не довел решение до конца...

Итак, центральный взрыв не объяснил вспышек новых звезд. Настал черед следующего «а если». А если взрыв происходит не в центральной части звезды, а на периферии, неглубоко под поверхностью? Эту гипотезу (десятую в нашем списке) предложили в 1933 году советские астрофизики В. А. Амбарцумян и Н. А. Козырев, а численно она была разработана лишь 14 лет спустя другими советскими учеными А. И. Лебединским и Л. Э. Гуревичем. В этой идее тоже оказалось рациональное зерно. Взрыв действительно происходит на периферии, так говорит современная теория. Но откуда поступает горючее для взрыва? Лебединский и Гуревич считали, что изнутри звезды, в результате перестройки ее структур.

В начале пятидесятых годов одновременно существовали несколько «а если». Советский ученый Б. А. Воронцов-Вельяминов считал, что новая звезда — это промежуточный этап в звездной эволюции, когда горячий голубой гигант, сбрасывая излишек массы, превращается в голубой или белый карлик. Это уже одиннадцатая гипотеза, она похожа на идею Милна, но обладает одним отличием — она оптимистичнее. По Милну, любая звезда может вспыхнуть, в том числе и наше Солнце. Даже ставился вопрос, не должно ли человечество готовиться к катастрофе? В соответствии с гипотезой Воронцова-Вельяминова Солнце не может



взрываться — ведь оно не горячий гигант, а всего лишь желтый карлик, терять массу ему ни к чему, ибо избытка массы у него нет.

Недостатки у гипотез Милна и Воронцова-Вельяминова одинаковы. В обоих случаях звезда после взрыва меняется. А наблюдения показывали, что и до и после вспышки звезда практически такая же.

В 1954 году советский астрофизик И. М. Копылов выдвинул еще одну гипотезу. А если это молодые звезды? — предположил он. При возникновении молодая звезда может оказаться неустойчивой, может вспыхнуть один или несколько раз, но потом успокаивается, становится обычной звездой, расположенной на так называемой главной последовательности.

Мы перечислили дюжину «а если». На деле их было, конечно, больше. И все неправильные, хотя в некоторых и содержалось зерно истины. Десятки ошибочных проб существенно не приблизили разгадки тайны новых звезд — зерен в этих пробах не разглядели, а когда появилось единственное, решающее загадку наблюдение, то о старых гипотезах забыли и сами авторы. Забыли и о зернах. Перечисленные гипотезы — это плоды мысли, которые сами авторы сочли достаточно зрелыми, чтобы вынести на суд коллег. А сколько проб и ошибок так и осталось невысказанными, погребено в тиши кабинетов! Таков этот естественный метод научного поиска — пробы и ошибки.

В астрономии, как мы уже говорили, всякий спор обычно решают наблюдения. Проблема новых звезд не была исключением. Открытие оказалось неожиданным, тогда как при правильном ведении «следствия» оно, это открытие, могло быть предсказано заранее.

Когда спор о природе новых звезд разгорелся с особенной силой, шел 1954 год, М. Уокер на обсерватории Маунт Вилсон проводил наблюдения бывших новых, то есть тех слабых звездочек, что остались на месте вспышек. Он исследовал звезду DQ Геркулеса, вспышка которой наблюдалась двадцатью годами раньше. Уокер измерял колебания блеска и обнаружил, что они как две капли воды похожи на изменения блеска затменных двойных звезд. Каждые пол-оборота одна звезда затмевает от нас другую, и блеск системы на некоторое время уменьшается. Такая кривая блеска получилась и для DQ Геркулеса. Период, с которым следовали друг за другом затмения, оказался равным всего 4 часам и 39 минутам. Никто прежде не наблюдал такого короткого периода у затменно-двойных звезд. Если период обращения звезд друг около друга так мал, то должно быть невелико и расстояние между звездами. Значит, и сами звезды не могут быть гигантами. Уокер определил, что масса звезд в системе DQ Геркулеса должна быть в несколько раз меньше массы Солнца. Обе звезды в системе бывшей новой оказались карликами.

Прошло несколько лет, и наблюдатели обнаружили, что бывшие новые звезды в созвездиях Северной Короны и Лебедя тоже являются тесными двойными системами. И тогда французский астрофизик Э. Шацман (и независимо от него чешский астрофизик З. Копал) высказал идею о том, что все новые звезды — двойные системы. Эту гипотезу взялся проверить Р. Крафт на обсерватории Маунт Паломар. Он исследовал десять новых и повторных новых звезд (повторные новые вспыхивали два или более раз), шесть из них оказались двойными, а одна — даже кратной системой! О трех оставшихся звездах Крафт ничего сказать не мог — недоставало наблюдательных данных.

Гипотеза Шацмана и Копала (а не правильнее ли сказать — идея Клинкерфуса?) получила столько наблюдательных подтверждений, что стала истиной. Сейчас астрофизики нисколько не сомневаются в том, что новые звезды вспыхивают в двойных системах.

В двойственности кроется и причина вспышки. В соответствии с гипотезой о периферическом взрыве требуется приток вещества. Откуда? Изнутри, говорили Лебединский и Гуревич. Извне, сказал Шацман. Вещество поступает с поверхности второй звезды. Оно постепенно

накапливается на поверхности первой компоненты — а компонентой этой является, скорее всего, белый карлик с его большим гравитационным потенциалом и плотной атмосферой, где условия благоприятствуют быстрому горению водорода. Вещество накапливается, создаются условия для ядерных реакций синтеза — и взрыв! Оболочка сбрасывается. Система возвращается к прежнему состоянию. Но вторая звезда продолжает терять вещество, и течет это вещество к белому карлику, образует около него вращающийся диск, а из диска постепенно оседает на поверхность. Накопление — и взрыв! История повторяется. Чем больше накапливается водорода в атмосфере белого карлика, тем более мощной получается вспышка.

Итак, казалось бы, с новыми все ясно. Звезда после вспышки остается «живой и здоровой». Да, но проблема новых звезд еще далека от окончательного решения. Пробы и ошибки продолжают. Просто была отсечена очень большая область, где отныне поиски не ведутся.

Детали вспышек далеко не ясны. Почему теряет вещество вторая звезда? Ведь это, как показали наблюдения, обычный красный карлик, масса его во многих таких системах составляет примерно половину массы Солнца. Такие звезды живут очень долго, не проявляя тенденции терять вещество. Почему же это происходит в системах, которые вспыхивают как новые звезды?

Ну хорошо, пусть красный карлик теряет вещество, но сколько его падает затем на белый карлик, а сколько и вовсе теряется из двойной системы? Как накапливается водород в атмосфере белого карлика? Точно ли, что именно атмосфера вспыхивает? А может, вспышка все же происходит в веществе красной звезды?

И вот еще: сейчас обнаружены десятки и сотни систем, состоящих из красного и белого карликов. Далеко не всегда от таких систем наблюдались вспышки новых. Гораздо чаще вспышки были небольшими (три-четыре звездные величины) и недолгими (несколько часов или дней) и повторялись через несколько месяцев. Все такие системы получили общее название «взрывных», или «катаклизмических». И возникла новая проблема, в дополнение ко всем предыдущим. Почему в ряде случаев получается небольшая вспышка, а иногда действительно происходит катаклизм?

Были гипотезы о том, что новая вспышка возникает именно тогда, когда взрывается водород в атмосфере белого карлика, а прочие слабые вспышки происходят, напротив, в атмосфере красной звезды. Были гипотезы о том, что существенную роль во вспышках играет магнитное поле белого карлика — а оно действительно может быть очень большим, достигая сотен миллионов гауссов. Были и гипотезы, согласно которым главную роль играет процесс перетекания вещества, его втекание во вращающийся диск около белого карлика. В общем, как вы заметили, поле проб и ошибок продолжает разрабатываться. Оно еще не прополотено полностью, и много ошибок еще будет совершено, пока не родится единственно верная идея. Или пока не будет сделано наблюдение, которое положит конец спорам о новых звездах. Точнее — переведет споры в новую плоскость. Ведь установив одну конкретную истину, мы увидим, как открывается дорога к другой, еще невидимой истине.

## Глава вторая

Крабовидная туманность. Бааде и Цвикки предсказывают нейтронные звезды.  
Морфологический метод

...Венец научной работы есть предсказание. Оно раскрывает нам даль грядущих явлений. Н.

Хорош ли на самом деле метод проб и ошибок? Прогрессивен ли? Когда в 1960 году Д. Сендейдж открыл квазары, а М. Шмидт и его коллеги два года спустя получили их спектры, сразу посыпались гипотезы. Сотня гипотез за три года! И почти столько же мучительных ошибок, за каждой — тонны переработанной мыслительной руды, оставшейся в отвалах. В этом наука сродни поэзии и вообще искусству.

Впрочем, не будем романтизировать то, о чем нужно забыть. Муки творчества романтичны, если не тормозят, а подгоняют работу. А пробы тормозят. Ведь ученый ведет поиск не во всех направлениях. Он выбирает какую-то рабочую гипотезу и мысленно перебирает ее варианты. А если неверна сама идея? Пользуясь ею, ученый бодро движется совсем не в том направлении, где лежит решение. Об этом писал еще Декарт три с половиной века назад. «Ведь как путники, в случае, если они обратятся спиной к тому месту, куда стремятся, отдаляются от последнего тем больше, чем дольше и быстрее шагают, так что, хотя и повернут затем на правильную дорогу, однако не так скоро достигнут желаемого места, как если бы вовсе не ходили, — так точно случается с теми, кто пользуется ложными началами: чем более заботятся о последних и чем больше стараются о выведении из них различных следствий, считая себя хорошими философами, тем дальше уходят от познания истины и мудрости».

Сказано хорошо. Если нет надежной рабочей гипотезы, если нет уверенности, что избранная дорога верна, то не лучше ли стоять на месте? Сказать: «Не знаю».

Однако все это не в принципах науки. Ни один ученый не скажет «не знаю», если решил заняться проблемой. Лучше уж он будет идти в противоположном от истины направлении. Темп развития науки в наши дни велик, поле поиска огромно, а метод остался прежним. И ученый вынужден перебирать гипотезы, зачастую не занимаясь их разработкой. Изменился стиль работы. Психолог Г. Селье делит ученых на классиков и романтиков. Классики работают тщательно, романтики скачут от гипотезы к гипотезе. И это не только психологическая особенность, это — требование эпохи. Раньше в поле зрения ученого находился десяток ячеек-гипотез, теперь — сотни и тысячи. Вот и приходится скакать от идеи к идее, но ведь так можно пробежать и мимо верного решения. Это не раз случалось и в расследовании причин явления ярчайших новых.

Снова вернемся к расследованию, с тем чтобы позднее на новом материале поговорить о научных методах.

Трудность заключалась в том, что координаты звезды-гостьи 1054 года на небе точно известны не были. Мы уже говорили о каталоге ярких новых звезд, опубликованном Лундмарком. Поисками упоминаний о таких звездах Лундмарк заинтересовался в 1919 году. Он изучал работы А. Гумбольдта и Ж. Б. Био, вышедшие еще в XIX веке. Это были переводы древних хроник с рассказами о небесных явлениях. Использовал Лундмарк и напечатанные в 1919 году переводы Е. Циннера. Отобранные Лундмарком вспышки были такими яркими, что известный американский астроном Х. Шепли заявил: таких новых в принципе быть не может. Конечно, это заблуждение было отголоском проходившего в то время диспута: существуют ли «островные Вселенные». Х. Шепли считал, что не существуют. Спор должно было решить наблюдение — на местах очень ярких вспышек предстояло найти то, что от этих вспышек осталось.

И тут-то вкралась опечатка! В списке Лундмарка о звезде-гостье 1054 года было сказано, что она вспыхнула к юго-востоку от звезды ? (эта) Тельца. А в примечаниях Лундмарк отметил, что поблизости расположена туманность М 1, именуемая обычно Крабовидной. Однако на это

примечание никто не обратил внимания. Естественно: каждый, кто посмотрел бы на карту неба, увидел бы, что туманность М 1 находится вблизи от другой звезды в Тельце. Лишь 17 лет спустя Лундмарк исправил опечатку. Звезда-гостья, написал он, в действительности вспыхнула к юго-востоку от звезды ? (дзета) Тельца, то есть там, где расположена туманность М 1.

Остаток вспышки звезды-гостьи 1054 года — именно эта туманность! И обнаружено это было бы на полтора десятилетия раньше, если бы не досадная опечатка. Да, после явления звезды-гостьи на небе осталась туманность, а не звезда...

Впервые эту туманность наблюдал в 1731 году английский физик и астроном-любитель Д. Бевис. Он обозначил открытую им туманность на картах звездного неба в атласе «Уранография Британика», который собирался издать. Но издатель вдруг обанкротился, и Д. Бевис умер, не дождавшись публикации атласа. Лишь в 1786 году карты Бевиса (без упоминания его имени) вошли в изданный в Лондоне звездный атлас. К тому времени туманность была заново открыта Ш. Мессье, астрономом при дворе короля Людовика XV. Мессье был прозван ловцом комет. Он искал кометы, стараясь засечь их еще тогда, когда они не обзавелись ярким хвостом и видны лишь в телескопы. Чтобы обезопасить себя от путаницы, Мессье составил каталог «туманных пятен» на небе, которые отличались от слабых комет лишь тем, что в отличие от хвостатых сестер не двигались относительно звезд. Под номером 1 в каталоге Мессье и стояла туманность, открытая Бевисом. Французский астроном к моменту публикации каталога уже знал, что не он первым наблюдал туманность М 1, и воздал должное своему предшественнику. Не будь этого, мы вообще вряд ли узнали бы о том, что был любитель астрономии по имени Бевис...

Итак, туманность М 1 была занесена в каталог. Правда, никто не мог ничего сказать о ее физической природе. В. Гершель, например, считал, что это далекое скопление звезд, и будь у него телескоп побольше, он непременно разглядел бы отдельные звезды. Такой телескоп был у лорда Росса, но и ему не удалось обнаружить в туманности никаких звезд. Однако лорд Росс сделал две важные вещи. Во-первых, он обнаружил, что туманность при внимательном рассмотрении имеет волокнистую структуру — в ее аморфной массе едва-едва различались чуть более яркие изогнутые нити, волоконца. Во-вторых, при еще более внимательном рассмотрении туманность показалась лорду Россу похожей на краба, и он назвал туманность М 1 Крабовидной. Под этим названием она и известна сегодня — памятник воображению, способному разглядеть все что угодно в туманном пятнышке.

В наши дни Крабовидная туманность — один из самых известных небесных объектов. Сколько важнейших астрономических открытий связано с ней! И все из-за того, что туманность возникла при вспышке звезды-гостьи. Впрочем, обнаружить это было очень непросто. И не только из-за нелепой опечатки в списке Лундмарка.

В 1892 году У. Роберте впервые сфотографировал Крабовидную туманность, а В. Слайфер в 1913 году получил ее первые спектрограммы. В отличие от прочих газовых туманностей спектр Краба оказался непрерывным. На этом фоне были видны раздвоенные линии излучения. Обычно, если излучает нагретое облако межзвездного газа, видны только линии излучения: ведь непрерывный спектр возникает в плотном непрозрачном теле, например в звезде. Но здесь-то излучала не звезда, а туманность! Загадка излучения Краба просуществовала долго — почти сорок лет.

В 1921 году, когда Лундмарк опубликовал свой список новых звезд, Крабовидная туманность преподнесла еще одну загадку. К. Лампланд сравнил две фотографии туманности, сделанные с интервалом в восемь лет, и обнаружил, что туманность за это время изменилась. Волоконца переместились друг относительно друга, причем очень заметно. Такое же исследование провел Дж. Дункан и пришел к еще более определенному выводу — туманность расширяется! «Перевернув» картинку, можно сказать, когда это расширение

началось, конечно, если известно, с какой скоростью туманность расширяется. Снимки, которыми располагал Дункан, не позволяли еще сделать надежный расчет — нужны были более длительные измерения. Однако никто из наблюдателей не подумал о том, что эта расширяющаяся туманность может иметь какое-то отношение к взрыву звезды. Пусть не звезды-гостьи 1054 года (пресловутая опечатка «отодвигала» туманность прочь от места вспышки), но к любому другому взрыву. Ведь тогда уже было известно, что во время вспышек обычных новых звезд образуются расширяющиеся оболочки, не такие, впрочем, эффектные, как Крабовидная туманность. В 1917 году Е. Барнард обнаружил оболочку у новой Персея, а через год — оболочку у недавно вспыхнувшей новой в созвездии Водолея. Аналогия напрашивалась, но...

А ведь известно было и второе доказательство расширения Крабовидной туманности: раздвоение линий излучения в ее спектре. Почему могут раздваиваться спектральные линии? Либо потому, что атомы излучают в сильном магнитном (эффект Зеемана) или электрическом (эффект Штарка) поле, либо причиной расщепления может стать обычный эффект Доплера. Мы ведь наблюдаем оба края прозрачной расширяющейся туманности. Передний край ее приближается к нам, задний удаляется. Линии, излученные на переднем крае, смещаются из-за эффекта Доплера в голубую сторону, а линии, излученные на удаляющемся от нас заднем крае, — в красную. Вот и кажется, что каждая спектральная линия разделилась на две. Но... Как это обычно бывает при работе с помощью метода проб и ошибок, сначала делаются все возможные ошибки, даже если ошибочная идея явно неправдоподобна. В. Слайфер, который открыл расщепление линий в спектре Крабовидной туманности, писал: «Главные небулярные эмиссионные линии представляются расщепленными на два компонента, что заставляет предположить наличие эффекта Штарка, обусловленного электрическим полем». Прямо-таки заставляет...

Все же семь лет спустя мнение о том, что Крабовидная туманность может быть связана со вспышкой 1054 года, было высказано американским астрофизиком Э. Хабблом. Но на эту работу просто не обратили внимания! Причина была существенной — Хаббл опубликовал свою статью в журнале, не пользовавшемся популярностью, и о его выводе мало кто знал.

Сразу весь «букет» невезения: спектр туманности неправильно интерпретировали, в определение места вспышки звезды-гостьи вкралась опечатка, а верное мнение было опубликовано в издании, которое мало кто читал. И в результате эффектное астрономическое открытие запоздало на двадцать лет...

Таким было состояние исследований Крабовидной туманности в 1938 году, когда Лундмарк исправил наконец злосчастную опечатку.

В то время с фотографиями Крабовидной туманности работал американский астроном Р. Минковский. Он сравнил друг с другом фотографии, сделанные с интервалом в несколько лет, и определил среднюю скорость, с которой расширялась туманность: около 0,2 угловой секунды в год. Если туманность все время расширялась с такой быстротой, то семьсот лет назад она представляла собой точку. Тогда-то она и возникла.

Однако мы ведь знаем, что после явления звезды-гостьи прошло на два века больше! Минковский, впрочем, вовсе не утверждал, что Крабовидная туманность и звезда-гостья 1054 года — одно и то же. Надежно это было доказано лишь в 1942 году Н. Мейолом на Ликской обсерватории и одновременно — Ж. Оортом. Только тогда у астрофизиков появилась уверенность в том, что после вспышки 1054 года возникла газовая туманность, которую мы называем Крабовидной. Уверенность — великая сила. Если человек точно знает, что два явления связаны, а со скоростью расширения туманности получается неувязка, что он сделает? Он изменит скорость, будет утверждать, что раньше скорость расширения могла быть меньше. Именно такой вывод и был сделан на самом деле. Крабовидная туманность расширяется все быстрее и быстрее!

Так возникла еще одна загадка Краба, и отгадать ее удалось больше двух десятилетий спустя.

А что же стало с самой вспыхнувшей звездой? Неужели от нее не осталось ничего, кроме туманности?

Поиск звездного остатка вспышки 1054 года — другая, и тоже драматическая, история.

В конце двадцатых годов из Европы в США приехал работать немецкий астроном В. Бааде. На Маунт Вилсон он начал сотрудничать со швейцарским астрономом Ф. Цвикки, тоже покинувшим родину, чтобы поработать на больших телескопах Америки. Сотрудничество Бааде и Цвикки оказалось удивительно плодотворным. В 1934 году они опубликовали работу, в которой сразу пролили новый свет на проблему вспышек очень ярких новых звезд. Во-первых, Бааде и Цвикки дали таким звездам название. Пусть очень яркие новые звезды называются сверхновыми. Название довольно бессмысленное, потому-то оно пришло сразу и без обсуждений. Так же, как Краб. Чем меньше смысла в названии, тем оно легче запоминается.

В работе Бааде и Цвикки было много правильных идей. Они подошли к проблеме сверхновых звезд как теоретики, но использовали весь имевшийся в их распоряжении наблюдательный материал. Начали они с того, что решили разобраться в проблеме происхождения космических лучей. Космическими лучами называют высокоэнергичные частицы, лавиной падающие на Землю из космического пространства. Частицы такой большой энергии, какая встречается в космических лучах, ученые до сих пор не научились получать на самых мощных ускорителях. Откуда берутся эти частицы? Где их источник? Бааде и Цвикки впервые сказали: космические лучи могут генерироваться при вспышках сверхновых звезд. Два явления были объединены: сверхэнергичные частицы и сверхъяркие звездные вспышки. Таким было первое правильное предсказание Бааде и Цвикки. Вторая их идея была еще интереснее, и если можно так выразиться, еще правильнее. Бааде и Цвикки предсказали нейтронные звезды.

Вот как они рассуждали.

Оптическая светимость сверхновой звезды в максимуме яркости в сотни миллионов раз больше светимости Солнца. Солнце ежесекундно излучает около  $4 \cdot 10^{33}$  эргов — эта энергия уносится в космос квантами света всех длин волн. Значит, оптическое излучение сверхновой звезды составляет приблизительно  $4 \cdot 10^{41}$  эрг/с. Чтобы учесть излучение в невидимых диапазонах — ультрафиолетовом, инфракрасном и других, — Бааде и Цвикки увеличили оптическую светимость в 10 миллионов раз. Полная (или, как говорят астрономы, болометрическая) светимость сверхновой в максимуме яркости оказывается в таком случае около 1048 эрг/с. Сверхновая светит несколько месяцев и за такой короткий срок успевает излучить до  $10^{53}$  эргов энергии.

Такие числа приводились в статье Бааде и Цвикки. А теперь несколько чисел для сравнения. Вся тепловая энергия, заключенная в обычной звезде, составляет около 1047 эргов — в миллион раз меньше. Для того чтобы рассеять в пространстве все вещество Солнца, нужно совершить работу, равную  $7 \cdot 10^{48}$  эргов — в 15 тысяч раз меньше, чем излучает сверхновая! Ясно, что при вспышке сверхновой со звездой происходит нечто катастрофическое. Во время вспышки новой звезды излучается 1045 эргов. Такой взрыв звезда еще способна выдержать без ущерба для своего «здоровья», у нее вполне достаточно энергии и не для одной подобной вспышки. Но уж взрыва такого масштаба, как сверхновая, звезда перенести не в состоянии.

Нужно, впрочем, сказать, что множитель 10 миллионов, на который Бааде и Цвикки увеличили оптическую светимость сверхновой, довольно произволен. Современные оценки

показывают, что полная энергия, излученная сверхновой за время вспышки, достигает 10<sup>51</sup> эргов. Но существа дела эта поправка не меняет. Звезда не может пережить подобную катастрофу. Во что же она превращается? Если звезда погибает, что представляет собой ее «труп»?

Вот что писали Бааде и Цвикки:

«Со всеми подобающими оговорками мы выдвигаем гипотезу, что сверхновая представляет собой переходную стадию от обычной звезды к нейтронной, состоящей главным образом из нейтронов. Такая звезда может обладать очень малым радиусом и чрезвычайно высокой плотностью. Поскольку нейтроны могут быть упакованы гораздо более тесно, чем обычные ядра и электроны, энергия «гравитационной упаковки» в холодной нейтронной звезде может стать большой и при определенных условиях во много раз превосходить значения, соответствующие типичным ядерным упаковочным множителям. Предположение, что сверхновые испускают космические лучи, весьма удовлетворительно согласуется с большинством основных наблюдений космических лучей».

Идеи Бааде и Цвикки опередили свое время лет на тридцать! «Виновато» было богатое творческое воображение этих ученых. До них никто не предсказывал новых типов небесных тел. Новые явления на небе обычно открывают астрономы-наблюдатели. И лишь в процессе интерпретации наблюдений начинает проявлять себя творческое воображение теоретика. Тем интереснее, что нейтронные звезды были предсказаны теоретически.

Важно, что, занявшись проблемой происхождения космических лучей и сказав, что такие лучи рождаются во вспышках сверхновых, Бааде и Цвикки не остановились, как это обычно бывает (автор обрадован тем, что в голову пришла хорошая идея, и дальше уже не думает). Они задались вопросом: что происходит со звездой после взрыва?

В 1934 году еще не было даже предварительных правильных идей о том, как эволюционируют звезды. Нейтрон был открыт всего за год до сдачи в печать статьи Бааде и Цвикки. Теории ядерных превращений практически не существовало. Идея Бааде и Цвикки, казалось бы, ни из чего не следовала — чистая фантазия. Им пришлось преодолеть колоссальную психологическую инерцию. Нужно было отойти от привычного представления о звездах. Нужно было придумать тела, совершенно необычные. Далее, нужно было выйти за пределы одного класса явлений. Шире посмотреть на предмет исследований: привлечь данные из теории звездной эволюции (в то время скудные и зачастую неверные), сведения о ядерных превращениях (известных довольно плохо) и так далее. Нужно было представить себе процесс образования нейтронной звезды, вообразить все следствия такой катастрофы, как взрыв сверхновой. Нужно было отрешиться от представления о звезде как о статичном газовом шаре, рассмотреть процесс в динамике. И наконец, нужно было представить возможные наблюдательные следствия — ведь нейтронные звезды предстояло искать!

А как же классический метод проб и ошибок? Если бы Бааде и Цвикки действовали обычным образом, они непременно ошиблись бы. Ведь вероятность случайно сделать верную пробу, едва ступив на поле проб и ошибок, очень мала. Может быть, Бааде и Цвикки просто повезло?

Конечно, дело не в случае. Ясно, что к истине можно пробиться быстрее, если систематически пробовать все возможности. Не упуская ни одной. Истина будет обнаружена обязательно — вопрос во времени.

Цвикки создал морфологический метод, названный им методом направленной интуиции. Метод, заставляющий исследователя видеть не только тот путь, что привычен, что перед глазами, но и все боковые ответвления, все возможные варианты.

Известен такой анекдот. Знаменитый немецкий микробиолог Р. Кох работал в своей

лаборатории возле сосуда, окутанного паром и дымом. В комнату вошел помощник.

— Угадай, — обратился к нему Кох, — что здесь варится?

Ассистент перечислил все известные ему бактерии, но Кох отрицательно качал головой. Не дождавшись правильного ответа, он, смеясь, сказал:

— Да там же сосиски...

Вот прекрасный пример того, как психологическая инерция не позволяет разглядеть все возможные варианты явления. Метод, разработанный Цвикки, позволил это сделать. Цвикки предложил строить на бумаге так называемые морфологические ящики — таблицы, где на одной оси записаны основные параметры будущей теории (механизма, конструкции, явления), а на другой оси — все возможные значения этих параметров.

В начале тридцатых годов Цвикки только начинал размышлять о морфологическом методе. Но и тогда сумел использовать его для предсказания нейтронных звезд. Много позднее он написал об этом в книге «Морфологическая астрономия», опубликованной в 1957 году. В 1971 году Цвикки был в Москве и рассказал об открытии нейтронных звезд на лекции в Московском университете.

«За основной параметр одной из осей морфологического ящика, — рассказывал Цвикки, — я взял характерные размеры звезды. Эти размеры являются комбинациями мировых постоянных: постоянной Планка, постоянной тяготения, скорости света, массы протона, а также массы и заряда электрона. Пусть самая большая из возможных комбинаций соответствует звездам-гигантам. Вторая комбинация постоянных меньше в 20 раз. Пусть она соответствует звездам-карликам, таким, как наше Солнце. Следующая характерная длина еще в тысячу раз меньше. В звездных масштабах она соответствует размерам белых карликов — около 10 тысяч километров. Обычно все исследователи здесь и останавливаются. Но давайте отбросим инерцию. Нам нужно избавиться от психологической инерции в представлениях о размерах звезд. Пересилим себя и пойдем дальше. Очередное сочетание постоянных дает характерную длину в несколько сотен раз меньшую, чем предыдущая. Что это — звезда размером в несколько километров?! Первое, что хочется сказать, — это невозможно! Но мы должны заставить себя забыть это слово. Пусть возможно. Что это за звезда? Подсчитаем ее плотность. Разделим массу, равную массе Солнца, на объем шара радиусом в один километр. Получим невероятное значение: 100 миллиардов тонн в кубическом сантиметре! Обычное вещество из атомных ядер и электронов при такой плотности существовать не может — не позволяют электрические силы отталкивания. Нужны нейтральные частицы. Мы их знаем — это нейтроны. Звезда состоит из нейтронов, тесно прижатых друг к другу. Но для того чтобы сжать звезду до такой огромной плотности, возражает психологическая инерция, нужно совершить колоссальную работу против сил тяжести, скомпенсировать потенциальную энергию тяготения. Для нейтронной звезды величина этой потенциальной энергии около  $10^{53}$  эргов. Но... ведь как раз такая энергия выделяется при взрыве сверхновой! Вот и решение. Да, нейтронные звезды могут существовать. Более того, никакие другие звезды, кроме нейтронных (гиганты, обычные и белые карлики), не могут объяснить такого огромного выделения энергии во вспышке. Отлично. Теперь можно остановиться, продумать эту идею, полученную методом направленной интуиции. Но... разве уже все ячейки заполнены? Есть еще одна характерная длина, еще одна комбинация мировых постоянных — на восемнадцать порядков меньше предыдущей длины! Этой длине соответствует звезда с радиусом... 10-13 сантиметров. Размер электрона. Звезда, сжатая почти в точку. Да можно ли назвать такие объекты звездами? Если и звездами, то поистине адскими...»

В книге «Морфологическая астрономия» Цвикки писал об адских звездах, а в МГУ рассказал. Сейчас мы знаем, что по-видимому существуют безгранично сжимающиеся звезды — черные



дыры. Название, ненамного экзотичнее придуманного Цвикки.

Впрочем, в статье 1934 года об адских звездах речи не было. Видимо, мало сказать: давайте забудем о психологической инерции. Даже метод направленной интуиции, хотя и ослабляет инерцию мысли систематическим перебором вариантов, все же не гасит ее окончательно. И шага от нейтронных звезд к адским в работе 1934 года Цвикки не сделал...

Таким было первое применение морфологического анализа. Даже в простейшем «ящике», содержащем всего одну ось, уже нашлись два верных предсказания. Два открытия. А если бы Цвикки действовал методом проб и ошибок?

Приведем прекрасный пример сочетания метода проб и ошибок с психологической инерцией. Всем известен закон Кеплера: планеты движутся по эллипсам, причем в одном из их фокусов находится Солнце. Кеплер был великим тружеником и одним из самых незаурядных умов своего времени. Чтобы быть в то время сторонником Коперника, требовалось немалое мужество. Да, Кеплер был смел, но все же не мог отрешиться от инерции, происходящей из его эстетических представлений о природе. Природа стремится к гармонии (точнее — бог, создавший природу, создал ее, несомненно, гармоничной). Поэтому и планеты должны обращаться вокруг Солнца, описывая самые гармоничные из фигур — окружности.

Отрешиться от этого представления Кеплер не мог в течение многих лет. Он перебрал все возможные комбинации кругов и сфер с планетными орбитами. Но согласия с наблюдениями не получил и понял, что окружности не могут объяснить расхождения в восемь угловых минут между предсказанным и наблюдаемым движением Марса. Кеплер не сразу вышел на верную дорогу. Вряд ли кто-нибудь иной на его месте отринул бы идею окружности, вряд ли кто-нибудь еще осмелился бы начать поиск в ином направлении. Галилей ведь до конца жизни не принимал идеи Кеплера о том, что орбиты планет отличаются от круговых. Кеплер переступил через внутренний запрет. Если бы он знал морфологический метод, он сразу построил бы (ведь инерция ему уже не мешала!) ось возможных геометрических фигур, не обладающих углами, среди них был бы и эллипс. Но Кеплер пробовал и, естественно, ошибался. Сначала он принял, что планеты движутся по овалу, похожему на яйцо. И лишь убедившись в очередной ошибке, обратил внимание на эллипс...

Что ж, возможно, морфологический анализ является шагом вперед. Но не преувеличиваем ли мы его возможности? Разве Цвикки открыл нейтронные звезды? Предсказал их открытие — так будет точнее. Впрочем, и здесь возникают сомнения: разве можно предсказать открытие?

А получение закономерности — не открытие? Разве мы не говорим, что Ньютон открыл закон всемирного тяготения, а Кеплер — законы движения планет?

Чтобы в дальнейшем не возникало путаницы, внесем ясность. В Положении об открытиях говорится: «Открытием признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира».

Речь идет, таким образом, о выявлении неизвестного прежде факта или закона природы. Гипотеза, пусть и оправдавшаяся, не в счет. В счет пойдет эксперимент, который гипотезу подтвердит. Поэтому Цвикки, конечно, не получит диплома на открытие нейтронных звезд. Он высказал идею, которая оказалась верной. А космические лучи, к примеру, были открыты. И явление радиоактивности.

Возможны открытия экспериментальные: они могут быть следствием настойчивого поиска, но очень часто совершаются вдруг, неожиданно, случайно. Возможны открытия теоретические: они неожиданными не бывают. Это всегда плоды упорного труда.

В дальнейшем мы будем называть открытиями лишь то, что обнаруживает наблюдатель или экспериментатор. Открыть можно факт, явление, процесс в материальном мире,

регистрируемый прибором и нашими органами чувств. А объяснение факта, закон природы открыть нельзя — это плоды творческого воображения. Можно открыть, что существуют силы притяжения между всеми телами в той или иной области Вселенной. Для расчета же действия этой силы Ньютон изобрел способ выражения ее в виде формулы. Поэтому в дальнейшем теоретические открытия мы будем называть научными изобретениями. Такое название лучше отражает их суть. В том же Положении сказано: «Изобретением признается отличающееся новизной решение технической задачи».

По-видимому, открытия и научные изобретения можно предвидеть. Более того, можно научиться делать такие предсказания систематически. Первое приближение — метод направленной интуиции, морфологический анализ.

Конечно, такое мнение нуждается в аргументации. Разве можно было с помощью морфологического анализа, пользуясь законами только конца XIX века, предсказать радиоактивность? А разве Беккерель пробовал и ошибался? Он совершенно случайно обнаружил почернение фотопластинки, лежавшей поблизости от солей радия. ФРАГМЕНТ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ЯЩИКА «ВСПЫШКИ В КОСМОСЕ»

А постоянство скорости света? Разве можно было предвидеть результат опыта Майкельсона?

Попробуем доказать, что можно было предвидеть любой результат этого опыта, в том числе и правильный. И именно с помощью морфологического анализа.

Построим морфологический ящик для света. О каких свойствах света знал Майкельсон? Он знал, что свет обладает энергией, скоростью... Собственно, именно скорость его интересовала. Построим эту единственную ось. Вот варианты. Скорость света постоянна в данной системе отсчета. Скорость света переменна в данной системе отсчета. Но систем отсчета две: одну Майкельсон связал с Землей, другую — с гипотетическим эфиром. Какие возникают варианты? Скорость света разная в двух системах. Скорость одинакова в обеих системах. Скорость переменна в одной системе и постоянна в другой. Скорость переменна в обеих системах. Есть еще варианты? Кажется, нет. Вы заметили среди перечисленных вариантов постулат Эйнштейна?

Не будем преувеличивать. Такой анализ позволяет лишь поставить задачу о предсказании открытия. А задачу-то нужно еще решить. Кроме того, в реальных задачах вариантов не два, не три, а десятки и сотни, и перебор их, даже систематический, может отнять много времени и сил. Наконец, заранее неизвестно, в какой именно клетке морфологического ящика находится искомое предсказание. Шесть результатов опыта Майкельсона можно было предвидеть с помощью морфологического анализа. И лишь один из шести мог оказаться и оказался верным. Но мог ли Майкельсон заранее сказать — какой именно?..

Однако вернемся к расследованию гибели звезд. Построим морфологический ящик «Вспышки в космосе». Ящик перед входом в теорию, то есть ящик, позволяющий делать верные интерпретации уже обнаруженного явления, позволяющий делать научные изобретения. Вертикальная ось — характеристика явления. Горизонтальная — возможные варианты характеристик.

Посмотрим в таблице на сочетание клеток А5—Б6—В5—Г7—Д5—Е2—Ж4—З2—И6—К4. Что это напоминает? Конечно, идею Шацмана о вспышках новых звезд!

А такое сочетание: А5—Б1—В5—Г2—Д5—Е7—Ж3—З1—И6—К4? Это идея Зеелигера о разогреве звезды, пролетающей сквозь газовую туманность.

Попробуйте сами отыскать теперь в этой таблице все гипотезы о взрывах новых звезд, рассмотренные в первой главе. А заодно и гипотезы о взрывах сверхновых — в таблице есть и такие. Вот только какие из гипотез правильны?..

Ящик, который был сейчас построен, это ящик перед входом в теорию. Но морфологический анализ можно провести и на выходе из теории. В первом ящике содержатся потенциальные научные изобретения, во втором — потенциальные открытия. Ящик, который построил Цвикки для звезд, — это ящик второго типа.

Морфологический анализ в его сегодняшней форме — это лишь первая попытка модернизировать творческий труд ученого. Попытка систематизации — не больше. Главный недостаток метода — он оставляет на волю случая выбор правильной идеи. Для того чтобы найти верное решение, нужно перебрать и исследовать все клетки. И еще. Конструирование морфологических ящиков, конечно, расковывает фантазию, расшатывает психологическую инерцию, но ненадолго. Нет гарантии, что все поле проб и ошибок покрыто сетью клеток. Правда, исследователю уже не приходится хаотически метаться, хватаясь за ближайшее решение и восклицая «а если». Но, возможно, при систематическом переборе вариантов исследователь все же упустит золотую рыбку-открытие из своей сети, потому что сделал сеть короче и уже, чем нужно.

Кроме того, не нужно недооценивать и роль случая. А она огромна! Делая теоретическое предсказание, нельзя знать точно, осуществится ли оно, как нельзя утверждать наверняка, что построенный морфологический ящик охватывает все свойства явления. Хороший тому пример — открытие планеты Плутон.

Помните, как был открыт Нептун? Леверье и независимо от него Адамс рассчитали, где на небесной сфере должна находиться планета, тяготение которой вносит возмущения в движение Урана. Именно в этой точке Нептун и был обнаружен. Открытие было четко предсказано, и Леверье с Адамсом по праву считаются его авторами. Но все же Нептун не мог полностью объяснить все аномалии в движении Урана. И тогда была выдвинута гипотеза — за орбитой Нептуна находится еще одна планета. В 1915 году Ловелл закончил необходимые расчеты и доложил на заседании Американской академии искусств и наук о том, где нужно искать планету Икс. После тщательных поисков планета была открыта. Это произошло 13 марта 1930 года — сотрудник Ловелловской обсерватории Томбо обнаружил планету Икс именно там, где предсказал Ловелл. Так значит, именно Ловелл открыл Плутон на кончике пера?

Когда измерили массу Плутона, оказалось, что она меньше той, что предполагал Ловелл. Плутон двигался совершенно не по той орбите, что была для него рассчитана. Предсказание оказалось начисто ошибочным! Но... ведь Плутон-то был найден там, где и было предсказано...

Ученым пришлось признать, что совершилось событие, немыслимое с точки зрения теории вероятностей. Его Величество Случай. Вернемся к теме нашего «расследования» и приведем еще пример случая — Крабовидную туманность. С ней связаны радикальные астрономические открытия XX века. Среди остатков вспышек сверхновых — это уникальнейший объект. Если бы Крабовидная туманность не была столь уникальна, развитие астрофизики за последние десятилетия могло пойти немного иначе. И самое удивительное в том, что уникальная эта туманность находится по астрономическим понятиям неподалеку от Солнца — в двух тысячах парсек. Вероятность такого соседства мала — и все-таки Крабовидная туманность рядом.

Итак, наше «расследование» продолжается. Мы узнали, что существуют сверхновые: катастрофические звездные вспышки, в результате которых звезды погибают. Мы узнали о том, что на месте вспышки звезды-гости 1054 года возникла Крабовидная туманность —

расширяющееся газовое облако. Обсудили идею Бааде и Цвикки о нейтронных звездах и метод, с помощью которого эта идея получена. Но действительно ли нейтронная звезда — именно тот объект, который можно назвать «трупом» погибшей звезды? Об этом — дальше.

## Глава третья

Белые карлики. Эффекты теории относительности. Что такое гравитационный радиус!  
Нейтронные звезды. Коллапс

Ум человеческий имеет три ключа, все открывающих: знание, мысль, воображение — все в этом. В. Гюго

Итак, Бааде и Цвикки сделали важное предсказание. Что же за этим последовало? Много лет спустя, выступая на международном совещании по сверхновым звездам, Цвикки с горечью вспоминал:

«Генри Норрис Рассел, работавший на Маунт Вилсон, убеждал меня и тогда и потом, что взрывные процессы со сжатием слишком уж причудливы и не играют роли в эволюции вещества во Вселенной. Эддингтон в 1930 году, когда я читал лекции в Кембридже, говорил то же самое».

Астрономам сверхплотные звезды казались причудливыми образованиями, астрономы не нуждались в экстравагантных ненаблюдаемых небесных телах для объяснения наблюдаемых явлений. Были известны плотные звезды — белые карлики. Белые карлики можно было наблюдать в телескопы. А в существование нейтронных звезд верили только Бааде и Цвикки. Верили, потому что их подход к проблеме вспышек сверхновых отличался большой широтой. Остальные астрономы (и даже такой выдающийся ученый, как сэр А. Эддингтон) считали, что самые компактные объекты во Вселенной — белые карлики. Белые карлики хорошо увязывались и с теоретическими представлениями об эволюции звезд. Открытие белых карликов — успех наблюдательной астрономии, и это тоже важно знать, чтобы понять, почему наблюдатели к ним так относились.

А открыты были белые карлики так. Ф. Бессель, работавший в Кенигсбергской обсерватории, в 1844 году исследовал, как перемещается по небу Сириус, ярчайшая звезда северного неба. Оказалось, что движется Сириус не по прямой, а по странной волнистой линии. У Бесселя не было причин сомневаться в законах Ньютона. Если тело не движется по прямой, значит, на него действует сила. Единственная сила, влияющая на движение небесных тел, — сила тяготения. Значит, Сириус притягивается каким-то другим телом, находящимся поблизости от него. Поскольку траектория движения Сириуса подобна синусоиде, значит, невидимое тело постоянно находится около звезды, то с одной то с другой стороны. Иными словами, невидимое тело обращается вокруг Сириуса, заставляя и его описывать кривую линию. Бессель сказал: Сириус — это двойная система. Спутник его очень слаб и потому невидим.

Здесь тоже, заметьте, был вопрос доверия. Бессель, как и все астрономы, безгранично верил в справедливость законов Ньютона. Поэтому наличие невидимой звезды в системе Сириуса представлялось несомненным. А нейтронные звезды, хотя и не противоречили известным законам физики, были лишь нововведением, не освященным вековыми традициями. Еще не были известны многие свойства недавно открытого нейтрона, а тут уже заговорили о нейтронных звездах!

В 1863 году американский астроном А. Кларк, испытывая новый объектив для телескопа, заметил около Сириуса слабую звездочку. Провели наблюдения, и выяснилось, что звездочка и Сириус обращаются около общего для них центра масс 1 раз за 50 лет. Но загадка Сириуса В в то время еще не возникла. Лишь в 1914 году У. Адамсу удалось получить спектр Сириуса В, и тогда обнаружилось, что температура на поверхности этой слабенькой звездочки вдвое выше, чем температура поверхности Солнца. Что же получается? Количество энергии, излучаемой нагретым шаром (звездой), пропорционально четвертой степени температуры и квадрату радиуса звезды. Если бы Сириус В по размерам был подобен Солнцу, то должен был излучать в  $24 = 16$  раз больше, чем наше дневное светило. А он излучает значительно меньше Солнца. Значит, Сириус В должен иметь соответственно значительно меньшие размеры. Радиус его должен составлять около 10 000 километров — чуть больше, чем радиус Земли!

Это был наблюдательный факт, и все равно астрономы поверили в него не сразу. Эддингтон писал в книге «Звезды и атомы», опубликованной в 1927 году:

«Сообщение спутника Сириуса после его расшифровки гласило: «Я состою из вещества, плотность которого в 3000 раз выше, чем все, с чем вам когда-нибудь приходилось иметь дело; тонна моего вещества — это маленький кусочек, который умещается в спичечной коробке». Что можно сказать в ответ на такое послание? В 1914 году большинство из нас ответило так: «Полно! Не болтай глупостей!»

Но с наблюдениями не поспоришь. С существованием в природе белых карликов пришлось смириться. Сначала их приняли как факт, и лишь полтора десятилетия спустя поняли, почему белые карлики имеют такие маленькие размеры и такую большую плотность. Первым об этом написал английский астрофизик А. Милн в 1930 году. В белых карликах, утверждал он, находится вырожденное вещество.

Что это значит?

Любая звезда находится в равновесии, потому что в ней противоборствуют две равно могучие силы. Все частицы вещества притягиваются друг к другу — действуют силы тяжести. Тяжесть стремится сжать звезду. Но звезда горяча. Частицы в ней хаотически движутся, создавая газовое давление. Давление газа стремится звезду расширить. Температура на поверхности Солнца достигает 6 тысяч градусов, а в недрах — до 20 миллионов градусов! Обычное газовое давление тем больше, чем выше температура. В нормальных звездах, подобных Солнцу, давление газа способно уравновесить силу тяжести в любой точке звезды. Будь звезда чуть-чуть горячее, она стала бы расширяться (газовое давление оказалось бы больше, чем сила тяжести), но при расширении она стала бы остывать, как и положено газу. Давление упало бы, и расширение прекратилось. В стационарных звездах обе силы находятся в строгом равновесии друг с другом.

Но если сила тяжести существует в звезде всегда, то этого нельзя сказать о газовом давлении. Ведь для того чтобы газ был нагрет, нужна какая-то причина, какая-то, грубо говоря, «печка». Что же поддерживает температуру звезды? Это был главный вопрос астрофизики: почему звезды светят? Гипотез по этому поводу выдвигалось много. Лишь в тридцатые годы проблема стала проясняться — были открыты ядерные превращения. Между прочим, тогда выяснилось, что о возможности черпать энергию нагрева звезды из ядерных реакций (например, из слияния водорода в гелий) писал еще в 1919 году Р. Аткинсон. Но, естественно, эта работа никакого впечатления не произвела.

Однако какими бы ни были источники нагрева звезды, они должны себя в конце концов исчерпать. Что случится со звездой после этого? Звезда остынет, как печка без дров, и газовое давление уменьшится. Но тогда сила тяжести начнет сжимать звезду. До каких пор?

Одно из двух. Либо отыщется другой вид давления, отличный от обычного газового, и сжатие будет остановлено, либо... Либо такого давления не найдется, и звезда будет сжиматься бесконечно! До появления квантовой механики астрономы не знали иного давления, кроме давления нагретого газа. Квантовая механика позволила сделать шаг вперед. Оказалось, что даже абсолютно холодный газ (нуль градусов по шкале Кельвина) обладает вполне определенным остаточным давлением, причем настолько большим, что оно способно остановить сжатие звезды. Дело в том, что в квантовой механике существуют два сорта элементарных частиц, различных по своим характеристикам. Поскольку в микромире все свойства меняются не непрерывно, а порциями, квантами, то и вращение элементарных частиц тоже описывается не угловой скоростью, а дискретным квантовым числом — спином. Спин частицы может быть целым (0, 1, 2 и т. д.) или полуцелым ( $1/2$ ,  $3/2$  и т. д.). Поведение частицы зависит от того, целый у нее спин или полуцелый. Еще в начале двадцатых годов, когда квантовая механика только начиналась как научная дисциплина, индийский физик Бозе (а затем Эйнштейн) описал поведение частиц, обладающих целым спином. Теперь такие частицы называют бозонами. А поведение частиц с полуцелым спином описывается квантовой статистикой, созданной Ферми и Дираком и названной их именами. Сами же частицы называют фермионами. Бозонами являются фотоны и нейтрино (тогда еще не открытое). А протон, электрон, нейтрон (тогда еще тоже не обнаруженный) являются фермионами.

В квантовой механике существует принцип Паули, который гласит: в одном и том же квантовом состоянии не могут находиться сразу две (и больше) частицы с полуцелым спином. Фермионы не могут обладать одинаковыми энергиями или импульсами!

А теперь заглянем внутрь звезды. Источники нагрева исчерпаны, звезда остывает. Представим, что она совсем остыла — температура ее стала равной абсолютному нулю. Естественно, что вся тепловая энергия частиц (энергия их хаотического движения) тоже исчезла. Нет хаотического движения, нет и давления. Ничто не противостоит тяжести, стремящейся сжать звезду. Ничто ли? Звезда ведь состоит из атомных ядер, протонов, электронов, нейтронов (не забудем, что нейтроны тогда еще не были открыты), в общем — из фермионов. И значит, в остывшей звезде действует квантовая статистика Ферми — Дирака, действует принцип Паули. Две частицы не могут обладать одинаковыми импульсами! Когда мы говорим, что в абсолютно холодной звезде прекращается всякое движение, это справедливо только для одной-единственной частицы. Одна частица действительно обладает нулевым импульсом. Но именно поэтому любая другая частица должна иметь импульс, отличный от нуля (действует принцип Паули!). Третья частица должна иметь еще больший импульс и так далее.

В звезде колоссальное число частиц (в Солнце их около  $10^{57}$ ). И как бы мало ни отличались импульсы частиц друг от друга, все же импульс самой энергичной из них окажется огромным. Но если есть импульс, то есть и давление. Если импульс частиц может оказаться большим, то велико может быть и давление. Импульс самой быстрой частицы в такой системе называется граничным Ферми-импульсом, а описанный нами газ называется вырожденным Ферми-газом. Если такой газ нагревать, то вырождение исчезнет — частицы приобретают хаотическое тепловое движение, освобождают уровни, на которых находились раньше, все больше и больше увеличивая свои импульсы...

Итак, остывая, звезда сжимается. Частицы все сильнее прижимаются друг к другу. Частиц очень много, граничный импульс Ферми очень велик. Наступает вырождение — давление вырожденного газа становится больше, чем обычное тепловое давление. А если сжатие продолжается, то давление вырожденного газа способно даже уравновесить силу тяжести!

Теория вырожденных звезд была строго развита в 1931 году индийским астрофизиком С. Чандрасекаром. В статье «Сильно сжатая конфигурация звездной массы» он описал звезду из вырожденного газа протонов и электронов. Оказалось, что открытые почти сто лет назад

белые карлики прекрасно описываются законами квантовой механики, законами статистики Ферми — Дирака. В белых карликах давление вырожденного газа как раз таково, что уравнивает силу тяжести. Плотность вещества в белых карликах ( $1 \text{ т/см}^3$ ) достаточна для создания нужного давления. Наконец, размеры звезд ( $10\,000 \text{ км}$ ) достаточны для создания нужной плотности. Все прекрасно сходилось! Конечно же, температура белых карликов, наблюдаемых в телескопы, не равна абсолютному нулю. Спутник Сириуса нагрет до  $10\,000$  градусов. Но что значит тепловая энергия, соответствующая этой температуре, по сравнению с энергией вырождения? Капля в море... Поэтому белые карлики хорошо описываются уравнениями, выведенными для абсолютно холодного вещества.

И еще один очень важный вывод сделал Чандрасекар. Дело в том, что давление вырожденного газа из протонов и электронов тоже не может расти безгранично. Наступит момент, когда и оно не сможет противостоять тяжести. Для этого нужно, чтобы тяжесть превысила некоторый предел. А для этого, в свою очередь, нужно, чтобы масса звезды была больше некоторого критического значения — ведь именно масса звезды и создает тяжесть! Вывод: должна существовать предельная масса белого карлика.

Чандрасекар рассчитал величину этой предельной массы. Она оказалась равной  $1,4$  массы Солнца в том случае, если белый карлик состоит из гелия.

Работа Чандрасекара произвела огромное впечатление — она объясняла существование наблюдаемого класса звезд, она определяла этим звездам место в общем ряду. Белые карлики, следовало из работы Чандрасекара, — это звезды после исчерпания источников энергии (правда, никто в то время не знал, что это за источники). Белые карлики — конечная стадия жизни звезд. Всех звезд — к такому выводу пришли астрофизики.

Казалось бы, здесь возникает противоречие. Белый карлик не может быть более массивен, чем  $1,4$  массы Солнца. Но ведь и в двадцатые годы астрономы знали, что есть гораздо более массивные звезды. Десять, двадцать масс Солнца. Гиганты и сверхгиганты. Что делать с ними? Они-то, видимо, не смогут стать белыми карликами?

Астрономы считали, что смогут! Ничего не зная об источниках звездной энергии, они все же выдвигали гипотезы о том, как звезды эволюционируют. Когда вышла из печати статья Чандрасекара, популярной была гипотеза (ошибочная!) о том, что все звезды рождаются голубыми гигантами большой массы. Постепенно они остывают, светимость их падает, они становятся красными карликами, а потом... А потом — белыми. Но масса красного карлика (и тем более — белого) значительно меньше массы голубого гиганта. Отсюда был сделан вывод: эволюционируя, звезды все время теряют свою массу в космическое пространство. В конце жизненного пути любая звезда потеряет ровно столько вещества, сколько нужно, чтобы ничто уже не помешало ей превратиться в белый карлик.

Так, казалось бы, наблюдательный факт (существование звезд разных масс) был состыкован с интерпретацией (звезды теряют вещество) и с теоретическими исследованиями (предельная масса белого карлика). Нуждались ли при этом астрофизики в звездах, которых никто никогда не видел? Если у вас есть удобно сшитое пальто, станете ли вы пришивать к нему третий рукав? Нет, конечно. Поэтому реакция астрофизиков на предсказание Цвикки вполне объяснима. Правда, на небосклоне астрофизики, как в свое время на физическом небосклоне, виднелось серое облачко — так и не объясненные сверхновые звезды. Но разве физики конца прошлого века обращали на свои облачка особое внимание? Нет. Астрофизики были не более прозорливы...

Теперь, разобравшись в том, какую роль сыграли белые карлики, вернемся к нейтронным звездам.

Снова сделаем отступление в прошлое — в XIX век. В век торжества ньютоновской теории

тяготения. Помните, как Леверье «на кончике пера» открыл Нептун? Нужно ли было более надежное доказательство ньютоновской теории? Однако... Движения планет все же чуть-чуть отличались от рассчитанных по законам Ньютона и Кеплера. Особенно вызывающим было поведение Меркурия. Положение его перигелия (ближайшей к Солнцу точки орбиты) отклонялось от предвычисленного на 43 угловые секунды в столетие. Делались, конечно, попытки объяснить этот феномен. Появилось множество гипотез, из которых до нас дошли единицы, да и то для того чтобы украсить кунсткамеру научных ошибок. Сначала ученые вводили в Солнечную систему невидимые массы, отклонявшие планеты с их курсов. Но это не помогло. И тогда были сделаны отчаянные попытки спасти закон тяготения Ньютона, модернизируя его формулу.

Кроме таких, чисто эмпирических трудностей, были сложности, о которых физики знали еще во времена Ньютона, но до поры скромно умалчивали. Кого, например, могла в конце XIX века удовлетворить идея о том, что тяготение распространяется мгновенно? А если не мгновенно, то с какой скоростью? И наконец, без ответа оставался главный вопрос: почему тела притягивают друг друга? В чем причина тяготения?

Так что когда Эйнштейн создал частную теорию относительности и занялся теорией тяготения, это не было прихотью гения. Вопрос назрел. Со времен Ньютона физики знали, что вес тела пропорционален его массе. Знали, что существуют два типа массы — тяготеющая и инертная. Тяготеющая масса — это масса, которую нужно подставить в закон всемирного тяготения, чтобы рассчитать силу тяжести. Инертная масса — это масса, которую нужно подставить во второй закон Ньютона, чтобы рассчитать ускорение движения тела под действием силы. Физики знали, что эти массы численно равны друг другу. Эйнштейн сделал шаг, который нам сейчас может показаться маленьким, но произвел переворот в умах. Помните, что сказал Н. Армстронг, ступив на поверхность Луны? «Маленький шаг человека — большой шаг всего человечества». Вот эти-то «маленькие» шаги, преобразующие мир, сделать труднее всего. Эйнштейн был первым, кто твердо сказал: тяготеющая и инертная массы не просто численно равны, они одно и то же. И это утверждение, названное принципом эквивалентности, послужило опорой для создания самой совершенной физической теории XX века: общей теории относительности.

Эйнштейн доказал, что перигелий Меркурия должен перемещаться именно на 43 угловые секунды в столетие. Кроме того, из общей теории относительности следовало, что луч света, который прежде считался движущимся только прямолинейно (в пустоте), должен отклоняться от своей прямой траектории в поле тяжести. Ведь фотон, квант света — материальная частица, он также должен быть подчинен закону тяготения. Никто не знал, чему равна масса фотона (Эйнштейн нашел, что фотон существует только в движении, он не может стоять на месте, его масса покоя равна нулю), но физики знали, как измерить энергию фотона. А из принципа эквивалентности следовало, что и энергия тела эквивалентна вполне определенной массе — вспомните знаменитую формулу  $E = Mc^2$ ! И значит, луч света должен, как обыкновенный камень, двигаться в поле тяжести по кривой линии, которую можно рассчитать. Это следствие из теории тяготения, в отличие от первого, предстояло еще доказать на опыте. И третье следствие тоже. Заключалось третье следствие вот в чем. Если подбросить вверх камень, то он будет лететь все медленнее, его кинетическая энергия будет расходоваться на преодоление пут тяготения. В конце концов она истратится вся, камень на мгновение остановится и начнет падать. Луч света, испущенный вверх, против поля тяжести, тоже должен разорвать пути тяготения, тоже должен, удаляясь от тяготеющего тела, терять свою энергию. Но тормозить движение фотон не может — ведь скорость света есть величина постоянная. Фотон в отличие от камня теряет энергию иначе — он «краснеет». Согласно теории квантов (тоже созданной Эйнштейном в 1905 году), энергия фотона пропорциональна его частоте. Меньше энергия — меньше частота. Частота фотона — это его цвет. Значит, цвет луча света меняется. Из голубого луч становится красным, причем тем больше, чем более сильное поле тяжести ему приходится преодолевать. Этот эффект называется



гравитационным красным смещением.

В 1919 году Эддингтон, наблюдая солнечное затмение, обнаружил, что звезды около затемненного Луной края солнечного диска сместились со своих мест. Это означало, что луч света от далекой звезды, проходя по пути к Земле рядом с Солнцем, отклонялся от прямолинейной траектории. Измеренный эффект смещения практически точно совпал с предсказанным.

А пять лет спустя тот же Эддингтон объявил о том, что спектральные линии элементов в спектрах белых карликов должны быть смещены в красную сторону.

Ведь белые карлики — самые компактные из звезд. Поле тяжести на их поверхности в миллион раз больше, чем на поверхности Земли! Значит, и красное смещение света, испущенного белым карликом, должно быть самым большим из возможных. Эддингтон вычислил, на сколько именно должны смещаться в красную сторону спектральные линии. В том же 1924 году Адамс наблюдал спектры белого карлика Сириус В и обнаружил предсказанное красное смещение — именно такое, какое следовало из теории.

Размер белого карлика 10 тысяч километров, и в нем уже проявляются эффекты общей теории относительности. Оказывается, без них нельзя точно рассчитать ни предельную массу белого карлика, ни смещение линий в его спектре. Что же тогда говорить о нейтронной звезде, размер которой, если верить предсказаниям Цвикки, еще в сотни раз меньше! Ведь и поле тяжести на поверхности нейтронной звезды должно быть в сотни раз больше! Значит, и эффекты общей теории относительности должны играть весьма существенную, а может, и вовсе определяющую роль.

Посмотрим, так ли это. Чем ближе скорость движения тела к скорости света, тем больше влияние эффектов теории относительности. Так и здесь. Характеристикой величины поля тяжести может служить вторая космическая скорость (скорость убегания). Чем больше сила тяжести, тем большую скорость должно иметь тело, чтобы улететь в космос. Чтобы навсегда покинуть Землю, нужно разогнаться до 11 км/с. Чтобы улететь с поверхности Солнца, нужно развить скорость 600 км/с. Чтобы разорвать пути тяжести белого карлика, нужна скорость 5 тысяч км/с. Все больше и больше! Заметьте, что в белом карлике эффекты общей теории относительности уже ощутимы. А чтобы покинуть нейтронную звезду, нужно разогнаться до скорости 100 тысяч км/с! Всего втрое меньше скорости света. Если бы размер нейтронной звезды был втрое меньше, то скорость убегания с ее поверхности сравнялась бы со скоростью света. Улететь с поверхности нейтронной звезды стало бы просто невозможно...

Впрочем, последнее рассуждение не имеет отношения к нейтронным звездам. Нейтронная звезда в принципе не может иметь таких маленьких размеров — позднее мы еще вернемся к этому. Но само рассуждение безупречно и пришло в голову английскому физику Дж. Мичеллу еще в XVIII веке. Спустя несколько лет после Мичелла о том же писал и великий Лаплас. Конечно, они и понятия не имели о теории относительности. Это была прекрасная догадка, жемчужное зерно в куче ошибочных представлений того времени. Лаплас писал, что если свет распространяется не бесконечно быстро, то может найтись небесное тело, с поверхности которого свет не сможет улететь, потому что скорость убегания окажется больше световой. Такое тело невозможно обнаружить, потому что оно в принципе ничего не излучает.

Таковыми телами являются, например, гипотетические «адские звезды». Размеры у них должны быть меньше размеров атома, и это при массе, равной солнечной! Если бы такие звезды могли существовать, то скорость убегания с их поверхности превышала бы скорость света в миллионы раз. Но дело-то в том, что «адские звезды» согласно общей теории относительности не могут в принципе существовать как стабильные объекты. Однако об этом тоже немного позже...

Эйнштейн завершил разработку своей теории гравитации в 1916 году. Он создал такие уравнения полей тяжести, которые сводились к обычному ньютоновскому закону всемирного тяготения, если поля слабы. Но что значит — слабы или сильны? Это лишь слова, а чтобы придать им физический смысл, нужно описать их каким-то числом. Скажем, так: если поле тяжести больше некоторого «икс», то оно считается сильным, а если меньше — то слабым. Таким пробным камнем для теории тяготения и стала проблема поля тяготения звезды. В 1916 году немецкий астроном К. Шварцшильд, прочитав только что опубликованную работу Эйнштейна, решил так преобразовать уравнения общей теории относительности, чтобы с их помощью можно было бы описать гравитационное поле звезды, то есть поле тяжести вне некоторого сферического тела. Лишь бы только это тело не вращалось.

Шварцшильд получил выражение для той критической величины, вблизи которой поле тяжести можно назвать сверхсильным. Случайно математическое выражение этой величины оказалось в точности таким, какое получил Лаплас для радиуса своей гипотетической невидимой звезды.

И тогда выяснилась странная вещь. В уравнении оказалась, как говорят математики, сингулярность. То есть область, в которой поле тяжести обращается в бесконечность. В обычной ньютоновской формуле закона всемирного тяготения тоже есть сингулярность. Если расстояние между двумя телами равно нулю, то и в ньютоновской теории сила притяжения таких тел друг к другу равна бесконечности. Но эта сингулярность никому не мешает — в природе не может реализоваться случай, когда расстояние между телами точно равно нулю! А Шварцшильд в рамках общей теории относительности нашел, что сила тяжести становится бесконечно большой при конечном, не равном нулю, расстоянии. Достаточно сжать звезду до некоторого критического размера, и сила тяжести на поверхности такой звезды станет бесконечно большой. Этот критический радиус и был назван гравитационным радиусом, или радиусом Шварцшильда. Гравитационный радиус — та граница, с приближением к которой эффекты общей теории относительности неограниченно нарастают.

Переменной величиной в формуле радиуса Шварцшильда является только масса звезды. Чем больше масса звезды, тем больше ее гравитационный радиус. Гравитационный радиус Солнца равен 3 км. Запомните эту цифру — достаточно знать массу звезды, выраженную в массах Солнца, и мы, умножив массу на три, получим величину гравитационного радиуса звезды в км. Так вот, если радиус звезды ненамного больше гравитационного, то поле тяжести сверхсильно. Радиус Солнца больше гравитационного в 200 тысяч раз, и эффекты общей теории относительности очень малы, поле тяжести Солнца хорошо описывается ньютоновской теорией (эффекты малы, но все же измеримы — ведь измерено же отклонение луча света в поле тяготения Солнца!). А радиус нейтронной звезды всего 10 км — в 2–3 раза больше гравитационного. Сила тяжести очень велика, без общей теории относительности не обойтись.

Теперь становится ясно, почему не могут существовать «адские звезды». Если их размеры меньше размеров атома, то они давно меньше гравитационного радиуса, и сила тяжести в таких звездах должна быть бесконечно большой. Но звезду удерживает в равновесии газовое давление. Значит, и газовое давление должно быть бесконечно велико, чтобы уравновесить тяжесть. Чтобы давление было бесконечным, нужна бесконечно большая плотность вещества. Но плотность бесконечна, если тело сжато в точку. А это невозможно. И потому газ в нашей звезде имеет вполне конечную плотность. Вычислим ее. Сожмем Солнце до размеров его гравитационного радиуса — 3 км. Разделим массу Солнца, равную  $2 \cdot 10^{33}$  г, на объем шара радиусом 3 км и получим, что плотность такого шара равна  $2 \cdot 10^{16}$  г/см<sup>3</sup>. Конечно, это очень много — 20 миллиардов тонн в кубическом сантиметре. Но ведь не бесконечно много! А сила тяжести на поверхности такой звезды именно бесконечна. И значит, никакое газовое давление в принципе не удержит в равновесии звезду, радиус которой равен радиусу Шварцшильда. Сила тяжести начнет распоряжаться бесконтрольно. И вещество звезды под действием тяжести начнет падать... падать... падать...

Задача, которую решил Шварцшильд, долго казалась астрономам чисто академической, не имеющей отношения к реальным небесным явлениям, хотя объекты, о которых шла речь у Шварцшильда, и назывались звездами. Большой интерес к этой задаче проявляли физики, но и их в астрономии больше интересовала важная, но чисто физическая проблема источников звездной энергии. Один из пионеров таких исследований — замечательный советский физик Л. Д. Ландау. Его небольшие заметки об источниках энергии звезд подействовали на физиков сильнее, чем эффектные предсказания астронома Цвикки. Именно статьи Ландау были стимулом, побудившим Р. Оппенгеймера и его сотрудников обратиться к исследованию строения нейтронных звезд.

Первая заметка Ландау появилась в 1932 году — еще до сообщения об открытии нейтрона. Называлась она «К теории звезд». Ландау поставил вопрос: какой может быть масса звезды, состоящей из вырожденного ферми-газа? Чандрасекар поставил тот же вопрос раньше и ответил на него (судя по всему, Ландау не знал о работе индийского ученого, поскольку ни словом о ней не обмолвился — пример отсутствия контактов между физиками и астрофизиками). Но Ландау пошел дальше. Он писал: «При  $M \ll M_0$  во всей квантовой теории не существует причины, которая предотвратила бы коллапс системы в точку». Именно то, о чем мы только что говорили! В 1937 году Ландау вновь обратился, к теории звезд, опубликовав статью «Об источниках звездной энергии». Нейтроны уже были известны. Нейтронный газ можно сжать значительно сильнее, чем газ из протонов и электронов, ' ведь нейтроны не заряжены, между ними не действуют силы электрического отталкивания. Естественно был поставлен вопрос: а если? А если звезда состоит из нейтронов? А если во всех звездах есть нейтронные ядра? А если эти нейтронные ядра и являются источниками звездной энергии?

Такие вопросы поставил Ландау в своей статье. На первый из вопросов ответили американские физики Оппенгеймер и Волков через год после того, как прочитали статью советского ученого. Интересно, что Оппенгеймер с Волковым тоже не обратили внимания на работу Бааде и Цвикки!

Оппенгеймер и Волков первыми решили задачу о том, как может выглядеть нейтронная звезда, какова ее структура. И помогла им в этом общая теория относительности. Допустим, сказали они, что звезда целиком состоит из нейтронов. В нейтронном газе существует давление вырождения, которое в принципе способно уравновесить поле тяжести. Уравновесить в любой точке звезды. Но чему равна сила тяжести в любой точке звезды? Чтобы рассчитать это, Оппенгеймер и Волков применили общую теорию относительности. И уравновесили тяжесть давлением вырожденного нейтронного газа. Не простого газа, а идеального! Впрочем, в физике именно идеальный газ и является самым простым для расчетов. В идеальном газе частицы друг с другом не взаимодействуют, и это существенно упрощает вычисления.

Всегда ли давления идеального вырожденного нейтронного газа достаточно для того, чтобы поддержать равновесие звезды? Нет, ответили Оппенгеймер и Волков. Не может существовать нейтронная звезда с массой большей, чем 0,7 массы Солнца. Это меньше предельной массы белого карлика! Впрочем, эта странность не заинтересовала Оппенгеймера с Волковым, как не интересовали их и сами белые карлики — астрофизические проблемы были им чужды. Как бы то ни было, в 1938 году физики теоретически доказали: да, нейтронные звезды могут существовать.

Правда, сами Оппенгеймер и Волков не очень, надеялись, что их теоретические расчеты когда-нибудь реализуются в астрономических открытиях. Они писали:

«Представляется неправдоподобным, чтобы статические нейтронные ядра играли большую роль в звездной эволюции».

Важность проблемы была таким образом снята, и сама задача стала выглядеть не более чем физическим ребусом.

Но ребус этот не был еще решен окончательно. Что же случится с нейтронной звездой, если масса ее окажется больше найденного предела  $0,7$  массы Солнца? «Звезда будет бесконечно сжиматься», — сказали Оппенгеймер и Волков, повторив слово в слово вывод, сделанный ранее Ландау. Но что стоит за этими словами?

За этими словами стояло предсказание черных дыр.

О звездах, с поверхности которых не может улететь свет, писали в свое время Мичелл и Лаплас. Но физика черных дыр гораздо богаче! И прежде всего, черная дыра — объект не только невидимый, но принципиально нестационарный. Вот это впервые сказали Оппенгеймер и Волков. А несколько месяцев спустя Оппенгеймер и Снайдер впервые описали, как должна выглядеть черная дыра для нас, наблюдающих с Земли, и для гипотетического космонавта, падающего вместе с веществом звезды к ее центру.

Оказывается, далеко не все равно — откуда смотреть!

Одно и то же явление может протекать по-разному, если наблюдать его из различных физических систем отсчета, — так утверждает теория относительности. Время, как вы знаете, сокращается, если двигаться со скоростью, близкой к скорости света. Но если и вы, и космонавт в ракете движетесь равномерно и прямолинейно, то как узнать, кто из вас имеет субсветовую скорость, а кто — черепашью? С вашей точки зрения, летит он, а с его точки зрения, летите вы. С вашей точки зрения, быстрее состариться должны вы, а с его точки зрения — он. Как это проверить? Вам нужно опять встретиться и сравнить показания часов. Но встретиться-то вы не можете — ведь и вы, и он летите равномерно и прямолинейно в разных направлениях. Чтобы иметь возможность встретиться, кто-то из вас должен развернуться и полететь в обратном направлении. Но тот, кто начнет разворачивать свой корабль, сразу испытает действие ускорения. Тот же, кто летит по-прежнему, никаких ускорений не испытает. А ускорение, согласно принципу эквивалентности, то же самое, что и поле тяжести. Значит, можно считать, что тот, второй космонавт, вовсе не разворачивал звездолет, включая двигатели, а просто оказался на время в поле тяжести какого-то тела. В поле тяжести — мы уже говорили об этом — часы идут медленнее, даже световые колебания совершаются с меньшей частотой. И чем больше ускорение при развороте (то есть чем больше поле тяжести), тем больше замедление времени. Когда вы снова встретитесь с космонавтом, который улетел и вернулся, окажется, что именно он остался молодым — ведь именно его, а не ваши часы шли медленнее...

А теперь вернемся к черной дыре. Представьте, что звезда начала неудержимо сжиматься. Произошел, как говорят астрофизики, катастрофический коллапс, и вы начали падать к центру звезды вместе с ее веществом. Все кругом падает вместе с вами. Вам просто не за что зацепиться взглядом, падает ведь все вещество звезды! И получается, что вы совершенно неподвижны относительно тех частиц вещества, которые летят поблизости от вас и с которыми вы можете сравнивать показания своих часов и длины своих линеек. Вы неподвижны друг относительно друга даже в момент пересечения сферы Шварцшильда. Для вас при пересечении этой страшной поверхности ничего страшного не произойдет! Вы будете все ускорять свое падение и за доли секунды — по вашим часам — окажетесь в центре звезды вместе со всем ее веществом, которое свалится вам на голову (хотя о какой голове можно говорить, если плотность вещества в центре звезды окажется бесконечно большой).

А теперь взглянем на ваше падение с точки зрения астронома, следящего за коллапсом звезды в телескоп.

Вот он видит, как в момент, когда газовое давление перестает уравновешивать тяжесть,

звезда вдруг начинает быстро уменьшаться в размерах. За полчаса она сжимается (падает...) от размеров Солнца до радиуса нейтронной звезды. Сжатие продолжается, и вы начинаете замечать странности. Вместо того чтобы ускоряться — ведь сила тяжести растет, — падение замедлилось! Да, с приближением к сфере Шварцшильда сила тяжести устремляется к бесконечности.

Но ведь и время начинает течь бесконечно медленно! Если падающая частица сигнализирует о своем движении, ежесекундно испуская по фотону (по часам, установленным на частице), то вы улавливаете эти фотоны один раз в секунду, один раз в две секунды, один раз в три секунды, в четыре... И при этом энергия фотонов, преодолевших возрастающее поле тяжести, становится все меньше и меньше, пойманные вами фотоны оказываются все «краснее». Те фотоны, которые частица излучит вблизи самой сферы Шварц-шильда, будут отделены для вас друг от друга интервалами в тысячи, десятки тысяч, миллионы лет. А последний фотон, который частица испустит, пересекая сферу Шварцшильда, дойдет до вас за бесконечное время и будет иметь бесконечно малую энергию. Иными словами, вы этот фотон никогда не увидите.

Что же получилось? Звезда для вас как бы застыла. Процессы, которые вы наблюдаете, протекают все медленнее, пока не застывают окончательно. Впрочем, вряд ли вы вообще сможете что-нибудь наблюдать. Ведь красное смещение света будет так велико, что обычные видимые световые волны станут длинными радиоволнами и будут смещаться все дальше и дальше. Вы увидите, как звезда, начав сжиматься, попросту погасла...

Вот какие странные метаморфозы произойдут со звездой, если в ней нечем будет поддерживать равновесие и если начнется катастрофический коллапс. Так утверждает общая теория относительности. А сами эти звезды получили название коллапсирующих. Впоследствии появилось еще одно название — застывшие звезды. Но укоренилось и стало общепринятым более звучное и экстравагантное название — черные дыры. Черные дыры, откуда ни один луч света не может выйти к наблюдателю. Черные дыры, которые все заглатывают своим тяготением. Черные дыры, которые, в сущности, не звезды, а растянутый до бесконечности процесс сжатия звезды. Черные дыры, которые и сейчас представляют для теоретиков, для всех знатоков теории относительности увлекательную и не разрешенную пока загадку. И эти странные особенности коллапсирующего тела были впервые описаны в 1939 году Оппенгеймером и Снайдером... \* \* \*

Итак, следующая проблема в нашем «расследовании»: найти доказательства того, что гибель звезд в 1054, 1572, 1604 годах, как и другие вспышки сверхновых, действительно приводила к появлению таких странных небесных тел, как нейтронные звезды и черные дыры.

К этому мы вернемся в следующей главе, а пока опять немного поговорим о методах. Эйнштейн не пользовался морфологическим анализом и, прежде чем сформулировать свой принцип эквивалентности, не опубликовал на эту тему ни одной ошибочной работы. Дело в том, что в конце прошлого и начале нашего века предлагалось много гипотез для спасения ньютоновской теории тяготения. Проб было достаточно. А Эйнштейн пришел и нашел зерно. Сразу? Нет, этому предшествовали годы размышлений над проблемой тяготения. Годы мысленных проб. И ошибок, конечно. Мышление подобно айсбергу, и чем мудрее ученый, тем глубже погружен этот айсберг. То, что находится над водой, то, что сам ученый называет работой мысли, — это работа сознания. А под водой, скрыто от всех и даже от самого ученого, идет бессознательная работа, идет неосознаваемое решение задачи, подсознательный перебор вариантов.

Психологическая инерция, преодолевать которую мы пока не научились, не позволяет сознанию безумствовать всегда, вводит его в рамки здравого смысла. Из-за этого сознанию бывает очень трудно нащупать решение — оно часто выглядит безумным. Похоже, что у подсознания такого тормоза нет. Далекое ассоциации, невероятные аллегории и аналогии —

в эту невидимую игру подсознания и вклинивается вдруг ассоциация, аналогия, несущая решение. Потому часты озарения «во сне» или «на прогулке». Алогичность снов не имеет ничего общего с логикой науки. Этим же отличается гениальная идея от обычной. Уже потом, найдя правильное решение, выплывшее будто бы из «ниоткуда», можно навести мосты логики, построить дорогу от старой идеи к новой. Подсознание проводит пробы, а интуиция выбирает из них верную. Роль интуиции — в выборе, но для того чтобы выбрать, нужно иметь из чего выбирать!.. Поэтому, говоря об Эйнштейне, мы вовсе не опровергаем метод проб и ошибок. Дело в неисследованной пока роли подсознания.

Неизвестно, как работает наше подсознание, но то, что оно перебирает различные идеи — это гипотеза, которая выглядит вполне правдоподобно. То, что решение как бы «всплывает» из подсознания, доказано психологами, да и сами ученые подтверждают. Сократ говорил, что у него есть личный демон, который подсказывает ему мысли. Многие ученые говорят о «внутреннем голосе». Г. Селье писал: «Построение гипотез гораздо меньше зависит от логического мышления, чем думает большинство людей. Ни одна гипотеза не может быть создана, путем только логического рассуждения, потому что она... основывается на недостаточном количестве данных...»

Работа подсознания скрыта от взгляда, и нередко самому ученому кажется, что он просто отгадал верный закон. И сам метод предсказания законов сводится именно к правильному угадыванию. Известный американский физик Р. Фейнман пишет: «Угадывание уравнений по-видимому очень хороший способ открывать новые законы». И дальше поясняет свою мысль; «Вообще говоря, поиск нового закона ведется следующим образом. Прежде всего о нем догадываются... Для того чтобы угадать, что сохранить и что отбросить, требуется немалое мастерство. По правде говоря, я вполне допускаю, что дело здесь только в удаче, но выглядит все именно так, как если бы для этого требовалось большое мастерство».

Довольно странное утверждение! Сказать, что новые законы нужно угадывать — это сказать, что все решает лотерея. Ты не угадал, угадает другой. Ты попробовал и ошибся, другой попробует и попадет в точку. Почему же гений чаще попадает в точку?

Нужно попытаться нащупать систему. Морфологический анализ — первый шаг к системе. Он позволяет сознательно делать то, что обычно выпадает на долю подсознания. Но ведь должен еще существовать какой-то метод выбора! Из подсознания обычно «всплывают» наиболее интересные и перспективные идеи. Часто — верные. Как из морфологического ящичка сознательно выбирать такие идеи? Вот о чем нужно подумать...

#### Глава четвертая

Патруль сверхновых. Загадки Крабовидной туманности. Мозговой штурм. Синектика

Чтобы узнать истину, нужно вообразить миллион неправильностей. О. Уайльд

Цвикки оказался настоящим ученым — он не отступил. В течение почти тридцати лет он да еще В. Бааде и Р. Минковский были, пожалуй, единственными астрономами, твердо убежденными в том, что нейтронные звезды существуют.

Чтобы найти нейтронную звезду, предсказанную методом направленной интуиции, Цвикки полностью посвятил себя исследованию сверхплотных звезд.

Но как увидеть вспышку сверхновой?

В нашей Галактике последняя такая вспышка, видимая с Земли, произошла в 1604 году. Значит, вся надежда на счастливый случай и на вспышки в других галактиках. Но уже в тридцатых годах число известных галактик — звездных островов во Вселенной — достигало десятков тысяч. В какой из них ждать вспышку? Для того чтобы наверняка «поймать» момент вспышки сверхновой в другой галактике, нужно наблюдать сразу много галактик. В 1933 году в обсерватории Маунт Вилсон был организован патруль сверхновых. На небе были выбраны 175 площадок, в которых наблюдались около трех тысяч довольно близких галактик. Эти площадки регулярно фотографировали, и снимки сравнивали между собой. Из ночи в ночь. Недели и месяцы. За три года было сделано 1625 снимков, на которых удалось обнаружить 12 сверхновых. Конечно, каждую вспышку сразу же исследовали — этим занимались Бааде, Минковский и М. Хьюмасон. Главными задачами были — получить спектры вспышек и построить для каждой вспышки кривую блеска, то есть описать, как меняется со временем блеск сверхновой.

Спектры сверхновых, как следовало из наблюдений, совершенно непохожи на спектры обычных новых звезд, вспыхивающих в Галактике. В чем же разница? В спектре новой звезды видны яркие линии излучения, а вскоре после максимума блеска появляются и многочисленные линии поглощения, хотя и довольно размытые, но все же достаточно четкие, чтобы можно было сказать, какому элементу они принадлежат. В спектрах новых звезд были обнаружены линии гелия, водорода, натрия, углерода, кислорода, других элементов. Линии были смещены в голубую сторону — оболочка новой приближалась к наблюдателю со скоростью до 2 тысяч км/с.

В спектрах сверхновых, полученных Хьюмасоном, линий не было. Вместо них в совершенно неожиданных местах были обнаружены очень широкие полосы излучения. Только две полосы удалось довольно быстро отождествить — это оказались очень сильно расширенные линии кислорода, такие, какие наблюдаются в спектрах полярных сияний.

Чтобы отождествить остальные полосы, понадобилось почти тридцать лет. Сделать это удалось лишь в 1963 году Д. Мак-Лафлину. Он сказал: а что если все наоборот? Что если на самом деле мы видим не полосы излучения на темном фоне, а полосы поглощения на ярком? И Д. Мак-Лафлин доказал, что в действительности в спектрах наблюдаются темные полосы углерода, кислорода (что бросилось в глаза — водорода не было!), но размытые до неузнаваемости, и при этом смещенные в голубую сторону спектра на величину, соответствующую огромной скорости движения до 10–20 тысяч км/с!

Спектры исследованных 12 сверхновых были очень похожи друг на друга. Похожи были и кривые блеска. Вывод напрашивался: сверхновые являются однородной группой объектов.

Но... вывод был слишком поспешным. В 1940 году Р. Минковский получил спектр очередной сверхновой и не узнал его. Спектр был не похож на все предыдущие. И Минковский был вынужден объявить: вспышки сверхновых бывают по крайней мере двух типов. Сверхновые I типа имеют яркие полосы в спектре (дело было задолго до работ Д. Мак-Лафлика), а сверхновые II типа не имеют. Более того, оказалось, что сверхновые II типа вспыхивают не реже, чем сверхновые I типа. И то, что за несколько лет патрулирования удалось открыть 12 вспышек I типа и лишь одну II типа, было следствием слепой игры случая. Того самого случая, который путает даже самые правильные рассуждения...

Выяснилось, что спектры и кривые блеска всех сверхновых I типа похожи друг на друга, как близкие родственники, а характеристики сверхновых II типа могут меняться в очень широких пределах, которые до сих пор еще четко не установлены.

В начале сороковых годов были добыты новые сведения и о галактических сверхновых.

Точнее, об одной сверхновой — вспышке 1054 года. Крабовидная туманность считалась в то время единственным известным остатком вспышки сверхновой. Положения на небе остальных исторических вспышек были так неопределенны («на полциновки от Ближнецов»...), что поставить в соответствие оптической вспышке какую-нибудь газовую туманность или звезду было невозможно. Естественно, что интерес «ловцов сверхновых» сосредоточился на Крабовидной туманности.

Морфологический анализ позволил в конце тридцатых годов сделать еще несколько «научных пророчеств», оправдавшихся впоследствии. Ф. Цвикки утверждал, например, что большая часть энергии вспышки сверхновой должна излучаться не в видимой области длин волн, а в области невидимых ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучей, а также в радиодиапазоне. Все эти виды излучений были затем (через два-три десятилетия!) обнаружены у Крабовидной туманности.

Предсказание прямо следовало из предположения, что при вспышке сверхновой рождается нейтронная звезда. Гравитационная энергия нейтронной звезды около 1053 эрг, а гравитационная энергия Солнца около 1048 эрг. Если сжать Солнце до размеров нейтронной звезды, разница между этими энергиями должна быть потеряна в пространство. Потеряна в виде излучения, кинетической энергии оболочки или иным способом. Сверхновая при вспышке излучает в оптическом диапазоне «всего» 1050—1051 эрг — в сотни раз меньше. Где остальная энергия? Естественно предположить, что она выделяется в такой форме, которую мы пока наблюдать не можем. В виде рентгеновских, гамма-, радиолучей, то есть всех излучений, наблюдать которые в тридцатые годы не умели.

Ф. Цвикки построил ось возможных излучений, и были на ней не только электромагнитные волны. Ученый писал еще о протонах и электронах — частицах космических лучей, которые, по мнению Ф. Цвикки, образуются при вспышках сверхновых. Но протоны и электроны — это ведь не все возможные частицы? Нет, и об этом упущении Ф. Цвикки нам еще предстоит вспомнить впоследствии. Так что и морфологический анализ не столь уж совершенен, недостатки его очевидны. Один из них — не всегда удается учесть все параметры на оси... Позже мы поговорим о других методах, а сейчас вернемся к Крабовидной туманности.

Неизвестно, что еще удалось бы предсказать Ф. Цвикки с помощью его метода, но помешала вторая мировая война. Ученый, который к тому времени стал уже гражданином США, был призван на военную службу и до конца войны занимался разработкой ракетных систем. Он и здесь применил морфологический метод: составил морфологический ящик для ракетных двигателей, в котором оказалось 36 864 возможные комбинации. Если астрономы так и не взяли метод направленной интуиции на вооружение, то инженеры-изобретатели пользуются им и по сей день...

На Маунт Вилсон остались В. Бааде и Р. Минковский. В. Бааде тоже собирался получить американское гражданство и даже подготовил документы, но потерял их. Началась война, и военные власти объявили В. Бааде «лицом, сочувствующим врагу». В результате ему запретили выезжать за пределы округа, где расположена обсерватория Маунт Вилсон. Условия для астрономических наблюдений были прекрасными — в Лос-Анджелесе ввели светомаскировку, никакие помехи не мешали исследованиям.

Получив в свое распоряжение крупнейший в мире телескоп, В. Бааде начал наблюдения Крабовидной туманности и зимой 1942 года обнаружил удивительные изменения, которые в ней происходили. Временами в центральной части туманности возникали и исчезали очень яркие «жгутики». «Жгутики» перемещались по туманности, и В. Бааде измерил скорость их движения: 26 тысяч км/с! Жгуты двигались в 25 раз быстрее самой туманности. Они возникали и исчезали, просуществовав всего несколько месяцев. Почему они возникали? Почему двигались? Почему исчезали? В. Бааде правильно связал эту удивительную особенность Крабовидной туманности с наличием в ней нейтронной звезды — мертвого тела,



оставшегося после взрыва.

Пока В. Бааде исследовал туманность, Р. Минковский изучал две слабенькие звездочки, издавна наблюдавшиеся на фоне ее светящейся массы. Одна из звездочек, как надеялись В. Бааде и Р. Минковский, и могла быть искомым объектом. На фотографиях обе звездочки мало отличаются друг от друга — обе имеют 16-ю величину, обе напоминают цветом довольно холодные звезды, именуемые желтыми карликами. В. Бааде обратился к двадцатилетней давности работе Дж. Дункана, который тоже наблюдал эти звездочки и измерил их собственное движение. Выяснилось, что звезда, расположенная севернее, почти не движется. А южная звезда, напротив, движется очень быстро — со скоростью по меньшей мере 100 км/с. Обычно звезды не движутся так быстро. Что же приключилось с южной звездой, что заставило ее лететь с такой скоростью?

Еще более удивительным оказался спектр южной звезды. Нужно сказать, что даже в наше время получить хороший спектр звездочки 16-й величины — далеко не простая задача. А в 1942 году работа, выполненная Р. Минковским, была пределом мастерства наблюдателя. Удалось получить спектры обеих звезд. Северная звезда ничем не выделялась — в спектре были видны линии поглощения, свойственные желтым карликам. А вот в спектре южной звезды линий не было вовсе! Чтобы понять всю удивительность этого факта, достаточно вспомнить, что обычно в спектрах желтых карликов видны сотни линий, и десятки из них имеют такую ширину и глубину, что не заметить их на спектрограмме даже того качества, какая была у Р. Минковского, невозможно. Значит, линий не было на самом деле. Почему?

В. Бааде и Р. Минковский были уверены, что южная звезда в Крабовидной туманности и есть звездный остаток вспышки 1054 года. Если это так, то именно южная звезда ответственна за излучение всей туманности. Р. Минковский считал, что Крабовидная туманность светится потому, что газ в ней нагрет до высокой температуры. Но что нагревает туманность? Предоставленная сама себе, она давно остыла бы. Ее греет южная звезда, сказал Р. Минковский. И в этом была его ошибка.

Между прочим, представления В. Бааде и Р. Минковского лучше всего описаны не в их статье, а в опубликованном в 1946 году фантастическом рассказе М. Лейнстера «Первый контакт». Действие рассказа разворачивается в Крабовидной туманности, и писатель-фантаст описывает «сцену» в полном соответствии с научными данными. С данными, которые оказались ошибочными.

Вот, что написано в рассказе:

«Это было облако газа, бесконечно разреженного, занимавшего пространство, равное половине пути от нашего Солнца до ближайшего другого. В глубине тумана горели две звезды, двойная звезда, одна из составляющих частей была знакомого желтого цвета, похожего на цвет земного Солнца, другая казалась сверхъестественно белой».

И дальше:

«Сама туманность появилась в результате самого гигантского взрыва из всех известных человечеству... Вещество, выброшенное из центра взрыва, разлеталось со скоростью два миллиона триста тысяч миль в час; более чем тридцать восемь тысяч миль в минуту; свыше шестисот тридцати восьми миль в секунду. Когда телескопы двадцатого века нацелились на место этого громадного взрыва, осталась только двойная звезда... и туманность. Более яркая звезда из пары была почти уникальной, имея такую высокую температуру своей поверхности, что спектральный анализ оказался недейственным. Линий не было. Температура поверхности Солнца равна примерно семи тысячам градусов Цельсия выше нуля. Температура же раскаленной звезды равнялась пятистам тысячам градусов. У них с Солнцем почти одинаковая масса, а диаметром она в пять раз меньше, то есть она плотней воды в сто

семьдесят три раза, свинца — в шестнадцать раз, иридия — в восемь. Это было самое тяжелое вещество из всех известных на Земле. Но даже такая плотность несравнима с плотностью карликовой белой звезды — соседа Сириуса. Белая звезда в Крабовидной туманности была неполным карликом; эта звезда находилась еще в процессе распада...»

Любопытная ситуация: фантаст воспользовался научными данными и ошибся. Если бы он избрал самый фантастический из вариантов — нейтронную звезду, — то оказался бы прав вопреки наблюдениям. Вывод: воображение писателя-фантаста должно опережать науку, и если уж пользоваться идеями ученых, то — самыми фантастическими.

Числа, приведенные в рассказе, взяты из работы Р. Минковского. Налицо явное противоречие. Размер южной звезды получился у Р. Минковского слишком большим: всего впятеро меньше Солнца. Либо нужно признать, что в центре Крабовидной туманности нет нейтронной звезды, либо сказать, что теория излучения туманности неверна. Р. Минковский верил, что нейтронная звезда должна быть, но в то же время не видел альтернативы для механизма излучения. Это было проявлением психологической инерции, свойственной многим астрономам. Астрономы привыкли считать, что любое небесное тело излучает потому, что оно нагрето. Они, конечно, знали, что есть и другие механизмы излучения. Но применять их даже к такому явно необычному объекту, как Крабовидная туманность, не решились. Так, стараясь спасти оба предположения, противоречившие друг другу, они упустили открытие.

Долгое время на возникшее противоречие никто не обращал внимания. Астрофизиков вполне устраивала привычная картина излучения нагретого газа, а то, что при этом не остается места для нейтронной звезды, это даже хорошо — кто верил тогда в нейтронные звезды?

Так продолжалось до конца сороковых годов. Лишь в 1948 году произошло событие, показавшее всем, что противоречие действительно существует. Дж. Болтон, один из первых радиоастрономов, обнаружил на небе четыре ярких источника радиоизлучения. Один из источников был расположен в созвездии Тельца. Год спустя Дж. Болтон и Дж. Стэнли уточнили координаты этого источника, и оказалось, что они в точности совпадают с положением Крабовидной туманности. Вот факт, и вот противоречие. Крабовидная туманность излучает в радиодиапазоне слишком много! Если это действительно просто нагретый газ, то его радиоизлучение должно быть совершенно ничтожно по сравнению с оптическим. На деле же все наоборот: в радиодиапазоне Крабовидная туманность излучает гораздо больше, чем в оптическом.

Это было противоречие между наблюдением и его интерпретацией. Разрешил его в 1953 году советский астрофизик И. С. Шкловский. Он предположил, что в Крабовидной туманности излучает вовсе не газ, а электроны, движущиеся с почти световыми скоростями в магнитном поле туманности. Физикам такое излучение было известно, называлось оно синхротронным. Причина излучения такова. Электрон — заряженная частица. Попав в магнитное поле, он подвергается действию так называемой силы Лоренца. Действие силы приводит к тому, что заряд начинает двигаться ускоренно. А ускоренно движущийся заряд должен излучать. Чем больше ускорение (создаваемое магнитным полем, а значит, чем больше поле) и чем больше энергия электрона, тем интенсивнее он излучает. А сверхбыстрые, так называемые ультрарелятивистские, электроны, «запутавшись» в магнитном поле Крабовидной туманности, излучают во всех диапазонах длин волн. Идея была проста и объясняла наблюдательные данные так естественно, что сразу была принята. Правда, от объяснения загадки свечения Крабовидной туманности несколько не прибавилось веры в то, что в этой туманности находится нейтронная звезда.

Никто, даже В. Бааде с Р. Минковским, не возвращался к загадке южной звезды. А ведь она стала еще загадочнее, чем была! Если излучение Крабовидной туманности синхротронное, то нагревать газ в туманности вовсе не нужно, и значит, нет необходимости предполагать, что в

туманности находится горячая звезда. А размер южной звезды был получен Р. Минковским именно в предположении, что звезда очень горячая. Все рассыпалось... Что же это такое — южная звезда? Есть ли теперь основания считать ее остатком взрыва?

Казалось бы, основания есть. Ведь для того чтобы существовало синхротронное излучение, нужны сверхбыстрые электроны. Откуда им взяться, если не из южной звезды?

Можно возразить: электроны большой энергии могли остаться в туманности и со времен взрыва. Об этом писал еще Ф. Цвикки, когда объяснял происхождение космических лучей.

Но это предположение было опровергнуто в 1956 году советским астрофизиком С. Б. Пикельнером. Вот ход его рассуждений. Чем больше скорость движения электрона, тем больше его энергия, тем быстрее электрон эту энергию теряет. Электроны, ответственные за радиоизлучение Крабовидной туманности, теряют энергию не очень быстро, они действительно могли остаться после вспышки и «дожить» до наших дней. Но электроны, ответственные за оптическое излучение, за сто лет должны растерять весь свой запас энергии! А взрыв произошел девять веков назад. Девять раз должен был обновиться в туманности состав «оптических» электронов. Электроны, которые излучают сейчас, не могли возникнуть при взрыве — они появились в туманности значительно позже. В Крабовидной туманности должна быть «пушка», непрерывно стреляющая быстрыми электронами. Где же эта пушка? Одно из двух: либо электроны как-то ускоряются в самой туманности, либо источником их является южная звезда. Вспомним опять о ее необычных свойствах: отсутствии спектральных линий, высокой скорости движения...

Однако астрономы-наблюдатели на эти странности не обращали внимания вплоть до шестидесятых годов. Исследование остатков вспышек сверхновых пошло иным путем.

В 1948 году английские радиоастрономы М. Райл и Ф. Смит обнаружили мощный источник в созвездии Кассиопеи — самый мощный на небе. Еще раньше, в 1946 году, голландский астроном Ж. Оорт обратил внимание на огромную оптическую туманность в созвездии Лебеда, имевшую форму тонких волокон. В туманности не было яркой звезды, способной заставить светиться такую массу газа. Это и навело Ж. Оорта на мысль, что волокнистая туманность в Лебеде, как и Крабовидная, — остаток вспышки сверхновой. Источник в Кассиопее тоже образовался после взрыва сверхновой. Были обнаружены радиоисточники и оптические волокнистые туманности и на местах, где вспыхивали сверхновые Тихо и Кеплера. Именно исследованием остатка сверхновой Кеплера и занялись В. Бааде с Р. Минковским после того, как отступились от южной звезды в Крабовидной туманности. В. Бааде еще в 1943 году обнаружил на месте вспышки сверхновой Келлера слабую туманность и сказал — вот остаток! А ведь долгие годы на месте вспышки звезды Кеплера найти ничего не удавалось. И вот появились сразу несколько «подозреваемых», появилась возможность искать погибшие звезды не только в Крабовидной туманности.

Но... исследовались туманности, а не возможные звездные остатки в них. В конце сороковых годов в существование таких звездных остатков верили только Ф. Цвикки, В. Бааде и Р. Минковский. Что они могли сделать втроем? В. Бааде и Р. Минковский изучали газовые туманности, оставшиеся после вспышек сверхновых, — это была кропотливая работа, отнимавшая все силы. А Ф. Цвикки вернулся к патрулированию сверхновых в других галактиках.

Кроме того, внимание астрономов было привлечено открытием в конце сороковых годов первых радиозвезд, природа которых представлялась совершенно загадочной. Впоследствии удалось доказать, что это — далекие галактики, проявляющие небывалую, немыслимую по масштабам активность. Исследование радиозвезд отвлекло силы наблюдателей и теоретиков от природы сверхновых.

И еще. Ф. Цвикки говорил о конце жизни звезды, а астрономов в то время больше интересовало начало ее жизни. Связано это было с тем, что в 1947 году советский астрофизик В. А. Амбарцумян открыл скопления горячих голубых звезд, названные им звездными ассоциациями. И сделал заключение, буквально перевернувшее представления астрономов о Галактике. Звезды рождаются и в наши дни, причем не поодиночке, а группами, комплексами, — таким было заключение. В Галактике есть звезды самых разных возрастов, в том числе и звезды-младенцы. Находятся эти младенцы в колыбелях — звездных ассоциациях. Интересы астрофизиков сконцентрировались в четко очерченных областях — происхождение звезд и внегалактическая астрономия. Этим объясняется временный спад интереса к исследованиям звездных взрывов.

Но ведь и теоретики не занимались нейтронными звездами! Расследование «гибели» звезд затянулось на десятилетия... Пожалуй, и это объяснимо. Попытка найти нейтронную звезду в Крабовидной туманности не удалась — южная звезда оказалась даже больше белого карлика. Это было ошибкой, но Р. Минковский ее не увидел. Для идеи, тем более парадоксальной, нужна мощная поддержка энтузиастов. Такой поддержки у идеи нейтронных звезд не было. Кроме того, сверхновые — явление экзотическое. Что важнее для астрофизики? Выяснить причину взрывов, которые происходят один раз в несколько столетий, или понять, как возникают звезды, которых только в нашей Галактике — сотня миллиардов? Дилемма ясная — нейтронным звездам пришлось подождать... Подождем и мы, отложив продолжение расследования до следующей главы. А пока история науки идет своей дорогой, поразмышляем о пути, поговорим о методике открытий. \* \* \*

В конце сороковых годов в инженерном деле начал использоваться еще один способ ускорения генерирования новых идей. В американских промышленных фирмах начали применять предложенный А. Осборном метод, названный мозговым штурмом. А. Осборн заметил, что одни люди больше склонны к генерированию новых идей, чем другие. В творческом коллективе всегда есть признанные генераторы идей, и есть люди, которым это не удается, но зато разработка готовой идеи получается у них лучше. А. Осборн предложил собрать вместе генераторов идей, запретить им критиковать друг друга и предложить решить какую-нибудь техническую задачу. В момент «штурма» любая высказанная идея может лишь подхватываться и развиваться (никакой критики!). Все критические замечания откладываются на потом. Доброжелательное отношение к любой идее создает особый психологический климат, расслабляет тормоза в сознании, расшатывает инерцию мышления. Возникают экстравагантные идеи, которые обычно в голову не приходят. Из них-то и выбирается потом решение.

Мозговой шторм хорош тем, что лучше метода направленной интуиции снимает психологическую инерцию. Но систематичности у него нет, и значит, нет гарантии, что решение не будет упущено. Обычно мозговой шторм используется для решения не очень сложных задач, когда необходимая «мера безумия» не очень велика.

В науке, где безумные идеи играют значительно большую роль, чем в технике, метод А. Осборна все же не привился. Как, впрочем, и другие методы активизации творчества, придуманные инженерами. А разве не заманчиво было бы, скажем, собрать конференцию по космическим лучам, посадить за круглый стол десяток ученых — признанных генераторов идей, дать им полную свободу. Воображайте, предлагайте, но не критикуйте!

Попробуем представить себе такую конференцию по космическим лучам. Она прямо связана с нашим расследованием. Ведь именно проблеме космических лучей была посвящена статья В. Бааде и Ф. Цвикки... \* \* \*

1-й ученый. Предлагаю такую идею — космические лучи были всегда. Они достались нам в наследство от самого момента взрыва Вселенной, как, скажем, реликтовое излучение.

2-й ученый. Что-то грандиозное могло происходить во Вселенной еще до того, как сформировались галактики...

3-й ученый... Или уже после того, как они сформировались. Вспомним взрывающиеся галактики. Или квазары. Вот где действительно грандиозные взрывы! Вполне вероятно, что и в квазарах, и во взрывающихся галактиках существуют сильные переменные магнитные поля, в которых и ускоряются частицы.

2-й ученый. Наверняка. Ведь известны радиогалактики — они излучают огромное количество энергии в радиодиапазоне, излучают примерно так же, как Крабовидная туманность, нетепловым образом. Значит, в радиогалактиках откуда-то берутся быстрые электроны! Наверняка их порождают сверхмощные взрывы в галактиках.

1-й ученый. Верно, это наблюдаемое явление. Космические лучи могут зарождаться в радиогалактиках, квазарах, а потом пересекать межгалактические бездны и достигать Земли...

2-й ученый. У меня возникла еще такая идея. Чтобы ускорить частицы, нужны электрические поля. Что-нибудь вроде небесных конденсаторов огромной емкости. Или небесные циклотроны. Представьте два «космических облака плазмы, заряженных по-разному. Между ними возникает разность потенциалов, как между поверхностью земли и грозовой тучей. Разряд становится неизбежен, и на многие парсеки бьет «космическая молния». Возникает канал, в котором ускоряются до огромных скоростей и энергий заряженные частицы...

3-й ученый. Действительно, в космосе много плазменных облаков. И обладают они не только электрическими потенциалами, но и магнитными полями — это надежно установлено. Вот и еще один механизм. Предположим, что в пространстве летит заряд (например, электрон), а навстречу ему движется флюктуация магнитного поля — межзвездное облако. Поле нарастает, энергия частицы увеличивается. Если же поле движется не навстречу электрону, а вслед ему, догоняя, то энергия частицы уменьшается. Казалось бы, это симметричный процесс — сколько облаков летит навстречу электрону, столько же и догоняет его. Однако на самом деле — это можно показать простым расчетом — процесс не вполне симметричен. При столкновениях с магнитными полями заряд приобретает больше энергии, чем теряет. Немного больше, после каждого столкновения энергия частицы возрастает на небольшую величину. Но ведь столкновений много, временем мы не ограничены — в запасе миллионы лет...

2-й ученый. Верно, такой механизм ускорения существует и называется статистическим. Хочу дополнить. Ведь частицы в космическом пространстве должны откуда-то браться. Они могут выбрасываться из звезд. Например, из вспыхивающих звезд — мощная вспышка в атмосфере звезды приводит к тому, что некоторое количество частиц ускоряется вихревыми электрическими полями и «впрыскивается» в межзвездную среду. А уж там статистический механизм доводит ускорение до конца.

1-й ученый. Частицы могут вылетать и из обычных звезд! Солнце, например, тоже может быть поставщиком частиц для космических ускорителей. Конечно, энергия солнечных вспышек значительно меньше, чем энергия вспышек в звездах типа, скажем, UV Кита. Но зато сто миллиардов звезд Галактики — это сестры нашего Солнца. С миру, как говорится, по частице, а Галактике — космические лучи.

3-й ученый. Вспомним еще, что больше половины звезд в Галактике — двойные. Если расстояние между звездами в двойной системе невелико, а сами звезды несут электрические заряды, то они индукционно, через космос, должны влиять друг на друга. В пространстве между звездами возникнут переменные магнитные поля — вот вам и ускорители частиц...

2-й ученый. Если говорить о генерации частиц во время звездных вспышек, то чем мощнее

вспышка, тем лучше, не так ли? Вспышки новых и сверхновых — вот неисчерпаемые запасы! Ведь одна вспышка сверхновой эквивалентна многим тысячам миллиардов вспышек на Солнце.

3-й ученый. Так, так... А если объединить эту гипотезу со статистическим механизмом? Ведь чем быстрее движутся межзвездные облака, тем лучше идет ускорение... А газовый остаток вспышки сверхновой расширяется со скоростью тысячи километров в секунду!

2-й ученый. Значит, достаточно, чтобы при взрыве в оболочку выбрасывались заряженные частицы и попадали затем на ударный фронт, а уж там, где перепады давлений, плотностей, и где огромные, сверхзвуковые, скорости движения...

1-й ученый. Вот именно! «Затравочные» частицы будут постоянно ускоряться. \* \* \*

Не критиковать — первая заповедь мозгового штурма. Одна гипотеза нанизывается на другую, возносится на ней как на гребне волны. Но затем предстоит выбрать единственно верную идею. И после того как «генераторы идей» скажут свое слово, протоколы попадают на суд «критиков». Те идеи, что предлагались выше, обсуждались в научной литературе в течение многих лет. Статистический механизм ускорения был исследован Э. Ферми и носит его имя, идея небесных циклотронов принадлежит Х. Альвену, различные варианты первичного ускорения частиц в звездах обсуждались Х. Сваном, Р. Дэвисом, Д. Бэбкоком, Я. П. Терлецким, ускорение частиц в двойных системах — А. З. Долгиновым, ускорение на ударном фронте в остатке сверхновой — Г. Крымским, М. Беллом. К всякий раз идеи наталкивались на многочисленные возражения. Суд критиков был беспощаден. Реликтовая теория космических лучей потерпела фиаско, потому что заряженные частицы, как выяснилось, довольно быстро теряют свою энергию на излучение — они не «живут» больше нескольких десятков миллионов лет, а ведь после Большого взрыва, в котором зародилась Метагалактика, прошло в тысячу раз больше времени!

Взрывы галактик тоже не объясняют многих особенностей галактического фона космических лучей. Грозовой разряд между плазменными космическими облаками уж и вовсе экзотичен — нужны такие огромные разности потенциалов (больше 10 миллиардов электронвольт), которые не реализуются в условиях межзвездной среды. А статистический механизм Ферми увеличивает начальную энергию частиц всего в несколько раз — этого слишком мало, чтобы объяснить колоссальные, до  $10^{18}$  электронвольт, энергии частиц в космических лучах.

Не вполне пока ясно, насколько эффективно действует механизм ускорения, предложенный советским ученым Г. Крымским и независимо от него М. Беллом. Исследования продолжаются, и через несколько лет, возможно, идея будет либо доказана, либо опровергнута.

С трудностями сталкиваются и гипотезы о начальном ускорении частиц в звездах. Это энергетические трудности — все нормальные и вспыхивающие звезды в Галактике не способны вместе дать столько энергичных частиц, сколько наблюдается.

Вот что могли бы сказать «критики идей», если бы их собрали вместе и ознакомили с протоколами мозгового штурма. На самом деле процесс рождения и гибели идей растянулся на десятилетия... И без потерь вышла из горнила дискуссий только одна идея. Предложенная Ф. Цвикки, потом забытая в пылу споров, и опять возродившаяся подобно птице Феникс, идея о том, что космические лучи возникают во время взрывов сверхновых. \* \* \*

Для того чтобы придумать безумную, но верную идею, недостаточно одного лишь желания. Мозговой штурм оправдал себя пока в решении не особенно сложных технических задач. Техника имеет дело с известными законами природы, а ученому приходится открывать их самому. Иной подход, иной стиль мышления.

Но столь ли существенна разница? Мы говорили уже о существовании открытий и научных изобретений (так мы назвали создание новой теории). Для выдвижения новой концепции, новой теории, то есть для научного изобретения, нужно активизировать работу мысли именно так, как это делается для изобретений технических. И то и другое — плоды деятельности человеческого воображения, работы творческой фантазии. Для предсказания открытий, возможно, нужны иные методы, но почему бы не попытаться использовать для создания новых теорий то, что уже существует в технике?

Новое в науке, как и в технике, возникает в результате устранения противоречия. Возникновение противоречия — признак наступления кризиса, признак того, что нужна, требуется новая система взглядов. Или открытие.

С одной стороны, ученый имеет дело с явлениями природы, с результатами измерений. С другой стороны, с мысленными образами, с представлениями о них, с теоретической интерпретацией. Возможны поэтому три типа научных противоречий:

1. Противоречивыми могут оказаться два экспериментальных факта, два наблюдаемых явления. Значит, для устранения такого противоречия придется изменить один из «фактов», наверняка ошибочный. То есть открыть явление, снимающее противоречие. Научным изобретением здесь не обойтись, нужно именно открытие.
2. Противоречивыми могут оказаться две теории, два представления об одном явлении. Значит, одно из представлений неверно, и разрешить такое противоречие можно с помощью научного изобретения.
3. Противоречить друг другу могут экспериментальный факт и его интерпретация. Здесь возможны два выхода: либо нужно менять интерпретацию (сделать научное изобретение), либо усомниться в правильности экспериментального факта (этот путь ведет к открытию). Наконец, создав новую теорию (сделав научное изобретение), можно предсказать новое, ранее неизвестное явление (предсказать открытие).

П. Дирак предсказал существование позитрона (предсказал открытие!), пользуясь выведенной им формулой (научным изобретением). Научное изобретение сделал Ф. Цвикки, но при этом предсказал открытие! Однако для научных изобретений вполне применимы методы, созданные для изобретений технических. Так что не нужно резко отграничивать изобретения от открытий.

Нельзя сказать, что ученые вовсе не пользуются приемами ускорения творческого процесса. Психологи давно исследуют особенности мышления ученого. Да и сами ученые не отстают. Почитайте прекрасные книги венгерского математика Д. Пойа «Как решать задачу», «Математическое открытие», французского математика Ж. Адамара «Исследование процесса изобретения в математике». В этих книгах много дельных советов. Но заметьте — относятся они к математике — науке, в которой можно лишь изобретать (что подчеркивается и названием книги Ж. Адамара), то есть использовать приемы, известные в инженерном изобретательском творчестве. Или наоборот — можно применять в инженерном деле приемы, созданные для решения математических задач.

Вот один из приемов: если задача не решается, возьмитесь за решение более общей задачи — возможно, она окажется проще. Еще прием: если не получается решение «в лоб», ищите обходные пути. Совершенно верные правила, беда которых лишь в том, что они неконкретны. Да, нужно решать более общую задачу, а как? Да, нужно искать обходные пути, но где? Ответов нет. Точнее, и Д. Пойа, и Ж. Адамар дают тот же ответ, что и Р. Фейнман. Ответ, от которого мы хотим уйти. Вот этот ответ: главное — интуиция, догадка, работа воображения. Д. Пойа, перечисляя правила рассуждений, заключает, что все эти правила должны помогать процессу угадывания решения...

Очень важная задача — научить человека мыслить быстрее, раскованнее, шире, активизировать мышление. Хотя бы в рамках все того же метода проб и ошибок. Этому служат морфологический анализ, мозговой штурм. А также синектика, метод фокальных объектов и другие методы, известные инженерам-изобретателям, но так и не взятые на вооружение учеными.

Метод синектики был предложен в 1960 году У. Гордоном.

Синектика — модифицированный мозговой штурм. Так же собираются вместе несколько профессионалов, так же генерируют идеи. Но допускаются элементы критики. Главное же отличие в том, что участнику должны обязательно использовать четыре «закона синектики»:

— вспомните, как решаются задачи, похожие на данную,

— дайте в двух словах образное определение сути задачи,

— подумайте, как бы эту задачу решили сказочные персонажи,

— попробуйте войти в образ объекта, о котором говорится в задаче, и начните рассуждать с его точки зрения. \* \* \*

Однажды американский изобретатель Ч. Кеттеринг создал проект легкого мотора, в котором стальные поршни были заменены алюминиевыми. Один из членов комиссии, обсуждавшей проект, решил, что изобретатель шутит. Ведь алюминий просто не выдержит нагрузок! «Вы уверены?» — спросил Кеттеринг. «Конечно, ведь я раньше работал инженером». — «Допустим, — сказал изобретатель, — но я сомневаюсь в том, что вы работали поршнем в двигателе...» \* \* \*

Синектика — шаг вперед по сравнению с мозговым штурмом. При мозговом штурме психологическую инерцию ослабляет лишь стимулирующий пример соседа, генерирующего более фантастические идеи. Синектика же предлагает четыре конкретных способа-задания, ослабляющих психологические тормоза. Вот, скажем, наша задача — выяснить причину взрыва сверхновых. Поставьте себя на место звезды перед взрывом и попробуйте рассуждать с ее «звездной» точки зрения...

А в методе фокальных объектов главная цель — навязать совершенно случайные аналогии, которые могут помочь найти решение. Этот метод способен вызвать неожиданные ассоциации. Выбирается совершенно случайно какой-нибудь объект, называемый фокальным, и его свойства переносятся на объект исследований. Этот метод, как и синектика, как и мозговой штурм, как и морфологический анализ, увеличивает вероятность рождения неожиданной идеи.

## Глава пятая

От обычных звезд к нейтронным. Структура нейтронных звезд. Рентгеновские источники. Четыре способа обнаружения нейтронных звезд. Как тренировать воображение!

Наука, как и все виды искусства, требует воображения. Первое, для чего оно нужно, — это увидеть предмет исследования. Дж. Томсон

Наш поиск нейтронных звезд затянулся. Кому может понравиться расследование, в котором



автор, раззадорив фантазию читателя, наговорив ему о том, что нужно мыслить раскованно, сам топчется на месте, вместо того чтобы вести дело к развязке?

Однако причины временного затишья в исследованиях нейтронных звезд были объективными. И объективные же причины привели затем, в шестидесятых годах, к взрывоподобному росту интереса к нейтронным звездам...

К концу пятидесятих годов положение в теории звездной эволюции стабилизировалось. Никто не сомневался в том, что ассоциации звезд существуют и что именно в ассоциациях, группами, возникают звезды. Но вот из чего они возникают — из межзвездного газа или из гипотетических сверхплотных Д-тел, введенных в астрофизику В. А. Амбарцумяном, — на этот вопрос еще не было твердого ответа. Однако если уж звезда как-то образовалась, то можно проследить дальнейший ход ее эволюции. Это оказалось возможным сделать именно в конце пятидесятих годов, когда астрофизики начали использовать для своих расчетов электронно-вычислительные машины. По нашим сегодняшним меркам эти ЭВМ были громоздкими и медлительными, но уже могли выполнять вычисления, на которые прежде уходили годы. Применение ЭВМ позволило астрофизикам взяться за решение сложнейшей теоретической задачи, давно дожидавшейся своего часа. Задачи о внутреннем строении звезды. Задачи о звездной эволюции.

Обычная звезда — нагретый газовый шар, и действуют в ней газовые законы. Или, как говорят физики, уравнение состояния звездной материи есть уравнение состояния высокотемпературной плазмы. Дело, однако, усложняется оттого, что в звезде идут ядерные реакции синтеза — они-то и разогревают звезду. Реакции идут в самых горячих и плотных областях звезды, в ее центральной части, о строении которой нам пока ничего не известно — ведь видим мы лишь поверхность звезды, ее фотосферу. Энергия, которая выделяется при ядерном синтезе, должна проделать сложный путь в недрах звезды, пронзить всю ее толщу, прежде чем достигнет фотосферы и излучится в пространство. Ни одному кванту света — фотону — это не под силу, звезда непрозрачна. Фотон поглощается, пройдя в веществе звезды очень небольшое расстояние. А вместо поглощенного фотона излучается другой — в ином направлении и с иной частотой. Процесс поглощения и излучения занимает время, и энергия, выделившаяся сегодня в центре звезды от слияния четырех атомов водорода в один атом гелия, достигнет фотосферы и излучится в космос через много лет, претерпев множество превращений.

Да и само вещество звезды тоже не статично — в нем постоянно перемешиваются слои плазмы, опускаются и поднимаются, в них постоянно возникают и гаснут вихри. Звезда — газовый шар, говорим мы. Но за этими простыми словами скрывается очень сложное и богатое физическое содержание. Чтобы хоть приблизительно разобраться в строении этого газового шара — звезды, нужны неимоверно сложные расчеты реакций, состояний, процессов. Расчеты, ставшие технически выполнимыми только после появления ЭВМ.

Когда астрофизики-теоретики начали рассчитывать звездные модели, стала проясняться истинная картина эволюции звезды. Вот она в нескольких словах.

Звезды рождаются с разными массами — от десятых долей массы Солнца до десятков солнечных масс. В их недрах начинает гореть водород, превращаясь в гелий. Постепенно водород «выгорает», ядро звезды сжимается, поскольку из-за нехватки горючего газовое давление в нем падает, и тогда начинают идти более сложные реакции, требующие более высоких температур и плотностей — загорается гелий. Эта стадия эволюции протекает значительно быстрее. В ядре уже нечему гореть, и реакции идут в тонком слое между ядром и оболочкой звезды. Давление на оболочку увеличивается, оболочка «разбухает», звезда становится красным гигантом, и тут... И тут ее структура становится настолько сложной, что даже современные ЭВМ часто не в силах помочь.

Помогают наблюдения. Стадия красного гиганта — одна из последних в жизни звезды. Ядро красного гиганта успевает за короткое время так сжаться, что, в сущности, представляет собой почти белый карлик. «Неполный карлик» — такое выражение можно встретить в фантастическом рассказе М. Лейнстера. Если найдется сила, которая «сдерет» с красного гиганта его оболочку, то ядро со временем превратится в обычного белого карлика.

А если масса ядра больше предела, установленного С. Чандрасекаром для белых карликов? Прежде, как вы помните, с этой проблемой расправлялись быстро: звезда в течение эволюции теряет всю лишнюю массу и все равно становится белым карликом. Но в конце пятидесятих годов стало ясно, что это может быть и не так. И теоретики забеспокоились — как же быть с массивными звездами?

Так сверхплотные звезды снова привлекли внимание ученых. В тридцатые годы нейтронными звездами и катастрофическим коллапсом занялись прежде всего физики — им было интересно, какие следствия можно вывести из уравнений общей теории относительности. А в конце пятидесятих годов сверхплотными телами заинтересовались астрофизики, причем с конкретной астрофизической целью: какую предельную массу может все же иметь нейтронная звезда?

Вы помните, что Р. Оппенгеймер и Дж. Волков получили для предельной массы нейтронной звезды значение 0,7 массы Солнца? Это вдвое меньше предельной массы белого карлика. Если это действительно так, то среди небесных тел нейтронных звезд не должно быть. Ведь если масса звезды меньше, чем 1,4 массы Солнца, то звезда эволюционирует к состоянию белого карлика. А если масса больше, то наступит катастрофический коллапс, беспредельное сжатие. В обоих случаях нейтронная звезда не возникает. И как быть, наконец, с южной звездой в Крабовидной туманности — что она такое? Столь малое значение предельной массы нейтронной звезды астрофизиков не устраивало.

Для спасения идеи о существовании Д-тел, из которых, по мысли В. А. Амбарцумяна, возникают звезды, нужны были массы сверхплотных конфигураций, достигающие сотен масс Солнца! Ведь по гипотезе В. А. Амбарцумяна, десятки массивных звезд возникают в ассоциации из одного дозвездного тела. Вот еще одна причина роста интереса к нейтронным звездам.

Однако первым после долгого перерыва на важность исследований сверхплотных звезд обратил внимание все же не астроном, а физик — американский ученый Дж. Уилер. В 1958 году вышла его книга «Строение Вселенной». Дж. Уилер писал, что проблема коллапсирующих звезд — не локальная астрофизическая задача. Нужно смотреть значительно шире. Это большая философская проблема, решение которой способно перевернуть представления о мироздании. Речь идет о том, до каких пределов можно применять известные физические законы и теории. Нейтронные звезды обладают плотностями, с которыми физики никогда не сталкивались. А на сфере Шварцшильда тяготение и вовсе бесконечно — с чем подобным сталкивались физики прежде? Кто может уверенно утверждать, что обычные физические законы будут действовать и в таких экстремальных условиях? Ньютоновская теория тяготения верна, когда поля очень слабые. Эйнштейновская теория была проверена экспериментально в полях не очень слабых, но и не в сильных. Самое сильное поле тяжести, для которого был проверен эффект красного смещения, — поле тяжести белого карлика. Там эйнштейновская теория действует. Но нейтронные звезды обладают полями в тысячи раз более сильными! А при коллапсе поле увеличивается в бесконечное число раз! Верна ли эйнштейновская теория тяготения здесь?

Когда начинается катастрофический коллапс, звезду уже ничто не может спасти — она сжимается... в точку. Как быть? Противоречие: звезда должна сжаться в точку (так велит теория), но она не может сжаться в точку (ведь точка — математическая абстракция, вряд ли тело определенной массы может занимать нулевой объем). Возникает противоречие между

двумя теориями, двумя фундаментальными представлениями о природе. Для его устранения нужно решить, способно ли при определенных условиях материальное тело не иметь объема? Точнее, не занимать объема в пространстве-времени и проявлять себя лишь полем тяжести? Куда девается это вещество? Оно оказывается в иной Вселенной! Вот к каким безумным идеям приводит необходимость устранить конкретное противоречие.

Но может быть, изменить нужно не теорию строения вещества, а общую теорию относительности? Ведь эта теория — классическая, квантовых эффектов она не учитывает. Гравитоны — кванты тяготения вовсе не продукт общей теории относительности. Они придуманы по аналогии с квантовой механикой, в эйнштейновской теории их нет. А между тем, если вещество очень сильно сжато, квантовые эффекты учитывать необходимо. В нашем примере нужно сжать звезду до размеров, меньших, чем размер электрона. Существовать при такой плотности звезда не может — мы уже говорили, что это лишь мгновенная фаза безграничного сжатия. Но погодите! Ведь именно на этой фазе теория относительности перестает действовать, как перестает действовать всякая классическая теория, когда мы вторгаемся в мир элементарных частиц. А квантовая теория тяготения даже и сейчас находится в зачаточном состоянии. Может быть, когда она будет создана, окажется, что сжатие звезды все же останавливается? Физикам это необыкновенно интересно, поскольку речь идет о проникновении в самые сокровенные тайны материи...

В 1959 году, через год после выхода книги Дж. Уилера, американский астрофизик А. Камерон опубликовал статью о строении нейтронных звезд. Это была первая успешная попытка спасти нейтронные звезды для астрофизики. А. Камерон сделал естественный шаг, на который, однако, никто не решался в течение двадцати лет. Он предположил, что нейтронная звезда состоит вовсе не из идеального газа. Вспомните работу Р. Оппенгеймера и Дж. Волкова. Они решили доказать, что нейтронные звезды в принципе могут существовать. Поэтому, а также для упрощения и без того сложных вычислений они решили взять газ из невзаимодействующих друг с другом нейтронов. То есть идеальный газ.

Само название говорит о том, что такой газ — абстракция. Как абсолютно черное тело. Реальные молекулы, атомы, частицы обязательно взаимодействуют друг с другом. В классическом газе действуют силы Ван-дер-Ваальса. В вырожденном сверхплотном газе нейтронов — ядерные силы отталкивания. Ядерные силы отличаются тем, что проявляют себя лишь на очень коротких дистанциях, сравнимых с размерами атомных ядер. Но ведь в нейтронных звездах такие плотности, что нейтронам и развернуться негде, они прижаты друг к другу, расстояния между соседними нейтронами как раз и сравнимы с ядерными размерами. Значит, между нейтронами должны действовать ядерные силы отталкивания. Эти силы тоже, как и давление вырождения, действуют против тяжести, не позволяя нейтронам слишком близко сблизиться друг с другом. Этот вид внутреннего давления учел А. Камерон. И оказалось, что ядерные силы в такой сверхплотной звезде, как нейтронная, расталкивают. Вещество ничуть не хуже, чем давление вырожденных ферми-частиц. А. Камерон получил новое значение для максимальной массы нейтронной звезды: две массы Солнца. Больше предельной массы белого карлика. Так нейтронные звезды были спасены для астрофизики. Более того, А. Камерон писал (спустя четверть века после Ф. Цвикки), что нейтронные звезды, вероятно, возникают при взрывах сверхновых.

Вслед за В. Бааде и Ф. Цвикки А. Камерон снова писал о южной звезде в Крабовидной туманности. Почему? Ведь астрофизики уже доказали, что эта звездочка не может отвечать за излучение туманности. Ученый писал о другом: южная звезда, по его гипотезе, может быть ответственна за периодические возмущения в туманности. Помните «жгуты»?

По идее, нейтронная звезда — мертвое тело. Запасов ядерного горючего в ней нет. Не идут ни реакции синтеза, ни тем более реакции распада. Единственный вид энергии, запасенный в нейтронной звезде, это тепловая энергия. А. Камерон прекрасно понимал, что в момент образования нейтронная звезда никак не может быть холодной. Ведь шар звезды сжимается

от размеров, которые ненамного меньше солнечных, до радиуса всего в 10–20 км! Любой газ при сжатии нагревается. За время коллапса это тепло вряд ли успеет излучиться. Так что новорожденная нейтронная звезда должна быть нагрета до миллиардов градусов!

Правда, при такой температуре нейтронный газ еще не вырожден. Вырождение наступает, если температура не превышает хотя бы нескольких миллионов градусов. Миллион градусов — очень много по нашим меркам. Но граничная энергия Ферми для вырождения газа нейтронов соответствует примерно этим температурам. И если температура в недрах нейтронной звезды упала хотя бы до нескольких сотен тысяч градусов, ее можно считать равной нулю — никакого влияния на структуру звезды эта оставшаяся теплота не оказывает, звезду можно считать абсолютно холодной. Понятия о жаре и холоде, как видим, тоже относительны...

Допустим, что в момент рождения нейтронная звезда была нагрета до десяти миллиардов градусов. Ее тепловая энергия составляла  $2 \cdot 10^{51}$  эрг. Для сравнения: запас тепла в Солнце в 10 тысяч раз меньше. Казалось бы, нейтронная звезда долго будет оставаться горячей? Нет. Ведь величина излучения пропорциональна четвертой степени температуры. Шар размером 10 км, нагретый до 10 миллиардов градусов, излучает каждую секунду около  $7 \cdot 10^{44}$  эрг. Значит, всего запаса тепла нейтронной звезде хватит на 3 миллиона секунд — около месяца!

Последующие расчеты показали, что нейтронная звезда остывает еще быстрее. После взрыва, породившего Крабовидную туманность, прошло почти тысячелетие. Температура нейтронной звезды, если она там образовалась, давно упала до того самого миллиона градусов, когда нейтронную звезду можно уже считать холодной. Так что А. Камерон не ошибся в расчетах.

Но остывшая нейтронная звезда и вовсе не обладает никакой энергией. Ей нечем поддерживать активность Крабовидной туманности. А. Камерон был проницательным ученым, он вслед за Ф. Цвикки считал, что южная звезда в Крабовидной туманности — нейтронная.

И вот тут А. Камерон подошел к противоречию, из которого могло родиться открытие. Южная звезда должна быть ответственной за излучение Крабовидной туманности (должен существовать источник этой активности!), но она не может быть ответственной за излучение (в нейтронной звезде нет источников энергии). Это противоречие между теорией нейтронных звезд и наблюдениями Крабовидной туманности. Разрешить противоречие можно либо изменив теорию (это приведет к научному изобретению), либо объявив неверными наблюдения (это уже пахнет предсказанием открытия). А. Камерон не видел изъяна ни в теории, ни в наблюдениях, он пошел по наиболее простому пути: разрешил противоречие частично, сказав, что нейтронная звезда все же обладает небольшим запасом энергии (ведь она остыла не до абсолютного нуля). Этого запаса недостаточно для объяснения свечения всей туманности, но хватит, чтобы объяснить образование и исчезновение таинственных «жгутов», так удививших Р. Минковского.

Не нужно обвинять А. Камерона в недальновидности! Он был первым, кто после долгого перерыва взялся за исследование нейтронных звезд. Он первым правильно определил их максимальную массу (даже в наши дни эта величина — 2 массы Солнца — считается наиболее верной, а ведь после А. Камерона были проделаны сотни расчетов). И наконец, А. Камерон был первым, кто сказал: нейтронная звезда не является абсолютно мертвым телом.

Работа А. Камерона вышла из печати два года спустя после «Морфологической астрономии», в которой Ф. Цвикки изложил свой метод направленной интуиции и описал предсказанные им нейтронные звезды. А. Камерон читал работу своего коллеги, но... методом не воспользовался. Иначе он обязательно сделал бы вывод-предсказание, которое три года спустя вскользь прозвучало в статье советских астрофизиков В. А. Амбарцумяна и Г. С.

Саакяна.

А. Камерон не задал вопрос: как должна выглядеть для наблюдателя нейтронная звезда? В физике есть закон излучения Вина: чем больше нагрето тело, тем более короткие волны оно излучает. Солнце нагрето до 6 тысяч градусов и представляется нам желтым. Температура белых карликов в несколько раз выше — они бело-голубые. А нейтронная звезда, температура которой может достигать и миллиона градусов, будет испускать уже мягкие рентгеновские лучи. Напиши А. Камерон об этом, и он предвосхитил бы возникновение рентгеновской астрономии. И тогда открытие в 1962 году первого рентгеновского источника за пределами Солнечной системы было бы не случайным, а следствием планомерного поиска. А. Камерон об этом не написал. А работа В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна вышла уже после открытия рентгеновских космических источников. Предсказание не состоялось.

Работы В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна, опубликованные в начале шестидесятых годов, стали следующим шагом в познании строения сверхплотных звезд. Эти работы были попыткой примирить идею о массивных взрывающихся дозвездных Д-телах, из которых рождаются звезды, с современной физикой — с теорией строения вещества и теорией тяготения.

Советские ученые тоже стояли перед противоречием. Сверхплотные тела должны быть массивны (ведь из одного Д-тела образуются сотни звезд в ассоциациях), и они не могут быть массивны (так утверждает теория строения сверхплотных звезд). Как быть? Может, в сверхплотных телах все же есть силы отталкивания, способные противостоять силе тяжести, значительно больше той, что «правит бал» в нейтронных звездах А. Камерона?

Сначала казалось, что найти такую силу можно. В звездах, рассчитанных А. Камероном, отталкивание создают ядерные силы, действующие между нейтронами. А что если взять более тяжелые частицы? Ведь у тяжелых частиц — их называют гиперонами — и силы отталкивания больше. Звезды, описанные В. А. Амбарцумяном и Г. С. Саакяном, были гиперонными звездами. В их центральных областях вместо нейтронного газа был газ из более тяжелых частиц — гиперонов. Чем больше силы отталкивания, тем более массивной могла бы быть звезда. Могла бы, но не стала. Максимальная масса гиперонной звезды, по расчетам В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна, оказалась равной всего 1 массе Солнца! Даже меньше, чем нейтронная звезда А. Камерона.

Вот что писали в 1961 году В. А. Амбарцумян и Г. С. Саакян: «Можно ли для гиперонных звезд получить массы, во много раз превышающие массу Солнца, если подходящим образом выбрать функцию потенциала отталкивания? Для статических конфигураций ответ отрицателен. Проведенные нами расчеты убеждают, что при разумном выборе величины радиуса действия сил отталкивания, независимо от их интенсивности, невозможно получить статические конфигурации с большими массами».

Итак, противоречие было разрешено в пользу теории. Термин «гиперонные звезды», однако, так и не прижился. Дело в том, что гипероны существуют лишь вблизи центра звезды. Даже гиперонная звезда В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна состоит в основном из нейтронов.

Почему это так? И почему вообще в нейтронной звезде могут образоваться гипероны? Посмотрим, как, по современным представлениям, меняется структура сверхплотной звезды по мере ее сжатия.

Средняя плотность белого карлика — одна тонна в кубическом сантиметре. Если массу белого карлика увеличивать, сила тяжести будет расти быстрее, чем давление вырожденного электронного газа. Поэтому размер звезды уменьшится, а значит — плотность и давление возрастут. Когда плотность достигнет 100 тысяч т/см<sup>3</sup>, начнется процесс нейтронизации вещества. Электроны движутся так быстро, величина их Ферми-энергии оказывается такой

большой, что электроны обретают способность пробить потенциальный барьер сил отталкивания и соединиться с протоном. Из слившихся протона и электрона возникает нейтрон. Если после этой реакции остается какой-то излишек энергии, его уносит нейтрино. Этот процесс и называется нейтронизацией вещества.

Почему реакция идет лишь при очень высоких плотностях? Дело в том, что нейтрон на 0,14 % массивнее протона. Значит, чтобы из протона мог образоваться нейтрон, протон должен получить дополнительную массу-энергию. Откуда эта энергия берется? Ее приносит электрон. Но откуда взяться такой энергии у электрона — ведь он «легче» протона почти в 1840 раз, его масса составляет лишь около 0,05 % массы протона. Вот если бы массу электрона увеличить втрое... Это можно сделать — нужно разогнать электрон до субсветовой скорости. Быстрые электроны существуют в вырожденном электронном газе, сжатом до плотности, в 100 тысяч раз большей, чем плотность обычного белого карлика. Только в этом случае электрон может столкнуться с протоном, захватиться им, и тогда вместо двух частиц — протона и электрона — возникают две другие — нейтрон и нейтрино. Если звезду сжать еще сильнее, то энергия электронов может стать больше предела, необходимого для нейтронизации. Избыток энергии уносят возникающие при нейтронизации нейтрино. Очевидно, что чем больше избыток энергии у электронов, тем большую энергию уносит каждое нейтрино.

Уже при плотности 100 миллионов т/см<sup>3</sup> большая часть электронов захватывается, большая часть протонов превращается в нейтроны — возникает нейтронная звезда. А если звезду сжать еще сильнее? Тогда энергии электронов хватит не только для образования нейтронов, но даже для рождения более тяжелых частиц — гиперонов. Плотность вещества звезды максимальна в ее центре, значит, и гипероны начинают появляться сначала именно в центральных областях нейтронной звезды. По мере дальнейшего сжатия звезды гиперонное ядро увеличивается. Казалось бы, если продолжать сжимать звезду, увеличивая ее массу, настанет момент, когда «гиперонная опухоль» захватит все тело звезды. Но этого не происходит, и вот почему. Едва в звезде возникает небольшое гиперонное ядро, устойчивость звезды теряется окончательно и бесповоротно. Сила тяжести увеличивается настолько (ведь сжатие звезды происходит из-за увеличения ее массы), что никакое давление не может ему противостоять. Катастрофический коллапс наступает, прежде чем «гиперонная опухоль» успеет сколько-нибудь разрастись.

Итак, в начале шестидесятых годов почти все современные теоретические представления о сверхплотных звездах уже сложились. Во-первых, стало ясно, что никакая статическая сверхплотная звезда не может быть массивнее, чем примерно две массы Солнца. Во-вторых, стало ясно, что нейтронная звезда вовсе не является шариком из нейтронов. Структура ее сложнее. В центре — небольшое ядро, состоящее из гиперонов. Плотность ядра выше, чем миллиард тонн в кубическом сантиметре! Основную долю массы звезды составляет нейтронная жидкость, обладающая, как показали дальнейшие исследования, весьма необычными свойствами. Например, она сверхтекуча. Вот парадокс! На Земле с трудом удается получить сверхтекучие жидкости — приходится охлаждать вещество почти до абсолютного нуля, до минус 273 градусов Цельсия. А в недрах нейтронной звезды температура достигает сотен тысяч или миллионов градусов, и все же нейтронная звезда сверхтекуча. Это естественно — при сверхвысокой плотности сотня тысяч градусов все равно что нуль...

Ближе к поверхности звезды в нейтронной жидкости появляется примесь из ядер железа и вырожденного электронного газа. Эта область похожа по своей структуре на белый карлик, там и плотность такая же, около тонны в кубическом сантиметре. А еще выше, у самой поверхности, тоненькая твердая кора из обычного невырожденного вещества. Толщина коры ничтожна — всего несколько сантиметров! Вот что такое нейтронная звезда, если описать ее языком теоретиков.

Но для того чтобы опознать нейтронную звезду по этим признакам, нужно ее вскрыть и заглянуть внутрь. Для астронома-наблюдателя важны внешние признаки. Теория давала и их. Если температура на поверхности нейтронной звезды превышает миллион градусов, то такая звезда должна быть источником рентгеновского излучения.

Рентгеновское излучение из космоса действительно было обнаружено. Вскоре после второй мировой войны в небо поднялись первые мирные ракеты с гейгеровскими счетчиками на борту. Они изучали рентгеновское излучение Солнца. Пятнадцать лет велись такие исследования, но никто не предполагал, что на небе, кроме Солнца, могут быть и другие источники рентгеновского излучения. Это естественно. Солнце лишь миллионную долю своего полного излучения отдает в рентгеновский диапазон. Приборы были способны обнаружить рентгеновский поток от Солнца только потому, что до Солнца «рукой подать». Ближайшая звезда в сотни тысяч раз дальше от Земли, чем Солнце. Рентгеновский поток слабее в миллиарды раз. Все понимали, что нет никакой возможности такое излучение обнаружить.

Правда, могут быть звезды более горячие, чем Солнце. По теории излучение звезды приходится в рентгеновскую область, если температура поверхности достигает миллиона градусов. А температура обычной звезды (на так называемой главной последовательности звезд) тем больше, чем больше ее масса. Сириус втрое массивнее Солнца и вдвое горячее его. Для того чтобы звезда была в сотни раз горячее Солнца, масса ее тоже должна составлять сотни солнечных масс. Такие массивные звезды вряд ли существуют в природе. Если бы такая звезда и образовалась, она была бы разорвана внутренним давлением (тот случай, когда газовое давление превосходит тяжесть!). Ну, а раз таких звезд нет, то и искать рентгеновское излучение, не связанное с Солнцем, смысла нет. Его и не искали.

В возможность открытия рентгеновского излучения других звезд не верили настолько, что считали: скорее уж можно зарегистрировать рентгеновское излучение... Луны. Да, Луны, которая холодна и светит отраженным светом Солнца. Но Луну бомбардируют потоки космических лучей. До Земли они не долетают — мешает магнитное поле. На Луне же магнитного поля практически нет. Быстрые частицы врезаются в лунные породы, отдают свою энергию, заставляют поверхность Луны флюоресцировать. Примерно так, как испускала рентгеновские лучи трубка Крукса в том знаменитом опыте, когда К. Рентген обнаружил икс-лучи, получившие затем его имя. Вот эту рентгеновскую флюоресценцию Луны и хотели обнаружить американские ученые из группы Б. Росси, запустившие 18 июня 1962 года ракету типа «Аэробы» в верхние слои атмосферы. Обнаружить свечение Луны не удалось, но неожиданно был зарегистрирован сильный рентгеновский поток из области, близкой по направлению на центр нашей Галактики. Ничего больше о новом источнике узнать тогда не удалось.

Начали готовить следующий запуск. Новые счетчики могли локализовать источник на небесной сфере — если его удастся вновь обнаружить — с точностью до двух-трех угловых градусов. Для начала шестидесятых годов это была неплохая точность. Полет состоялся год спустя. Ракета «Аэробы» подняла счетчики на высоту 500 км. Напряженное ожидание — ведь миновал год после первого полета! — оказалось не напрасным. Источник был зафиксирован вновь. Удалось определить, что он находится в созвездии Скорпиона. И вот что удивительно! Во время второго полета приборы обнаружили еще один источник, и расположен он был в направлении на Крабовидную туманность.

Теперь предстояло выяснить, что же излучает — вся туманность или знаменитая южная звезда? Дело в том, что спектр синхротронного излучения Крабовидной туманности совершенно не похож на обычный спектр нагретого газа. Быстрые электроны, если уж каким-то образом они образуются в туманности, если они дают излучение в оптическом диапазоне, могут в принципе дать и более жесткое излучение — ультрафиолетовое и даже рентгеновское.

Идею проверки предложил И. С. Шкловский. 7 июля 1964 года должно было произойти довольно редкое событие — Луна, перемещаясь вдоль эклиптики, должна была закрыть собой Крабовидную туманность. Приборы того времени не обладали достаточной разрешающей способностью, чтобы дать изображение туманности в рентгеновском диапазоне, не могли выделить излучение южной звезды. Но представьте, что к туманности по небу приближается Луна. Если рентгеновским источником является южная звезда, Луна закроет ее мгновенно, и рентгеновское излучение мгновенно исчезнет. Если же излучает вся туманность, то источник будет гаснуть постепенно, по мере того как Луна будет наползать на туманность. Наконец, когда Луна полностью закроет туманность, источник погаснет. Полное затмение должно продолжаться 12 минут, затем источник появится вновь.

Ракета «Аэроби» стартовала в срок, а на Земле у приборов ученые с волнением ждали начала затмения. Эксперимент был сложным. Ведь наблюдения с борта ракеты непродолжительны — только в течение пяти минут ракета находится высоко над Землей. А затмение продолжается 12 минут. Ракету нужно было запустить с таким расчетом, чтобы захватить обязательно центральную фазу затмения, тот момент, когда Луна закроет южную звезду. В момент включения прибора на высоте 100 км скорость счета фотонов составляла 300 импульсов в секунду. Скорость счета плавно уменьшалась, и две минуты спустя источник исчез. Стало ясно: излучает не южная звезда, а вся туманность! Синхротронный ее спектр простирается до рентгеновского диапазона.

С новой силой дало о себе знать старое противоречие. В туманности обязательно должен быть инжектор релятивистских электронов (ведь это они дают рентгеновское излучение, двигаясь в магнитном поле Крабовидной туманности). Но в туманности нет такого инжектора. Это противоречие между наблюдениями и интерпретацией. Либо неверна интерпретация излучения Крабовидной туманности синхротронным механизмом, либо нужно искать источник быстрых частиц. Идея о синхротронном излучении туманности под сомнение не ставилась. В ее пользу говорил и вид спектра, и тот факт, что в радио и оптическом излучении была обнаружена поляризация, а это свойственно именно синхротронному излучению. Итак, нужно было искать источник.

Нагреть туманность или снабжать ее быстрыми электронами могло лишь нечто, расположенное в самой туманности. А в ней не было пока обнаружено ничего, кроме южной звезды. И не было никаких доказательств того, что южная звезда — нейтронная. Впрочем, даже если бы удалось найти какие-то веские аргументы в пользу такого предположения, это еще не могло разрешить противоречия. Крабовидная туманность ежесекундно излучает во всех диапазонах электромагнитных волн больше 10<sup>37</sup> эрг. В тысячи раз больше полного излучения Солнца. В нейтронной звезде не предполагалось наличия таких источников энергии.

Астрофизики были уверены, что нейтронная звезда, горячая в момент образования, быстро остывает и из полумертвого тела становится окоченевшим трупом, которому одна дорога — на звездное кладбище. И это был прогресс в представлениях, ведь десятью годами раньше астрофизики и вовсе не верили в нейтронные звезды. А. Камерон сказал: может, нейтронная звезда хоть немного активна? Хотя бы для объяснения «жгутов»?.. В 1963 году американский астрофизик Дж. Бербидж — прекрасный наблюдатель и теоретик — писал, что источником небольшой активности нейтронной звезды могут быть радиоактивные изотопы, которые образовались в момент взрыва сверхновой и не «улетели» в пространство вместе с оболочкой. Конечно, и эта идея не объясняла, почему излучает туманность. Загадка оставалась. Нужна была более радикальная идея, но прежде предстояло сломать общее представление о нейтронных звездах как о мертвых телах.

Великая психологическая инерция скрывается в магии слов. Мертвая звезда. Мертвое тело, следствие гибели звезд. Слова гипнотизируют больше, чем нам порой кажется. Мы думаем — большое ли дело название, на ход рассуждений оно не влияет. Не влияет, если название



бессмысленное. Как, например, сверхновые. Это лишь обозначение, физического смысла в нем нет. Но мертвая звезда...

В решении изобретательской задачи первый шаг —

формулировка условия без каких бы то ни было специальных терминов. К сожалению, в научной работе и этот способ не привился. Напротив, считается, что без соответствующей терминологии задачу просто невозможно сформулировать. А между тем сами термины начинают подталкивать наше сознание в определенном направлении. И часто — не в ту сторону, где лежит решение. Приведем примеры из техники, а потом вернемся к мертвым нейтронным звездам.

Как-то группе инженеров было предложено перекинуть через глубокую и широкую пропасть трубопровод, по которому должна перекачиваться нефть. Задача казалась неразрешимой — никакое увеличение сечения трубы не мешало ей изгибаться и ломаться. Но вот из условия задачи было выброшено слово «трубопровод». Нужно перебросить через пропасть какую-то «штуку» и по ней качать нефть. Решение пришло сразу. Нужно сделать эту «штуку» в форме двутавра, который обладает большим запасом прочности на изгиб. Не нужна труба, нужно сделать полый двутавр...

Еще пример. Десятки лет льды Арктики штурмуют мощные ледоколы, и столько же времени инженеры бьются над совершенствованием их конструкции. Но дело движется с трудом, потому что все сводится к увеличению мощности двигателя и усилению корпуса — колоть лед с большей силой. Такова магия названия — ледокол. Нужно было избавиться от нее, чтобы предложить идею корабля, состоящего из двух частей — верхней, которая находится над льдом, и нижней, расположенной под льдом. А соединены эти половинки параллельными стенками, которые, будто лезвия острых ножей, режут лед. Вовсе не нужно протискивать сквозь лед всю машину корабля — только узкие лезвия легко проходят насквозь, а сам корабль (можно ли назвать его ледоколом?) движется над и под льдом...

Таких примеров магии слов в технике множество. Есть они и в науке.

Впрочем, общее представление о нейтронных мертвых звездах, казалось, подтверждается и фактами. Речь идет о звездах рентгеновских.

Открытие источника излучения в созвездии Скорпиона, а затем Крабовидной туманности привело к рождению нового направления исследований: рентгеновской астрофизики. К середине 1964 года было открыто около 20 космических рентгеновских источников. Все они, кроме Крабовидной туманности, были переменными — уже одно это говорило в пользу звездной природы объектов. Рентгеновские источники меняли свою яркость в два-три раза от одного полета ракеты до другого. Это означает, что размеры излучающей области не очень-то велики и сравнимы скорее всего с размерами звезд. Но обычные звезды, как мы уже говорили, в рентгеновском диапазоне практически не излучают. Значит, остаются звезды компактные, то есть нейтронные. И даже более того. Речь конкретно шла о горячих нейтронных звездах. О какой-то иной активности и речи не было. Нейтронные звезды могут только остывать, а если рентгеновские источники могут быть нейтронными звездами, то только остывающими.

Казалось бы, это легко проверить. У любого нагретого тела очень специфическое распределение энергии в спектре — такой спектр называется излучением черного тела. Достаточно запустить ракету, измерить, сколько излучает источник в разных диапазонах, и... И ничего бы не получилось. Точность измерений в то время еще не позволяла сказать надежно, какой именно спектр наблюдается. Это мог быть и спектр черного тела, и нагретой прозрачной плазмы, и синхротронное излучение электронов, как в Крабовидной туманности. У интерпретатора была полная свобода выбора. А интерпретировать наблюдения проще

всего было именно спектром черного тела. Не нужно было искать новых объяснений. Так получилось, что первым свойством нейтронных звезд, которое было хорошо исследовано теоретически, было свойство их остывания. В течение двух-трех лет были опубликованы десятки работ и выяснилось, что нейтронная звезда остывает очень быстро, лет за десять ее температура уменьшается до сотен тысяч градусов. А при такой температуре нейтронная звезда уже не может быть источником рентгеновского излучения.

К тому же выяснилось еще одно обстоятельство. Двадцать обнаруженных рентгеновских источников располагались на небе преимущественно в направлении на центр Галактики. Из этого следовало, что расстояние до них в среднем сравнимо с расстоянием до галактического центра. Действительно, если бы источники находились значительно ближе к Земле, чем центр Галактики, то они с равной вероятностью могли бы наблюдаться во всех направлениях на небе, кроме разве что высоких галактических широт, где звезд вообще мало. А расстояние до центра Галактики велико, около 10 кпс. Чтобы рентгеновский источник на таком расстоянии имел наблюдаемую интенсивность, он должен ежесекундно излучать до  $10^{38}$  эрг! В десятки тысяч раз больше, чем излучает Солнце во всех диапазонах. Может ли излучать так много горячая нейтронная звезда? Не может. Даже нагретая до 10 миллионов градусов нейтронная звезда будет излучать лишь  $6 \cdot 10^{36}$  эрг/с. К тому же такая высокая температура в нейтронной звезде держится очень недолго. Возникает противоречие: горячих нейтронных звезд должно наблюдаться очень мало, на самом деле число рентгеновских источников уже в 1965 году перевалило за два десятка. Реальное же число могло достигать и сотен — ведь ракеты осматривали небольшие участки неба...

Противоречие между наблюдениями и интерпретацией: либо рентгеновские источники вовсе не такие мощные, как кажется, либо это не горячие нейтронные звезды. А что же тогда?

Внутри нейтронной звезды нет иных источников энергии, кроме тепловых. Значит, нужно искать источники внешние. Что-то, находящееся вне нейтронной звезды, сообщает ей энергию.

Вне нейтронной звезды — космос, пространство, заполненное межзвездным газом. Местами газ собирается в облака повышенной плотности, в газовые туманности. Если в облаке оказывается яркая голубая звезда, она освещает облако будто прожектор, она ионизирует водород, из которого состоит облако, и мы наблюдаем яркие диффузные туманности. А если яркой звезды поблизости нет, газ не светится, и мы видим черные провалы, сквозь которые с трудом проникает свет далеких звезд. Газа в Галактике немало — около десятой доли массы всей нашей звездной системы. Однако средняя плотность этого газа — одна частица в  $\text{см}^3$ ! Чем может помочь эта непустая пустота?

На этот вопрос ответил в 1964 году советский ученый Я. Б. Зельдович, с именем которого связано развитие релятивистской астрофизики в нашей стране. Пусть в межзвездном газе движется звезда. Она притягивает все вокруг, в том числе, конечно, и частицы газа. Газ начинает падать на звезду. Газ достигает поверхности звезды, и накопленная им при падении кинетическая энергия выделяется в виде тепла. Газ нагревается и излучает. Вот и источник энергии.

О том, что звезды могут в принципе захватывать газ, было известно и раньше. Такой процесс называется аккрецией. Как-то предлагали аккрецию для объяснения, почему светят звезды. Было это, конечно, до открытия ядерных источников звездной энергии. Но расчеты показали, что звезда захватывает слишком мало вещества, объяснить с помощью аккреции свечение звезд совершенно невозможно.

Но сейчас речь идет не об обычных звездах, а о нейтронных. Частица, достигшая поверхности нейтронной звезды, обладает энергией в 20 тысяч раз большей, чем такая же частица, упавшая на Солнце. При аккреции межзвездного газа на нейтронную звезду на

каждый грамм падающего вещества выделяется в 20 тысяч раз больше энергии, чем при аккреции на звезду обычную. Теоретики подсчитали, что звезда с массой, равной массе Солнца, ежесекундно может захватить из межзвездного пространства около миллиарда тонн вещества. По нашим земным меркам это очень много. Но давайте считать дальше. Если все это вещество упадет на Солнце, выделится около 1030 эрг энергии. Это в 4 тысячи раз меньше, чем Солнце в действительности излучает. Значит, излучение Солнца аккрецией никак не объяснить. А теперь вернемся к нейтронной звезде. Миллиард тонн вещества, упавший на ее поверхность, выделит до 1035 эрг энергии.

Это много, но не очень. Светимость рентгеновских источников, как мы видели, может быть в сотни раз больше. Нужно, однако, учесть, что выше речь шла об аккреции «обычного» межзвездного газа с плотностью одна частица в кубическом сантиметре. А в Галактике много плотных газовых облаков, где в каждом кубическом сантиметре находятся сотни и тысячи атомов. Соответственно возрастает скорость аккреции, увеличивается рентгеновская светимость источника...

Однако описанный процесс слишком оптимистичен. В действительности есть силы, уменьшающие аккрецию. Советский астрофизик В. Ф. Шварцман, много сделавший для теории аккреции, пришел к выводу, что релятивистская звезда не в состоянии захватить столько межзвездного вещества, чтобы обеспечить светимость даже 1035 эрг/с, не говоря о более высокой. Точный расчет показал, что максимум, на который можно надеяться, это всего лишь 1030 эрг/с. Обнаружить такой слабый источник двадцать лет назад нечего было и пытаться...

Но может быть, существуют другие способы обнаружения нейтронных звезд? Давайте применим морфологический метод. Построим морфологический ящик, куда включим все возможные свойства нейтронных звезд и все внешние тела и процессы.

Во-первых, нейтронная звезда проявляет себя силой тяжести. Во-вторых, если она нагрета, то проявляет себя излучением. В-третьих... Пожалуй, все.

Не много. Попробуем другую ось. Что находится вне нейтронных звезд? Во-первых, межзвездный газ. Во-вторых, другие звезды — обычные...

Достаточно. Ящик еще почти пуст, а неплохая идея найдена. Вспомним открытие белого карлика — спутника Сириуса. Так же можно поступить и сейчас, только с еще большими шансами на успех. Ведь масса нейтронной звезды больше массы белого карлика. Представьте, что спутником Сириуса является нейтронная звезда, а не белый карлик. В телескопы мы ничего не увидим — в отличие от белого карлика нейтронная звезда быстро остывает. Однако, пользуясь законами небесной механики, мы могли бы определить массу невидимого тела в системе Сириуса и сказали бы: вот странная звезда! Масса ее больше, чем масса самого Сириуса, но мы ее не видим. А между тем звезда должна светить тем ярче, чем она массивнее. Значит, мы обнаружили необычную звезду. Но и не белый карлик — слишком велика масса. Остается одно — объявить, что в системе Сириуса находится звезда сверхплотная. Та, которую мы ищем.

Описанный метод поиска нейтронных звезд и черных дыр в двойных системах был предложен советскими учеными Я. Б. Зельдовичем и О. Х. Гусейновым в 1965 году. В том же году Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков сделали еще одно интересное заключение. Представьте опять двойную систему, состоящую из обычной и сверхплотной звезд. Обычные звезды теряют свое вещество — существует, например, звездный ветер, как у Солнца. Но Солнце «худеет» очень медленно. В двойной системе звезда способна терять вещество значительно быстрее. Это вещество — точнее, его часть — захватывается полем тяжести сверхплотной звезды. Такой процесс эффективнее процесса аккреции межзвездного газа. Значит, нейтронная звезда или черная дыра в двойной системе могут стать рентгеновскими

источниками большой яркости!

Итак, вот уже несколько способов обнаружения нейтронных звезд. Первый — горячие нейтронные звезды. Второй — нейтронные звезды, заглатывающие межзвездный газ. Третий — нейтронные звезды в двойных системах.

Добавим еще один способ. В 1964 году Я. Б. Зельдович и О. Х. Гусейнов обратили внимание на то, что в момент смерти звезды, когда идет процесс коллапса, когда из протонов и электронов рождаются нейтроны, в пространство уходит мощный импульс нейтринного излучения.

Одно время бытовало мнение, что когда умирает человек, мозг его испускает последний сигнал, символизирующий смерть, — мощный всплеск мозгового излучения неизвестной природы. Этот гипотетический сигнал был назван некробиотическим. Существует ли в действительности некробиотическое излучение мозга — никто не знает. Вероятнее всего, что нет. Но вот, когда умирает звезда, когда коллапс сжимает ее тело, когда вещество в агонии валится к центру, — в этот смертный миг звезда испускает «некробиотический» сигнал, который можно уловить приборами на огромных расстояниях. Процесс нейтронизации длится доли секунды — столько же продолжается и всплеск нейтринного излучения. Зафиксировать такой всплеск на Земле очень трудно, но это трудности технического характера. Нужны мощные нейтринные ловушки. Нужно и изрядное везение — всплеск длится мгновение, и неизвестно, когда его ждать...

Ежегодно астрономы обнаруживают несколько вспышек сверхновых — несколько звездных смертей. Но все эти трагедии происходят в далеких галактиках, на таких больших расстояниях от Солнца, что никакие из современных нейтринных ловушек не способны уловить импульс. Единственный пока раз — в феврале 1987 года — астрономам повезло. 23 февраля в соседней карликовой галактике — Большом Магеллановом Облаке — умерла звезда. Произошло это в 7 часов 35 минут 35 секунд мирового времени. Именно тогда две группы нейтринных детекторов — одна в Камиока (Япония), другая вблизи от Кливленда (США) — зарегистрировали неожиданный всплеск нейтрино. В течение 13 секунд приборы отметили «прибытие» 11 нейтрино (точнее — антинейтрино). А вскоре, несколько часов спустя, и наблюдатели-оптики заметили на небе нечто неладное: в Большом Магеллановом Облаке появилась и начала ярко разгораться сверхновая. Впервые в истории астрономии люди уловили «некробиотический» сигнал звезды...

Мы так и не вырвались из плена общепринятого представления о том, что нейтронная звезда — мертвое тело. Методы поиска, о которых шла речь, связаны с проявлением поля тяжести нейтронной звезды, но не с ее внутренней активностью. Исключение — всплеск нейтринного излучения, но длится он недолго и возникает до образования нейтронной звезды, в процессе катастрофического коллапса. Потерпев временную неудачу с тепловым излучением нейтронной звезды, теоретики бросили все силы на поиск внешних источников энергии. Воображение буксовало — ведь все, кто занимался проблемой поиска нейтронных звезд, были первоклассными специалистами.

Это парадоксально, но противоречия в сказанном нет. Специалисту труднее преодолеть психологиченскую инерцию, связанную с господствующей точкой зрения. Чтобы быть храбрым, нужно либо усилием воли преодолеть страх, либо просто не знать, что впереди опасность. Все, кто занимался теорией нейтронных звезд, знали, что в этих звездах нет источников энергии. Вот это знание и служило тормозом для воображения... \* \* \*

Психологи и специалисты по теории творчества давно ищут способы активизации воображения. Мы уже говорили о мозговом штурме, синектике — это так называемые неалгоритмические методы. Они были созданы и использовались для решения изобретательских задач, но эффективнее их можно применять для развития творческого

воображения. Тренировать фантазию нужно постоянно, иначе она «скукливается», и потом ее все труднее пустить в свободный полет. Психологи установили, что самым богатым воображением обладают дети. Но багажа знаний у них нет, и им не к чему свое воображение приложить — только к игре. А без приложения фантазия начинает сдавать, к тринадцати годам воображение уже катится по наклонной плоскости, да так и катится по ней... всю жизнь. Недаром в тех областях, где нужно особенно богатое воображение, — в математике, теоретической физике — наивысшие творческие достижения приходятся на возраст 25–30 лет. Потом начинается творческий спад. Вот если бы воображение тренировали с детства, если бы его приемам учили в вузах, если бы в научно-исследовательских институтах ввели курсы упражнений по развитию творческой фантазии!..

Вы, возможно, читали фантастический рассказ Р. Джоунса «Уровень шума»? Это рассказ о роли творческого воображения.

«Мы постоянно взрослеем, и по мере того, как мы учимся в школе и получаем образование, в наших фильтрах шума появляются ограничительные уровни, которые пропускают лишь ничтожную часть сведений, приходящих из внешнего мира и из нашего воображения. Факты окружающего мира отвергаются, если они не подходят к установленным уровням. Творческое воображение суживается».

Ученым — персонажам рассказа — предлагают создать антигравитационный двигатель. Все знают, что это невозможно, и естественно, работа стоит на нуле. Совсем как в нашем случае — все знают, что нейтронные звезды мертвы, и потому не могут придумать ничего иного. В рассказе Р. Джоунса ученым показывают фильм об испытаниях реальной антигравитационной машины, приводят в дом, где жил погибший во время испытаний изобретатель. Ученых ставят перед фактом — антигравитация есть. Под давлением факта стена инерции падает, и за несколько дней ученый — герой рассказа — создает основы теории антигравитации. Новый двигатель сконструирован. Вот, что такое психологическая инерция! Если бы и в нашем случае удалось поставить астрофизиков перед фактом — нейтронные звезды не мертвы, то как развивались бы события?

Ученые любят фантастику. Чтение фантастики тренирует воображение. Фантасты в большинстве своем дилетанты в науке, но профессиональные выдумщики. Годами тренированное воображение помогает им при минимуме знаний в той или иной науке иногда предлагать интересные научные идеи. Сами ученые не любят в этом признаваться — это, по их мнению, ущемляет профессиональную гордость. Но факт есть факт. Жюль Верн, Герберт Уэллс, Александр Беляев, Иван Ефремов придумали не меньше нового в науке, чем хороший научно-исследовательский институт. Им помогало воображение.

Лет тридцать назад говорили: фантасты опережают науку. Сейчас принято говорить: фантастам за учеными не угнаться, наука слишком сложна, дилетантам не понять ее глубин, а значит, и предсказать в науке они ничего не могут. В пример приводят многочисленные несбывшиеся прогнозы. Есть и такие, конечно. Но фантастика ценна не столько тем, что прямо указывает ученым, что им делать, сколько тем, что исподволь учит думать раскованно, развивает фантазию.

Кстати, в самом утверждении «фантасты ошибаются чаще ученых» тоже есть существенная доля психологической инерции. Видимая строгость научных предположений заставляет забывать о том, что подавляющей их части суждено сгинуть без всякого следа. В науке (как и в фантастике!) выживают жизнеспособные идеи. Разница в том, что фантастическое произведение, если оно хорошо написано, если в нем есть характеры и интересные сюжетные находки, может долго волновать читателя и служить дотошным критикам примером того, как ошибаются фантасты. Ошибочная же научная идея живет не дольше того момента, когда ее сменяет другая идея, более близкая к истине. Разве мало ошибочных научных идей мы уже встретили в нашем расследовании гибели звезд? Вот и получается, что

об ошибочной научной идее чаще всего забывают, об ошибочной идее фантаста помнят долго.

Можно привести в пример книгу замечательного английского астрофизика А. Эддингтона «Внутреннее строение звезд», опубликованную в тридцатых годах. А. Эддингтон был одним из первых, кто указал на ядерные источники энергии звезд. Начинать же он практически с нуля. Не удивительно поэтому, что в книге А. Эддингтона среди десятка научных идей, давно преданных забвению из-за их неверности, оказались несколько идей и решений, которые были близки к истине — потому и дожили до наших дней. Польский фантаст С. Лем в своей статье «Космология и научная фантастика», опубликованной в 1977 году, назвал книгу А. Эддингтона научно-фантастической. Приведем для примера лишь одну идею: звезды теряют массу в ходе эволюции. Вот ход рассуждений ученого. Звезды эволюционируют от состояния горячего массивного гиганта до состояния немассивного красного карлика — таким было представление об эволюции звезд в первой трети нашего века (ошибочное представление!). Но раз звезды рождаются массивными, а умирают немассивными, значит, они в течение жизни теряют массу. Логично? Вполне. Как же они теряют массу? Единственный способ взаимодействия звезды с окружающей средой — излучение (еще одна ошибочная идея!). Значит, звезды теряют массу посредством излучения, согласно знаменитой формуле  $E = Mc^2$ . Логично? Да. Но верно лишь в той части утверждения, где говорится, что звезды теряют массу.

Это утверждение справедливо и сейчас, но вот причина потерь массы и следствия из этого совершенно иные! Теперь представим себе писателя-фантаста, который на заре тридцатых годов, вдохновленный идеей А. Эддингтона, написал бы рассказ о том, как «худеет» звезда, о возможной человеческой трагедии, связанной с этим фактом. Будучи хорошо написанным, рассказ читался бы и сейчас, служа примером ошибочности идей фантаста...

Вернемся к одной из главных функций фантастической литературы — развитию творческого воображения. Не так уж много существует в мире методик по развитию воображения, и в большей своей части методики эти — следствие изучения фантастических идей.

Одна из самых популярных методик, но далеко не самая эффективная, разработана профессором Стенфордского университета Д. Арнольдом. Методика такая: инженерам дают решать какую-нибудь конструкторскую задачу, но ставят условие, что конструкция будет использована не на Земле, а на вымышленной планете Арктур— IV. На этой планете специфические условия: температура колеблется от  $-43$  до  $-151$  градуса Цельсия, атмосфера состоит из метана, моря — из аммиака, тяжесть вдесятеро больше земной. И на этой планете живут разумные существа — метаняне. Придумайте, говорит Д. Арнольд, в каких домах они должны жить? Какой у них транспорт? Чем они питаются? Какие у них дороги? Машины?

Регулярно проводя со своими студентами занятия, Д. Арнольд расшатывает психологические барьеры в их сознании, и на обычные земные проблемы они начинают смотреть иначе, под более широким углом зрения, будто став пришельцами из иного мира, став своего рода дилетантами в мире нашем. И лучше решают другие творческие задачи.

Тех же результатов можно достигнуть, читая научно-фантастические произведения, действие которых происходит на вымышленных планетах. Например, романы Д. Харберта, У. Ле Гуин, Х. Клемента. Планета — место действия — представлена вполне зримо, хотя и поражает воображение необычностью, так и призывает читателя думать с автором: а какие еще следствия должны вытекать из этой фантастической посылки, что еще можно придумать. Вот роман Х. Клемента «Экспедиция «Тяготение» (на русский язык переведен в 1972 году). Действие происходит на очень массивной планете, вращающейся так быстро, что сила тяжести на экваторе почти уравновешена центробежной силой, а на полюсах ускорение свободного падения в 800 раз превышает земное! Лишь в районе экватора и могут жить

земные космонавты, прибывшие на эту странную планету. В районе же полюсов не выдерживают и иные аборигены. Сверхбыстрым вращением определяется и форма планеты: она чрезвычайно сплющена и больше напоминает блин, чем привычный для нас шар. Будто пользуясь методом Арнольда, мы рассуждаем вместе с писателем-фантастом: как должны выглядеть на такой планете живые существа? Как они перемещаются? Строят ли города? Как представляют себе свой мир?..

Метод Д. Арнольда неплох, но он неалгоритмичен. В нем нет системы, он не дает объяснений — как придумать? Как вообразить? Это все тот же метод проб и ошибок, только поставленная задача — фантастическая.

В нашей стране разработана алгоритмическая методика развития творческого воображения. Отличается она тем, что развивает фантазию по определенной четкой и ясной системе. Курс развития творческого воображения (РТВ) читается слушателям школ и институтов изобретательского творчества. Таких школ и институтов, работающих на общественных началах, где изучается теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), в СССР больше сотни. В этих школах учат изобретать, и с этой целью учат творчеству вообще.

Один из методов, используемых для развития воображения, — метод приемов. Сам метод возник из двух «зерен» — ТРИЗ и теории фантастики. Оказалось, что изобретатели и фантасты, придумывая новые идеи, пользуются по большей части одними и теми же приемами. Пользуются этими приемами и ученые.

Какие это приемы?

Вспомним гипотезы о причинах вспышек новых звезд, попробуем отыскать в их последовательности внутреннюю логику. И для этого вспомним, что каждая гипотеза — это научное изобретение. Изобретение это появляется, если нужно разрешить возникшее научное противоречие. В основном это противоречие между наблюдением и его интерпретацией. И для того чтобы противоречие разрешить, мы обычно меняем интерпретацию. Как именно?

Вот одна из первых гипотез о происхождении вспышек. Звезда движется в межзвездном газе, попадает в плотное облако, разогревается от трения, вот и вспышка. И вот противоречие. Звезда должна нагреваться, чтобы произошла вспышка, но она не может нагреться, потому что в космосе слишком мало газа, он слишком разрежен. И тогда для разрешения возникшего противоречия был пущен в дело прием увеличения. Нужно увеличить плотность газа (если звезда нагревается от трения) или плотность числа звезд (если причина вспышки в близких прохождениях звезд). Но увеличив мысленно плотность газа, мы опять столкнемся с противоречием. В космосе нет таких плотных облаков, какие нам нужны. Выход? Либо сделать заявку на открытие (в космосе должны быть сверхплотные газовые комплексы, давайте их искать!), либо еще раз изменить интерпретацию. Использовать другой прием.

Например: уменьшение. Уменьшим мысленно расстояние между звездами. Пусть звезды проходят друг около друга так близко, что возникают приливы, извержения, вспышки. Но ведь и здесь противоречие — расстояние между звездами нельзя уменьшать, как нам хочется. Факты говорят, что звезды отделены друг от друга в среднем расстоянием 2–3 световых года. Однако нет ли здесь психологической инерции? Всегда вспоминайте о ней, когда говорите «не бывает». Для объяснения вспышек новых звезд вовсе не обязательно, чтобы звезды были близки друг к другу все время — вспышка ведь продолжается несколько месяцев. Пусть звезды проносятся на расстоянии двух-трех радиусов друг от друга, а потом разлетаются. Этого не бывает, шепчет память профессионала. Но допустим, что это есть. Противоречие, к сожалению, не исчезнет — ведь, когда звезды пролетают друг около друга, увеличивается и скорость их движения. Звезды разлетаются быстро, и силы тяжести не успевают вызвать катастрофических явлений.

Итак, для взаимодействия не хватает времени. Используем еще раз прием увеличения. Пусть звезды не только пролетают друг около друга, но остаются рядом в течение длительного времени. И теперь уже ни один астроном не скажет: так не бывает. Так бывает — в двойных системах.

Последовательное применение приемов уменьшения и увеличения (самых простых приемов, используемых в курсе РТВ) привело к гипотезе: вспышки новых происходят в двойных звездных системах, когда одна из звезд своим тяготением вызывает катастрофические явления на поверхности звезды-соседки.

Этого же результата можно было достичь другим путем, применив более сильный прием объединения: если объекты разобщены — сведите их в единую систему.

Гипотезу о двойственности новых звезд предложил, как вы помните, Клинкерфус больше восьмидесяти лет назад. В принципе она считается верной и в наши дни. Но вот что любопытно. Почти полвека гипотеза о двойственности новых считалась неверной. И все потому, что для преодоления очередного противоречия был использован не тот прием!

Когда была высказана гипотеза о двойственности новых, оказалось, что известные в то время двойные системы не настолько тесные, звезды в них не настолько близки друг к другу, чтобы приливные силы оказались достаточно велики. Даже в двойных системах приливы не вызывают катастрофических явлений. И тогда вместо простого приема уменьшения (уменьшим расстояние между звездами; предположим, что есть очень тесные двойные системы, попробуем такие системы найти) был использован значительно более сильный прием наоборот: если что-то не получается, сделаем наоборот. Если взрывы не удается объяснить внешними причинами, поищем причины внутренние.

Но если причина вспышки кроется в особенностях внутреннего строения звезд, то зачем нужна идея о двойственности новых? И гипотеза Клинкерфуса была забыта...

ТРИЗ предлагает много приемов устранения технических противоречий, десятки приемов развития воображения предлагает и теория фантастики. Позднее мы еще вернемся к приемам, а сейчас уясним общую схему.

От метода проб и ошибок мы перешли к морфологическому анализу — стали систематически исследовать все поле проб. Потом поняли, что это непроизводительная трата времени. Хорошо бы не пропалывать все поле (по системе или без нее), а сразу идти прямой дорогой к решению проблемы. В поисках этого пути мы выяснили, что научная задача, как и техническая, заключается в необходимости выявить и устранить противоречие. Возник вопрос: как именно можно устранить противоречие? Нужно, сказали мы, изменить одну из конфликтующих сторон. Изменить, но как? Вот для этого и нужна специальная система, нужен алгоритм. ТРИЗ является единственной пока алгоритмической методикой решения творческих изобретательских задач — приемы ТРИЗ прямо ведут к искомому решению. В решении научных задач такой завершенной теории пока нет. Использование приемов для устранения научных противоречий — лишь первые шаги.

Все, что можно в принципе сделать с явлением, фактом, рассуждением, эти приемы должны объединить в себе. На примере новых звезд мы видим, что противоречия могли быть устранены с помощью стандартных приемов увеличения, уменьшения, объединения... Но беда в том, что в науке использование приемов пока ничем не эффективнее обычного метода проб и ошибок. Потому что нет еще правил пользования приемами, нет алгоритма научного творчества.

В технике — иное дело. Советский изобретатель

Г. С. Альтшуллер проанализировал сотни тысяч изобретений и выявил несколько десятков



стандартных приемов устранения технических противоречий. Более того, установил — материала было достаточно! — какие именно приемы нужно использовать для разрешения конкретных типов противоречий. Так в шестидесятых годах был создан алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), ставший основой современной теории (ТРИЗ). В науке такое исследование, такой анализ научных изобретений и открытий еще не проведены. Если научное противоречие и выявлено, то еще совершенно неясно, какой именно прием нужно использовать для его разрешения. Поэтому ученые перебирают все приходящие на ум возможности (а если увеличить, а если уменьшить, а если сделать наоборот, а если объединить), и получается, в сущности, лишь переработанный вариант метода проб и ошибок. Поэтому и те приемы, о которых уже шла речь, и те, о которых пойдет речь ниже, используются пока не там, где нужен целеустремленный научный поиск, а для развития творческого воображения.

## Глава шестая

Необычные свойства нейтронных звезд. Нейтронная звезда в Крабовидной туманности! Приемы, приемы... Что такое фантограмма! Нужен эвристор!

Наука выигрывает, когда ее крылья раскованы фантазией. М. Фарадей

Середина шестидесятых годов — начало расцвета рентгеновской астрофизики. Середина шестидесятых годов — это бум исследований квазаров. Это открытие реликтового излучения. Это исследование активных галактик. В общем, это кульминация революции в астрофизике.

Именно в середине шестидесятых окончательно оформилось как ветвь астрофизики новое направление исследований — релятивистская астрофизика. Это название было впервые произнесено на симпозиуме в Далласе в 1963 году. Релятивистская астрофизика объединила изучение небесных тел и явлений, в природе которых важную, а то и определяющую роль играют эффекты и следствия общей и частной теорий относительности. Рентгеновские источники заставили поверить: нейтронные звезды могут существовать в Галактике. Открытие квазаров заставило поверить: в жуткой дали Вселенной могут существовать коллапсирующие тела с массами в миллиарды масс Солнца. А открытие реликтового излучения заставило поверить: самое начало нашей Вселенной тоже можно описать теорией относительности Эйнштейна.

Революция в астрофизике достигла кульминации, но... в поиске нейтронных звезд кульминация еще не наступила. Рентгеновские измерения в шестидесятых годах не обладали нужной точностью и чувствительностью. Оптический поиск нейтронных звезд и черных дыр в двойных системах, о возможности которого писали Я. Б. Зельдович и О. Х. Гусейнов, в то время еще не проводился. А нейтринная обсерватория, способная обнаружить всплеск нейтринного излучения во время коллапса, существовала только в мечтах энтузиастов. Новые идеи появлялись, но новых наблюдений не было...

Морфологический ящик «нейтронные звезды» заполнялся медленно. Какие свойства имеет нейтронная звезда? Мы уже спрашивали об этом. И ответили: поле тяжести и теплота. Разве это все? Давайте поищем другие клетки. И для этого обратимся к обычным звездам, например, к Солнцу. Какие из его свойств сохранятся, если сжать Солнце до размеров нейтронной звезды? В недрах Солнца идут ядерные реакции — это свойство не сохранится, гореть в нейтронных звездах нечему.

Солнце вращается вокруг оси, делает один оборот за 27 дней. Если вращающееся тело сжать, оно начинает вращаться быстрее. Если размер тела уменьшить вдвое, вращение станет вчетверо быстрее. Радиус нейтронной звезды в сто тысяч раз меньше солнечного. Если уменьшить размер тела в 100 тысяч раз, его вращение ускорится в 10 миллиардов раз! Нейтронная звезда должна совершать один оборот вокруг оси за одну десятитысячную долю секунды!

Вспомним теперь о законе природы, благодаря которому нейтронная звезда оказывается наделенной еще одним удивительным свойством. Это закон сохранения магнитного потока. У Солнца есть магнитное поле. По мнению астрофизиков, Солнце обладает регулярным дипольным магнитным полем, напряженность которого на поверхности равна примерно 1 гауссу. Представим опять, что Солнце сжалось до размеров нейтронной звезды. Количество силовых линий, пересекающих поверхность звезды, не может измениться. Но сама поверхность стала теперь меньше в 10 миллиардов раз. Значит, на единицу поверхности теперь приходится в 10 миллиардов раз больше силовых линий, чем прежде. А это означает, что в 10 миллиардов раз увеличилось магнитное поле. Один гаусс на поверхности обычной звезды — и 10 миллиардов гауссов на поверхности звезды нейтронной! Если такое огромное магнитное поле вообще может существовать в природе, то именно в нейтронных звездах.

Но размер черной дыры еще меньше, значит, ее магнитное поле еще больше?

Нет. Магнитное поле черной дыры равно нулю! В 1964 году к такому выводу пришел советский физик В. Л. Гинзбург. Звезда, катастрофически сжимаясь, скрывается под своим гравитационным радиусом и с этого момента начисто пропадает для наблюдателя. И вместе со звездой исчезает для наблюдателя и ее магнитное поле. Исчезает, как мы уже говорили, не мгновенно, этот процесс растягивается для внешнего наблюдателя на бесконечное число лет. Исчезают все свойства, кроме трех: массы, заряда и момента вращения... Пролетая мимо черной дыры на звездолете, мы могли бы только констатировать, что на траверзе находится некое притягивающее, заряженное и вращающееся тело. И больше никаких свойств. В середине шестидесятых годов американский физик Дж. Уилер сказал, что «черная дыра не имеет волос». Это верно — она лысая... Правда, в семидесятых годах Э. Хокинг показал, что это не совсем верно. Реденькие «пряди волос» у черной дыры все-таки есть. Например, вблизи сферы Шварцшильда в вакууме могут рождаться пары частиц и античастиц, способные покинуть черную дыру, вылетать в космос. Но рассказ об этих особенностях черных дыр уведет нас далеко от нашего расследования.

Вернемся к нейтронным звездам. Итак, нейтронная звезда очень быстро вращается и обладает огромным магнитным полем. В РТВ, как мы говорили, есть прием объединения разнородных свойств. В 1964 году советский астрофизик Н. С. Кардашев объединил в одной нейтронной звезде свойства быстрого вращения и огромного магнитного поля. Речь шла о гипотетической нейтронной звезде в Крабовидной туманности.

Астрономы установили, что Крабовидная туманность расширяется все быстрее и быстрее, и объяснения этому странному явлению не было. Всем астрофизикам известна сила, способная затормозить расширение туманности — это сопротивление межзвездной среды. Но какая сила может ускорить расширение?

Это было противоречие между наблюдением и интерпретацией. Верную интерпретацию впервые дал Н. С. Кардашев. Он использовал прием объединения: объединил в одну систему туманность и нейтронную звезду в ней. Они ведь действительно неразрывно связаны общим магнитным полем. Тысячу лет назад не было ни туманности, ни нейтронной звезды. Была звезда-старушка, конец которой приближался. Звезда обладала магнитным полем. Звезда вращалась вокруг оси. Потом она взорвалась. Оболочка разлетелась, а ядро стало нейтронной звездой. Оболочка унесла с собой и магнитные силовые линии. Ведь силовые линии магнитного поля не могут разорваться. Выйдя из какой-то точки, они в нее и

возвращаются — силовые линии магнитного поля замкнуты. Выйдя из нейтронной звезды и пройдя сквозь туманность, силовые линии вновь возвращаются к нейтронной звезде. Силовые линии связывают звезду и туманность невидимыми тугими нитями. Если бы нейтронная звезда не вращалась, то силовые линии просто вытягивались бы при расширении туманности. Но нейтронная звезда быстро вращается, и силовые линии наматываются на нее как на барабан. Магнитное поле, проходящее сквозь туманность, становится подобно спирали, ветви которой скручиваются все туже. Силовые линии сближаются. Растет магнитное поле. Значит, растет и магнитное давление. Нейтронная звезда как бы «накачивает» в туманность магнитное поле. А давление магнитного поля расталкивает плазму в туманности, заставляет ее расширяться все быстрее.

Но ведь чтобы разогнать газ в туманности, нужна энергия. Откуда она берется? Н. С. Кардашев дал ответ: из энергии вращения нейтронной звезды. Нейтронная звезда вращается намного быстрее, чем туманность. Собственно говоря, настолько быстрее, что по сравнению с нейтронной звездой можно считать, что туманность не вращается вовсе. Но силовые линии стремятся двигаться вместе с туманностью, ведь они, как говорят астрофизики, «вморожены» в плазму. Значит, и силовые линии тоже стремятся не вращаться. И тянут за собой звезду — тормозят ее вращение. Звезда вращается все медленнее, энергия ее вращения уменьшается, передается магнитным силовым линиям, то есть переходит в энергию магнитного поля. И в конечном счете идет на ускорение расширения туманности.

Выводы Н. С. Кардашева, подкрепленные расчетами, хорошо согласуются с наблюдениями Крабовидной туманности. Нейтронная звезда, если она есть в центре туманности, вполне способна обеспечить наблюдаемое ускорение. Более того: нейтронная звезда вполне способна «накачать» в туманность и наблюдаемое в ней магнитное поле. Оно, казалось бы, не велико — всего 0,0003 гаусса, но ведь это в 100 раз больше среднего магнитного поля межзвездного газа. И наконец, энергия вращения нейтронной звезды, которая при этом теряется, составляет примерно 1037 эрг/с. Столько, сколько ежесекундно излучает Крабовидная туманность во всех диапазонах длин волн. Нужны ли более убедительные аргументы в пользу того, что в Крабовидной туманности должна быть нейтронная звезда?

Все эти аргументы были известны в 1964 году, однако существовало сильнейшее и никем еще не поколебленное предубеждение: нейтронная звезда — мертвое тело. Работа И. С. Кардашева этого предубеждения не поколебала. Магнитное поле, вращение — это ведь свойства пассивные, это то, что осталось нейтронной звезде в наследство от звезды, погибшей при взрыве.

Была еще идея С. Б. Пикельнера, высказанная в 1956 году: в Крабовидной туманности есть источник релятивистских электронов. Никто против этого не возражал. Но в качестве источника частиц предлагалось все, что угодно, кроме активности нейтронной звезды. В 1966 году И. С. Шкловский писал, что источником частиц может стать турбулентная плазма, окружающая нейтронную звезду. Активность есть, без нее не обойтись, но пусть она будет вне звезды.

Правда, были в те годы и работы, где говорилось о возможности (кратковременной!) генерации быстрых частиц в недрах нейтронной звезды. Об этом писали советские астрофизики О. Х. Гусейнов и В. Ц. Гурович. Нейтронная звезда возникает в процессе катастрофического коллапса. Но ведь падая на центр, частицы вещества приобретают огромные скорости. В момент, когда образуется нейтронная звезда, падение прекращается (давление вырожденного нейтронного газа уравнивает тяготение). А что происходит с той кинетической энергией, которой запаслись, падая, частицы? Она диссипирует в тепло — так происходит всегда, когда движение тормозится. Диссипирует в тепло, но... не сразу. Сначала эта энергия переходит в энергию колебаний звезды и лишь потом, после затухания колебаний, превращается в тепло. Некоторое время (недолгое, конечно) нейтронная звезда вздувается и опадает, и при этом генерируются быстрые частицы, способные покинуть

звезду, «испариться» с ее поверхности.

Вернемся к морфологическому ящику «нейтронные звезды». Вот клетка: огромное магнитное поле. Вот клетка: быстрое вращение. Вот клетка: нейтронная звезда колеблется. Вот клетка: нейтронная звезда генерирует быстрые частицы. Но... о предсказании открытия, которому суждено было стать астрономическим событием века, речи не было. Психологическая инерция не позволила думать, что всеми перечисленными свойствами может обладать одна нейтронная звезда. Но и этого было недостаточно. Чтобы предсказать пульсары, нужно было значительно увеличить способность нейтронных звезд выбрасывать релятивистские частицы.

Недоставало субъективного фактора: человека, который, обладая интуицией, догадался бы использовать приемы объединения и увеличения. Интересно, если бы пульсары не были случайно открыты в 1967 году, смогли бы теоретики предсказать их за прошедшие с тех пор два десятилетия? Или астрофизики и сейчас считали бы, что нейтронные звезды мертвы? Хочется верить, что смогли бы. Идея носилась в воздухе. Недаром первая правильная работа о причинах излучения пульсаров появилась всего через три месяца после опубликования заметки об открытии.

Однако психологическая инерция живуча. Открытие пульсаров было фактом, с которым нельзя спорить. Когда ученого ставят перед фактом, сам факт разрушает инерцию мысли. С фактом приходится считаться, факт объективен. А мнение можно и опровергнуть, с мнением можно не согласиться, чужое мнение можно попросту игнорировать. Поэтому не нужно недооценивать роли субъективного фактора в науке. Может быть, сегодня в какой-то области науки тоже накопилось достаточно идей — морфологический ящик заполнен, созрела возможность для предсказания открытия. Но нет субъективного фактора: человека, который отыскал бы в морфологическом ящике нужную клетку и использовал нужный прием. Потом, когда открытие будет сделано — вероятнее всего, случайно, — станут говорить: конечно, кризис назрел, и если бы не Икс, то это открытие сделали бы Игрек или Зет. Да, но пришел бы Игрек к открытию спустя неделю или через три года? И было бы открытие, сделанное Зет, таким же изящным и красивым? Внесли бы Игрек и Зет именно те изменения, которые ведут к открытию? Или воспользовались бы другим приемом, одним из десятков? Ведь тогда они сделали бы другое открытие!

В ходе расследования мы уже встречались с некоторыми приемами, заимствованными из арсенала теории изобретательства и теории фантастики.

Как возникает изобретение? На каком-то этапе своего развития техническая система приходит в противоречие с нуждами практики. Система требует изменения. И это изменение производят с помощью стандартных приемов. Сравним с развитием науки. Здесь тоже на некотором этапе старое представление вступает в противоречие с наблюдением (экспериментом) или с новыми представлениями. Представление нуждается в изменении. И ученый изменяет его, делает научное изобретение в конечном счете с помощью аналогичных приемов, используемых, в отличие от ТРИЗ, подсознательно.

Анализ сотен тысяч изобретений позволил выявить, в каких конкретных случаях нужно использовать именно данный прием. Изобретатель, использующий ТРИЗ, уже не мечется по полю проб и ошибок — он знает, как избавиться от каждого конкретного типа технического противоречия. А ученые все еще продолжают пропалывать поле проб и ошибок. Потому что работа, которую проделал советский изобретатель Г. С. Альтшуллер по систематизации приемов в изобретательском творчестве, еще не сделана для творчества научного. Поэтому нам придется пользоваться приемами вслепую, не столько для решения конкретной научной задачи, сколько для развития воображения.

Для развития творческого воображения используется несколько иной набор приемов. И

получен этот набор при исследовании возникновения научно-фантастических идей. Были собраны тысячи идей, придуманных фантастами, и после анализа оказалось, что любую из них, даже самую фантастичную, можно получить из обычного, всем известного факта, если этот факт соответствующим образом изменить. Что значит — соответствующим образом? Это значит: с помощью какого-то приема. Перечислим основные приемы и приведем примеры из научно-фантастической литературы и из астрофизики.

Самый популярный и, возможно, главный прием — «наоборот». Изменить свойства на противоположные, действие на антидействие и т. д. Вспомним эпиграф к повести Р. Брэдбери «451 градус по Фаренгейту»: «Если тебе дадут линованную бумагу — пиши поперек». С приемом «наоборот» мы уже не раз сталкивались. Когда астрофизики не смогли объяснить вспышки новых звезд внешними причинами, они поступили наоборот: стали искать причины внутренние. Мак-Лафлин объяснил спектры сверхновых I типа тоже с помощью приема «наоборот». В спектрах, сказал он, наблюдаются не яркие полосы на темном фоне, а темные полосы на ярком фоне.

Явное использование приема «наоборот» — идея В. А. Амбарцумяна о Д-телах. Звезды рождаются из межзвездного газа при его сжатии. И наоборот. Звезды возникают из сверхплотного дозвездного тела при его расширении.

Пример из научной фантастики: человек молодеет, вместо того чтобы стареть. Вспомните «Звездные дневники Ийона Тихого», написанные С. Лемом. Тихий попадает на планету, где процессы жизнедеятельности текут вспять, как пущенная назад кинолента. В романе П. Буля «Планета обезьян» тоже все наоборот — обезьяны правят миром, а люди сидят в клетках...

Прием «наоборот» используется очень часто. И вот что важно: этот суперприем позволяет менять и сами приемы. Так, вместо приема уменьшения можно использовать обратный прием — увеличения. С обоими этими приемами мы уже сталкивались, когда обсуждали гипотезы о вспышках новых звезд. А вот примеры из фантастики.

Увеличение роста человека в повести Г. Уэллса «Пища богов». Увеличение размеров звездолета — в романе С. Лема «Магелланово облако» звездолет огромен, как город. В романе А. Кларка «Свидание с Рамой» звездолет может вместить несколько городов, а в повести Г. Гуревича «Прохождение Немезиды» звездолет огромен, как планета, да это и есть планета, которую ее жители используют в качестве космического корабля.

Прием уменьшения. Рост человека в повести В. Братина «Страна дремучих трав» уменьшается настолько, что обычная трава кажется огромным деревом. В повести А. Азимова «Фантастическое путешествие» размеры подводной лодки вместе с людьми уменьшают настолько, что они отправляются в экспедицию по организму обычного человека, перемещаясь внутри кровеносных сосудов. Классические примеры использования приемов увеличения и уменьшения — «Путешествия Гулливера» Д. Свифта и «Алиса в стране чудес» Л. Кэрролла.

Часто используются приемы ускорения и обратный ему прием замедления. Пример из астрофизики. Когда были открыты квазары, спектры их в течение двух лет не поддавались расшифровке. Американский астрофизик М. Шмидт в 1963 году решил задачу с помощью приема ускорения. Он предположил, что квазары движутся от нас с невероятными скоростями в десятки тысяч км/с. И сразу все прояснилось — непонятные спектральные линии оказались обычными линиями водорода, но сильнейшим образом смещенными в красную сторону!

Примеры из фантастической литературы. В рассказе А. Беляева «Над бездной» Земля начинает вращаться в 17 раз быстрее. Даже в средних широтах центробежная сила сравнивается с силой тяжести, и герой рассказа едва не улетает в космос! В другом рассказе

А. Беляева «Светопреставление» используется прием замедления — замедляется движение света. Представляете, что произойдет, если вдруг скорость света уменьшится до двух-трех метров в секунду? Прочитайте рассказ А. Беляева или повесть Т. Гнединой «Беглец с чужим временем»...

Прием объединения и обратный ему прием дробления. Объединение всех идей о нейтронных звездах. Именно тот прием, который не был использован астрофизиками в шестидесятых годах...

Любопытную историю рассказал американский астрофизик Дж. Стеббинс. Он был первым, кто в десятых годах нашего века применил для нужд астрономии фотоэлементы.

Чувствительность фотоэлементов в то время была низкой, и Дж. Стеббинс долго размышлял над тем, как избавиться от этого существенного дефекта. Вот что он писал: «После демонстрации фотоэлемента на заседании я завернул его в носовой платок и положил в карман. Потом я забыл о фотоэлементе, вытащил носовой платок и уронил фотоэлемент на твердый пол. Это был хороший фотоэлемент, но теперь у меня стало два фотоэлемента, каждый из которых был вдвое лучше первого. В то время как большая площадка примерно в 12 см<sup>2</sup> давала большие шумы, маленькая оказалась заметно лучше. Учтя этот опыт, я набрался храбрости, поместил наш лучший фотоэлемент в тиски и молотком и зубилом отколол от него примерно четверть, чтобы получить действительно хороший фотоэлемент».

Как видим, Дж. Стеббинс применил (совершенно неосознанно!) прием дробления. Впрочем, так происходит в большинстве случаев, когда ученый действует с помощью метода проб и ошибок.

Фантасты тоже пользуются этим приемом. В «Путешествиях профессора Тарантоги» С. Лем дробит своего героя на атомы! При этом снимается схема расположения их в человеческом теле. Схему передают в любое другое место, а там специальная аппаратура вновь собирает того же человека.

Вот еще один прием: динамизация — если действие или явление статично, то нужно сделать его меняющимся, динамичным. И наоборот: если действие динамично, сделайте его статичным!

Обратимся за примером к астрофизике. Звезды излучают потому, что в их недрах идут термоядерные реакции: водород превращается в гелий. Но кроме тепла в этих реакциях рождаются и нейтрино. Если мы знаем, сколько энергии излучает звезда, то можем подсчитать, сколько должно выделиться нейтрино. Ожидаемый поток нейтрино от Солнца давно посчитан, он раза в три больше, чем тот, что удается наблюдать. Противоречие. Используем прием динамизации. Пусть темп ядерных реакций в Солнце меняется. И допустим, что много лет назад реакции в недрах Солнца протекали интенсивнее, чем теперь. Нейтрино покидают звезду за одну-две секунды — для них вещество Солнца прозрачнее стекла. Но тепло, которое выделяется от слияния атомов водорода в атом гелия, достигает поверхности Солнца лишь через много лет, медленно переходя от одного внутреннего слоя к другому. Это означает, что излучение Солнца, видимое сейчас, соответствует темпу реакций, прошедших много лет назад. А поток нейтрино соответствует темпу реакций в сегодняшнем Солнце. И если за много лет скорость реакций уменьшилась, то мы обязательно зарегистрируем кажущийся дефицит нейтрино.

И снова пример из научно-фантастической литературы: в романе В. Савченко «Открытие себя» человек управляет своей внешностью. Динамичное тело — кто откажется от такого?

Очень силен прием универсализации и обратный ему прием ограничения. Сделайте явление универсальным, пусть действие его распространяется на более широкий класс явлений. И наоборот — действие универсального явления ограничьте.

Ни один закон природы не был бы выведен, если бы ученые не пользовались приемом универсализации. Ньютон видел, что тела притягиваются Землей, и объявил тяготение универсальным свойством всех тел Вселенной. Английский врач Майер наблюдал, как меняется цвет крови человека по мере приближения к экватору, к более жарким странам. Рассуждая о причинах этого единичного явления, он открыл самый универсальный из законов природы — закон сохранения энергии.

Однако универсализация немыслима без своего антипода — приема ограничения. Ньютон считал, что механика верна при любых скоростях движения тел. А Эйнштейн доказал, что действие классической ньютоновской механики нужно ограничить скоростями, малыми по сравнению со скоростью света. Каждый закон природы — следствие обобщения какого-нибудь единичного факта или явления. Но каждый закон природы в то же время ограничен.

А вот в повести В. Шефнера «Девушка у обрыва» описан универсальный материал аквалид. А кому неизвестны универсальные роботы А. Азимова? Они настолько универсальны, что их часто и от людей не отличишь! Ограничение можно наблюдать в повести Р. Хайнлайна «Пасынки Вселенной» и в рассказе К. Саймака «Поколение, достигшее цели»: для космонавтов вся Вселенная ограничена стенками звездолета — они и не подозревают, что существует еще нечто вне космического корабля.

Мы рассказали здесь всего о шести приемах и об их антиприемах. На самом деле приемов гораздо больше. В ТРИЗ — теории решения изобретательских задач — насчитывается 40 стабильных приемов. В курсе РТВ приемов более 50, и это естественно — ведь в ТРИЗ отобраны наиболее сильные приемы, радикально устраняющие технические противоречия. Для разбития же творческого воображения пригодны все приемы, которые позволяет выявить многогранная научно-фантастическая литература. В фантастике используются и весьма специфические приемы, которые вряд ли будут в скором времени взяты на вооружение наукой, но для развития творческого воображения эти приемы подобны живой воде! Это приемы одушевления и искусственности. Неживому приписать свойства живого, а то, что считалось естественным, объявить искусственным. И наоборот, конечно.

Вспомним «Солярис» С. Лема, где с помощью приема одушевления изменен привычный для всех океан. В романе С. Лема «Голос неба» искусственным оказывается поток нейтрино, пронизывающий Вселенную. В рассказе Г. Альтова «Порт Каменных Бурь» прием искусственности применен к шаровым звездным скоплениям. Попробуйте вспомнить прочитанные вами научно-фантастические произведения, и вы сами сможете привести немало примеров использования приемов одушевления и искусственности. Эти приемы уже давно используются для развития творческого воображения и даже для решения технических задач — например, в синектике.

Ученые этими приемами практически не пользуются, считая их неоправданно сильными. Советский астрофизик И. С. Шкловский ввел понятие «презумпции естественности»: всякое явление считается естественным, пока не будет совершенно надежно доказано обратное. Ученые неукоснительно следуют «презумпции естественности». Один раз они отступили от этого правила, когда обнаружили аномалии в движениях спутников Марса. Но наблюдения оказались ошибочными, «презумпция естественности» восторжествовала. И во второй раз было совершено отступление от этого принципа... Но об этом немного позднее.

Кратко перечислим еще несколько наиболее интересных приемов.

Прием квантования и обратный ему прием непрерывности. Если действие явления непрерывно во времени и пространстве — сделать его прерывистым. Если прерывисто — сделать непрерывным.

Прием вынесениям обратный ему прием внесения. Отделить от объекта или явления присущее ему свойство. Приписать объекту или явлению качество, ему вовсе не свойственное, взятое из другого класса явлений.

Прием смещения. Обратный ему прием совмещения. Действие явления сместить во времени вперед или назад. Или совместить с действием другого явления.

Эти и другие приемы подробно изучаются в рамках общего курса развития творческого воображения. Такой курс проходят слушатели институтов и школ изобретательского творчества, работающих во многих городах Советского Союза.

Творческую фантазию можно развить упорной тренировкой, и цель приемов — не заменить процесс обдумывания творческой задачи, а ускорить его. Научившись пользоваться приемами, вы почувствуете, что по-иному стали относиться к научным задачам. Решения ваши станут смелее и оригинальнее. Но главное, о чем всегда нужно помнить, работая с приемами, — думать, мысленно изменять явление нужно до тех пор, пока не возникнет новое качество. \* \* \*

Давайте немного потренируемся — так мы лучше разберемся в действии приемов.

Возьмем для примера обыкновенный воздушный шар. Баллон, наполненный газом. И воспользуемся приемом увеличения. Шар диаметром в сотню метров... В тысячу метров... Десять тысяч метров...

Казалось бы, это слишком много: шар диаметром в десять километров. Такой шар невозможно сделать? Психологическая инерция! Тренируя воображение, забудьте слово «невозможно». Представьте, что мы сделали такой воздушный шар. Он будет лежать на земле, а верхний его край уйдет за облака.

Что ж, поднимем шар на высоту, соответствующую его размерам. Скажем, километров на двести.

На такой высоте нет атмосферы? Да, почти нет. Если диаметр шара велик, то шар будет висеть и на такой высоте. Сделаем его стенки тонкими, в один молекулярный слой. И тогда вес такого шара-гиганта окажется меньше веса воздуха, который он вытеснит. На высоте двести километров шар будет висеть неподвижно, служить прекрасным отражателем для радио и телевизионных сигналов. А запустить его можно с помощью ракеты. Конструкция будет наверняка дешевле, чем запуск дорогостоящих спутников связи...

Но пойдём дальше. Ещё больше увеличим размеры шара. Ведь нам нужно новое качество. Диаметр шара десять километров, сто километров, тысяча, двадцать тысяч...

Это уже больше размеров Земли! При диаметре в двадцать тысяч километров шар окажется в космосе, в стороне от Земли. Но давайте используем ещё и прием «наоборот». Пусть Земля будет не рядом с шаром, а внутри его. Земля окажется внутри шара, как косточка в абрикосе. Правда, окружать оболочкой нашу Землю пока нет необходимости, но вот Марс — можно. Для чего? Атмосфера Марса очень разрежена. Представим, что мы заключили Марс с его воздушной оболочкой в такую шарообразную пленку. И начали этот шар сжимать. Довели его диаметр до того, что расстояние от поверхности Марса до оболочки стало что-то около километра. Или десять километров — нужно ведь учесть, что на Марсе есть высокие горы. Атмосфера уплотнится и не сможет вырваться наружу. Условия жизни на Марсе существенно изменятся. Климат станет мягче, летать можно будет на обычных реактивных и даже винтовых самолетах. А в открытый космос можно выбираться через шлюзы. Такой своеобразный воздушный шар можно использовать и для создания искусственной атмосферы на астероидах, где собственная сила тяжести не в состоянии удержать воздушную оболочку (такая идея уже, кстати, есть в научной фантастике — в повести Г.



Гуревича «В зените»)... \* \* \*

Интуитивно каждый ученый пользуется приемами при решении научных задач. Дело в том, что работать с приемами нужно осознанно и систематически.

Но не ведет ли это к дилетантизму? Не возникает ли обманчивая мысль, что разрешить научное противоречие, предложить новую научную идею легко? Достаточно использовать прием, а это, потренировавшись, может сделать кто угодно. А как же специальные знания, как же научная интуиция?

Конечно, специальные знания совершенно необходимы. Без них не разглядеть научного противоречия, не поставить задачу. Без них не отличить плохую идею от хорошей, верную от неверной.

Но вот что выяснилось, например, после того, как была создана теория решения изобретательских задач. Для того чтобы решить изобретательскую задачу в области, скажем, металлургии (но задача должна быть уже поставлена!), не обязательно быть специалистом-металлургом. Достаточно иметь общее представление об этой профессии. И главное — хорошо знать ТРИЗ. Обычно на занятиях по теории решения изобретательских задач присутствуют люди самых различных специальностей. И все одинаково свободно решают поставленные изобретательские задачи независимо от профессии. «Метод важнее открытия, — говорил Л. Д. Ландау, — ибо правильный метод исследования приведет к новым, еще более ценным открытиям».

Вот любопытная аналогия из фантастики. В повести Р. Шекли «Обмен разумов» Марвин Флинн теряет на далекой планете любимую девушку по имени Кэти. Горю его нет предела, он не знает, где искать любимую. Но на его пути оказывается некий Вальдец, специалист по теории поисков. Вальдец предлагает Флинну немедленно отправиться на поиски. Флинн недоумевает — ведь Вальдец не задал ни одного вопроса, он не спросил даже как выглядит Кэти. На что Вальдец отвечает:

«— Дружище, если бы вам было известно о Кэти все — ее привычки, друзья, желания, антипатии, надежды, страхи, мечты, планы и тому подобное, — как по-вашему, удалось бы вам ее найти?»

— Наверняка удалось бы, — ответил Марвин.

— Несмотря на то, что вы ничего не знаете о теории поисков?

— Да.

— Что ж, — сказал Вальдец, — а теперь рассмотрим обратный случай. О теории поисков я знаю решительно все. Следовательно, мне нет нужды знать что-либо о Кэти».

Конечно, ситуация здесь парадоксально заострена, в стиле, свойственном Р. Шекли. Но зерно истины в утверждении Вальдеца есть. Зная, как решается любая научная задача, можно без страха приступать к решению конкретной задачи.

С помощью приемов можно модифицировать и уже известный нам морфологический анализ. Метод направленной интуиции позволяет увидеть все поле проб и ошибок, но он раскладывает по клеточкам современное состояние науки, комбинирует то, что известно. Но настоящая «безумная» идея часто не является следствием простого комбинирования. Научная идея разрешает противоречие, изменяя одну из конфликтующих сторон. И наше подсознание оперирует искаженными морфологическими ящиками, клетки которых изменены будто в кривом зеркале. Так, во сне мы не узнаем реальных событий, искаженных до предела.

Иными словами, подсознательно мы перебираем клетки не морфологического ящика фактов, а клетки фантограммы.

Представьте, что на занятии по РТВ вам дали задание: придумать фантастическое растение. Первое, что приходит в голову, — сосна размером с гору. Или водяная лилия на стебле кукурузы. Вы взяли обычное растение и увеличили его размеры. Взяли два разных растения и объединили их. Так работает нетренированное воображение. Тренировка фантазии позволяет понять две вещи.

Во-первых, не обязательно менять растение целиком, чтобы получить фантастический эффект. Можно изменить химическую структуру дерева, направление его эволюции, среду обитания...

Во-вторых, можно менять не одно дерево, а их систему. Не дерево, а лес.

Иными словами, прежде чем что бы то ни было менять, нужно построить для понятия «растение» морфологический ящик. На одной из его осей будет химизм растения, его энергетика, природа древесины и многое другое. Видите, как сразу увеличился диапазон фантастического, даже если пользоваться одним лишь приемом увеличения?

А ведь есть и другие приемы. Каждый прием (а их около 50), использованный для изменения каждой клетки морфологического ящика (а таких клеток сотни, если не тысячи), приводит к рождению новой фантастической идеи. Нового фантастического растения. И если реальное растение можно «разместить» в морфологическом ящике из сотни клеток, то количество растений фантастических может достигнуть по меньшей мере десятков тысяч! ФРАГМЕНТ ФАНТОГРАММЫ

Морфологический ящик, дополненный еще одной осью — осью изменений параметров, и называют фантограммой. Морфологический анализ позволяет обобщить, систематизировать все, что известно о растениях. Или о нейтронных звездах. Или о звездах вообще. А фантограмма описывает и то, что может быть, но не реализуется. И то, чего быть не может, но возникает в воображении. А иногда даже то, что и вообразить трудно.

Теория решения изобретательских задач рекомендует использовать фантограммы для развития творческого воображения. Но наше подсознание давно освоило этот метод. Клетки фантограммы — не их ли видит ученый во сне или на прогулке, когда, казалось бы, вовсе не думает о своей задаче? Не потому ли решения, возникающие в самые неожиданные мгновения, бывают столь парадоксальными, а часто совершенно верными?

Цель, однако, в том, чтобы не в подсознании, а сознательно менять объект исследования, закон природы, явление, доказательство — менять, пользуясь известными приемами. Не ждать озарения, а идти ему навстречу. Обычно этому препятствует все та же психологическая инерция: фантограмма есть смесь реального и фантастического, а какой ученый в своей работе захочет опереться на фантастические идеи больше, чем на проверенные логические схемы? Вспомните Ф. Цвикки. Он нашел нейтронные звезды в своем морфологическом ящике. В сущности, это была одна из клеток фантограммы. Ф. Цвикки взял одно из свойств звезды — ее размеры — и воспользовался приемом уменьшения.

Однако, если в морфологическом ящике для ракетных двигателей, построенном Ф. Цвикки, было 36 864 клетки, то, дополнив каждую клетку осью изменений, мы получим миллионы комбинаций! Миллионы возможностей, из которых лишь немногие — изобретения. Как выбрать? Опять придется пробовать и ошибаться, только поле проб и ошибок теперь во много раз больше. Жизни не хватит, чтобы выпутаться из задачи!

Правда, одно правило мы уже знаем. Изменять нужно не все клетки морфологического ящика, а лишь те, что ведут к противоречию. Найти противоречие — это поставить научную задачу. Воспользоваться фантограммой — это значительно приблизить решение. Ведь Ф. Цвикки менял не произвольный параметр звезды, а именно тот, в котором скрывалось противоречие. Для вспышек сверхновых нужна была энергия. В обычной звезде такой энергии нет. Вот противоречие: энергия для вспышек сверхновых есть (ведь мы видим вспышки!), но ее нет (в обычных звездах). Для разрешения противоречия нужно знать, какая энергия переходит в энергию вспышки. Гравитационная, предположил Ф. Цвикки. А гравитационная энергия звезды зависит от ее размеров. Тогда исходное противоречие преобразуется к следующему: во вспышке сверхновой выделяется колоссальная гравитационная энергия (вспышку мы видим!), но в обычной звезде такой энергии нет (слишком велики размеры). Противоречие между наблюдением и интерпретацией. Ф. Цвикки изменил интерпретацию и предсказал нейтронные звезды.

Конечно, в реальности все не так просто. Даже выявив противоречие, ученый чаще всего вынужден изменять не одну из клеток морфологического ящика, а множество — ведь даже в случае со сверхновыми Ф. Цвикки мог объявить: «...выделяется ядерная энергия», и тогда пришлось бы менять другие клетки, и предсказание нейтронных звезд могло не состояться. Искать один вариант среди тысяч — дело трудное и долгое. Хорошо бы иметь какой-нибудь набор правил, аналогичный тому, который существует в ТРИЗ. Назовем этот набор правил эвристором. Эвристора научных изобретений и открытий еще нет, но на пути его создания вряд ли можно пройти мимо статистики уже сделанных открытий. Сейчас еще нет исследования, в котором анализировалось бы, в каких фантограммах были спрятаны открытия, сделанные за долгую историю науки. И главное — как эти открытия были сделаны. Почему в каждом конкретном случае выбирались одни клетки фантограммы, а не другие. Почему был использован именно этот прием, а не другой.

Нужно собрать и разложить по карточкам как можно больше открытий (в идеале все), сделанных за сотни лет. Для каждого открытия указать его теоретическое обоснование. Построить фантограмму, из которой, по сути, было «вынуто» открытие. Выявить, какое научное противоречие это открытие разрешило. И основной этап исследования: эмпирически отыскать правила, по которым именно эти клетки и именно эти приемы привели к открытию. Правила, которые по идее должны быть применимы к любому морфологическому ящику, для какой бы задачи он ни был составлен.

Чтобы выявить правила получения изобретательских идей, понадобилось исследовать около ста тысяч авторских свидетельств, и ушло на это у Г. С. Альтшуллера около десяти лет. Коллектив ученых, обладая современной вычислительной техникой, может справиться с задачей быстрее. Главное — начать...

Но даже если, не зная эвристора, просто строить фантограммы, уже и в этом случае можно достигнуть прекрасного эффекта — натренировать воображение, научную фантазию, научиться думать раскованно. А возможно — и предсказать открытие...

Пользуясь фантограммой, можно сейчас сделать то, чего не сделали астрофизики в середине шестидесятых годов. Объединим все известные в то время свойства нейтронных звезд. Вот, что получится:

1. Нейтронная звезда вращается, и период ее вращения может быть намного меньше секунды.
2. У нейтронной звезды сильнейшее магнитное поле — десятки миллиардов гауссов.
3. Нейтронная звезда способна генерировать быстрые частицы, которые, попадая в сильнейшее магнитное поле, должны излучать.

4. Ось вращения нейтронной звезды может не совпадать с осью ее магнитного дипольного поля.

5. Вращающийся магнитный диполь (звезда) может быть источником излучения.

6. И главное — нейтронная звезда может быть активной.

Используя прием объединения, получим, что нейтронная звезда должна быть источником мощного излучения, и поскольку звезда быстро вращается, излучение должно быть переменным, и период должен совпадать с периодом вращения нейтронной звезды вокруг оси. Иными словами, должны наблюдаться мощные источники излучения, переменные с необычными для астрономии периодами — меньше секунды! Здесь не сказано, в каком диапазоне длин волн должны излучать нейтронные звезды. Нужно искать во всех. Может быть, если бы к 1967 году была построена такая фантограмма, пульсары были бы предсказаны?

Сейчас ученые строят фантограммы подсознательно, интуитивно делается и выбор. А цель в том, чтобы научиться сознательно возводить фантограммы, название которым — открытия. Разобраться в правилах, усвоить приемы, выявить типичные противоречия и способы их устранения. Потом можно и «забыть» все это, опять свести поиск и выбор к автоматизму. Но — к осознанному автоматизму.

Представьте себе водителя, который, не умея управлять машиной, едет, полагаясь лишь на интуицию, по дороге, вымощенной открытиями. И представьте другого водителя, который изучил свою машину в совершенстве, умеет управлять ею так, что это стало его второй натурой, ушло в подсознание. Этот водитель тоже полагается на интуицию. Оба едут, любясь дорогой, отдавшись движению в незнание. От открытия к открытию. Но кто едет быстрее? И в какую машину сели бы вы, читатель?

## Глава седьмая

Открытие пульсаров. Маленькие зеленые человечки! Космический прожектор. Пульсар в Крабовидной туманности. Звездотрясения. Развитие научных систем

Вод, в которые я вступаю, не пересекал еще никто. А. Данте

Английский радиоастроном Э. Хьюиш в 1948 году заинтересовался проблемой распространения радиоволн в прозрачной неоднородной среде. Это очень интересная и важная для астрофизики проблема.

Почему мерцают звезды? Свет, проходя сквозь толщу земной атмосферы, встречает на своем пути неоднородности воздушного океана — разрежения, уплотнения, вызванные движениями воздуха. Из-за этого свет рассеивается, и нам представляется, что звезда становится то ярче, то слабее — мерцает. А радиозвезды? В 1948 году набирала силы радиоастрономия, были открыты радиозвезды — точечные, подобные звездам, источники радиоизлучения. Радиоволны, как и видимый свет, проходят сквозь беспокойную земную атмосферу. Радиозвезды тоже должны мерцать. Разница в том, что мерцания радиозвезд вызываются неоднородностями иного размера, расположенными на иной высоте. Э. Хьюиш и занялся исследованием радиомерцаний. Эта работа поглотила двадцать лет его жизни.

Э. Хьюиш был первым, кто сказал: радиозвезды мерцают не только потому, что радиоволны

рассеиваются в земной атмосфере. Они мерцают и потому, что радиоволны проходят через межпланетное пространство. Ведь оно вовсе не пусто — оно заполнено плазмой солнечного ветра, и неоднородности в этой разреженной плазме тоже способны вызвать колебания яркости далеких радиоисточников.

Идея Э. Хьюиша была подтверждена в 1964 году, а год спустя Э. Хьюиш начал проектировать для Кембриджской обсерватории новый радиотелескоп с площадью антенн 18 тысяч м<sup>2</sup>. Мерцания радиоисточников заметнее всего на длинных волнах — чем короче длина волны, тем слабее мерцания. Поэтому Э. Хьюиш выбрал для наблюдений довольно длинную волну 3,7 метра. Он сконструировал радиотелескоп сам. Сам же и построил — с помощью своих сотрудников и аспирантки Ж. Белл. Телескоп был не из самых сильных, к тому же кустарно сделанный. Достоинством, выделявшим этот радиотелескоп среди других таких инструментов, было то, что с его помощью можно было исследовать быстрые мерцания радиоисточников. Приборы были способны регистрировать изменения сигнала, продолжавшиеся десятые доли секунды. Никакие другие радиотелескопы того времени не были на это способны.

А теперь слово самому Э. Хьюишу, рассказавшему о своем открытии в Нобелевской лекции 1975 года.

«Радиотелескоп закончен был и испытан к июлю 1967 г., и нами был немедленно начат обзор неба... Фактически мы наблюдали всю доступную область неба с интервалом в одну неделю. Для обеспечения непрерывного контроля данного обзора мы решили наносить на карту неба положения (сразу же после анализа каждой записи) мерцающих радиоисточников и добавлять к ним точки, когда наблюдения повторялись через неделю. Таким образом, истинные точки можно было отличать от электрических помех, поскольку последние вряд ли могли повторяться на одних и тех же небесных координатах. Надо отдать должное Белл, которая смогла справиться с потоком бумаги от четырех самописцев.

Однажды, где-то в середине августа 1967 г., Жаклин показала мне запись флюктуирующего сигнала, который мог быть слабым источником, мерцающим, когда наблюдался в противоположном к Солнцу направлении. Это было необычно, так как сильное мерцание редко происходило в этом направлении, и мы сначала подумали, что принятый сигнал является электрической помехой. К концу сентября записи проводимого обзора показали, что источник детектировался несколько раз, хотя он и отсутствовал иногда, и я стал подозревать, что мы обнаружили вспыхивающую звезду, может быть, типа карлика класса М, которые в то время исследовал Ловелл. Однако положение источника все же менялось по прямому восхождению вплоть до 90°, и это было необъяснимой загадкой. Мы установили высокоскоростной самописец, чтобы изучить природу флюктуирующих сигналов, но не достигли успеха, так как интенсивность источника упала ниже нашего предела детектирования. В течение октября этот самописец использовался для заранее запланированных наблюдений другого источника (3C 273) в целях проверки некоторых аспектов теории мерцаний, и лишь 28 ноября мы получили первое доказательство, что наш загадочный источник излучает регулярные импульсы с интервалом чуть больше одной секунды. Я не мог поверить, что какой-нибудь естественный источник способен излучать таким образом, и сразу же обратился к астрономам других обсерваторий с вопросом, не экспериментируют ли они с приборами, могущими создавать электрические помехи во вполне определенное звездное время около 19 ч 19 мин.

В начале декабря интенсивность источника увеличилась, и его импульсы стали отчетливо выделяться над шумовым фоном. Зная, что сигналы в виде импульсов позволяют установить электрическую фазу, я пересмотрел записи нашего обзора. Этот пересмотр показал, что в действительности небесные координаты источника не менялись. Все еще будучи скептически настроенным, я подготовил устройство, которое через каждую секунду отмечало точное время, используя сигналы службы времени (MSF Rugby Time Service), и с 11 декабря были

начаты ежедневные наблюдения. К моему удивлению, в пределах ошибки наблюдения 0,1 с сравнение записи сигналов с регулярным графиком показало, что пульсирующий источник дает сигналы с точностью  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  с. В это время мои коллеги Пилкингтон, а также Скотт и Коллинз совершенно независимыми методами обнаружили, что сигнал характеризуется быстрым изменением частоты (порядка — 5 Мгц/с). Из этого следовало, что продолжительность каждого импульса (при данной радиочастоте) равна примерно 16 мс.

Не видя никаких разумных «земных» объяснений для этих радиоимпульсов, мы стали предполагать, что их может генерировать лишь какой-нибудь источник, находящийся далеко за пределами Солнечной системы, а кратковременность каждого импульса заставляла думать, что источник по своим размерам не может быть больше небольшой планеты. Мы допускали вероятность того, что сигналы могли действительно генерироваться на планете, обращающейся около далекой звезды, и что они могли быть искусственными по происхождению. Я знал, что измерения времени, если их выполнять несколько недель, выявят любое орбитальное движение источника вследствие Допплер-эффекта, и, следовательно, до окончания таких измерений я должен был хранить полнейшее молчание по поводу нашего открытия. Эти недели в декабре 1967 г. были самыми волнующими в моей жизни».

Так вспоминал об открытии первого пульсара Э. Хьюиш, получивший за свое достижение Нобелевскую премию по физике за 1975 год. А вот что рассказывал советский физик В. Л. Гинзбург:

«...Необычность состоит в том, что открытие несколько месяцев хранилось в тайне.

Велись наблюдения, обрабатывались материалы, но об этом знали лишь сотрудники одной лаборатории, а даже ближайшие «соседи» — астрономы и физики в том же старинном университетском городе Кембридже об обнаружении пульсаров и не подозревали. К числу таких жертв «секретности» принадлежу и я, так как находился в Кембридже как раз в этот период (с начала ноября 1967 г. по конец января 1968 г.). Должен признаться, что вначале мне подобная скрытность людей, которым я докладывал свои собственные результаты, с которыми мы обсуждали много научных вопросов, показалась обидной и странной. Но вскоре эти чувства прошли без остатка. Секретничание действительно было бы оскорбительным, если бы относилось к отдельным лицам, в частности ко мне — гостю из другой страны. Но в том-то и дело, что результаты не сообщались никому из посторонних, и главное, как я уверен, скрывая свою работу, ее авторы руководствовались вполне достойными соображениями. Они хотели спокойно и обстоятельно провести наблюдения, сообщить надежные данные, а не поспешить с сенсационным сообщением (к тому же вначале допускалось, что речь идет о приеме сигналов от внеземной цивилизации). При этом авторы рисковали — могло случиться, что пульсары обнаружит кто-либо другой и сообщит об этом раньше их. Нужна большая выдержка, как я думаю, характерная для всего стиля, царящего в знаменитом центре английской науки, чтобы в течение месяцев не сообщать о пульсарах. Кстати сказать, последующее развитие событий показало, сколь справедливо Э. Хьюиш и его коллеги (и, видимо, руководитель радиоастрономической обсерватории в Кембридже М. Райль) опасались, что опубликование сообщения, о существовании пульсаров совершенно изменит весь характер их работы».

Итак, строго периодическое излучение небесного тела с периодом около секунды существовать не может (науке такие тела неизвестны), но оно существует. Как разрешить такое противоречие?

Нужно либо изменить интерпретацию, либо объявить неверными наблюдения. Делать второе Э. Хьюиш не собирался. Но вот интерпретация... Импульс излучения первого пульсара продолжался всего 0,016 секунды — за это время свет пробегает, около 5 тысяч километров. Таковы максимальные размеры объекта, посылающего сигнал! Это размеры планеты,

размеры Земли. Так что же, излучает какая-то планета? Никто никогда не регистрировал никаких периодических сигналов от планет Солнечной системы. Может, излучает не сама планета, а некто на планете? Или нечто? Правда, был еще один вариант. Есть звезды размером с планету — это белые карлики. Или звезды, еще меньшие по размерам, — нейтронные. Может, это они и излучают? Но... в такое было еще труднее поверить, чем в сигналы внеземной цивилизации. Ведь импульсы излучения пульсара повторялись через каждые 1,3373011017 секунды. Попробуйте найти даже среди точных часов, созданных разумом человека, часы с такой стабильностью хода! А уж допустить, что такие часы существуют в естественном состоянии... Вероятно, для этого нужно было еще большее воображение, чем для предположения о внеземном разуме.

Даже после того как в декабре 1967 года Ж. Белл обнаружила еще три пульсара (пришлось исследовать больше пяти километров регистрограмм), предположение о внеземных цивилизациях отпало не сразу. Даже названия у первых четырех пульсаров были такими: LGM 1, 2, 3 и 4, что было сокращением слов Little Green Men (маленькие зеленые человечки). Таким термином часто обозначали пришельцев из космоса — жителей других миров.

Редчайший случай в истории науки: ученый нарушил принцип «презумпции естественности». Сначала была исследована возможность искусственного происхождения сигналов и лишь потом обращено внимание на естественные возможности. Уже одно это говорит, насколько сильным было убеждение в том, что нейтронные звезды не могут быть активны.

И все же факты заставили Э. Хьюиша отказаться от идеи о внеземном разуме. Если излучение идет с планеты, обращающейся около звезды, это легко доказать. Представим, что источник обращается около звезды, то приближаясь к нам (половину периода), то удаляясь (другую половину периода). Когда источник приближается, импульсы поступают на антенну чаще, а когда удаляется — реже. Частота повторения импульсов должна периодически меняться, и период этот должен в точности совпадать со звездным годом на той планете, где обитают «маленькие зеленые человечки». Этот эффект и искали Э. Хьюиш с сотрудниками весь декабрь 1967 года, вот почему этот месяц был самым волнующим в жизни Э. Хьюиша: Решался вопрос — быть или не быть межзвездным контактам! И оказалось — не быть. Наблюдения показали: частота повторения импульсов не меняется. Погибла идея о том, что передатчик находится на планете в далекой звездной системе.

И тогда пришлось обратиться к идее о белых карликах или о нейтронных звездах. Вот, что писал Э. Хьюиш:

«Оказалось, что доплеровское смещение точно соответствовало движению одной лишь Земли, и мы стали искать объяснение нашему явлению, связывая его с карликовыми звездами или с гипотетическими нейтронными звездами. Мои друзья в библиотеке при оптической обсерватории были удивлены, наблюдая радиоастронома, проявляющего столь огромный интерес к книгам по эволюции звезд. Наконец я решил, что возможный механизм, объясняющий периодическое излучение радиоимпульсов, могут дать гравитационные колебания всей звезды, однако при этом основная гармоника колебаний белых карликов была слишком мала. Я предположил, что в случае белого карлика необходимо рассматривать более высокие гармоники, а в случае нейтронной звезды с плотностью, самой низкой из всех возможных, я получил, что основные колебания могут обусловить необходимую частоту. Мы оценили также расстояние до источника при предположении, что изменение частоты связано с дисперсией импульса в межзвездной плазме, и получили значение 65 пс, т. е. обычное звездное расстояние.

Пока я старался связать наши несколько сумбурные результаты, Жаклин Белл в январе 1968 года с характерными для нее настойчивостью и трудолюбием расшифровала все записи нашего обзора и определила возможные положения других пульсаров. Были проведены повторные наблюдения с целью подтверждения пульсирующего характера их излучения, и к 8

февраля, моменту отправки нашей статьи в печать, мы были уверены в существовании еще трех новых пульсаров, хотя и их параметры были известны нам лишь приблизительно. Я хорошо помню то утро, когда Жаклин вошла ко мне в комнату с записями сигналов возможного пульсара, которые она сделала этой ночью при прямом восхождении 09 ч 50 мин. Когда мы развернули эти записи на полу и поверх их положили измерительную линейку, то сразу же обнаружили периодичность импульсов со временем 0,25 с. Это значение позже подтвердилось, когда приемник настроили на более узкую полосу, и столь быстрая частота следования импульсов этого пульсара весьма затруднила его интерпретацию с помощью модели белого карлика».

И лишь тогда, полностью убедившись, что пульсары существуют, что они — естественное природное явление, Э. Хьюиш с сотрудниками послал в журнал «Nature» сообщение об открытии. Важность его была понята сразу. Статья поступила в редакцию 8 февраля 1968 года и вышла из печати в номере журнала от 24 февраля. Две недели — ни одна статья еще не была опубликована так молниеносно!

Правда, Э. Хьюиш не доказал, что обнаружены именно нейтронные звезды. Он лишь утверждал, что сигналы естественны и что это вряд ли могут быть колебания белых карликов. А искомое доказательство нашел три месяца спустя американский астрофизик Т. Голд. Всего три месяца понадобилось, чтобы понять суть открытия. Психологическая установка — нейтронные звезды мертвы — больше не могла существовать.

Т. Голд объединил наконец разрозненные идеи о свойствах нейтронных звезд и сказал: пульсар есть нейтронная звезда, обладающая сильным магнитным полем и быстро вращающаяся вокруг оси. Магнитная ось пульсара не совпадает с осью вращения. Такое предположение было естественным — ведь и у Земли географический и магнитный полюса не лежат в одной точке, и из-за этого обычный магнитный компас вовсе не показывает точно на север!

Но для чего нужно было Т. Голду вводить такое допущение? Дело в том, что, по идее Т. Голда, радиоизлучение возникает из-за того, что быстрые электроны, вырываясь из недр нейтронной звезды в области ее магнитных полюсов, попадают в мощнейшее магнитное поле. Силовые линии этого поля стремятся «загнать» траектории движения частиц, возникает ускорение и, следовательно, — излучение. Поскольку электроны движутся с почти световыми скоростями, они не могут излучать во все стороны. Электрон излучает преимущественно в направлении своего движения, и чем больше его скорость, тем в более узком конусе идет излучение. Если излучают электроны, вырывающиеся из области магнитных полюсов нейтронной звезды, то возникают два узких луча, два прожектора, расположенных на магнитных полюсах и освещающих космическое пространство.

Если магнитная ось и ось вращения звезды совпадают, то эффекта пульсара не возникнет. Ведь лучи прожекторов в этом случае неподвижны. Если нейтронная звезда «смотрит» на Землю своим полюсом, то всегда будет виден направленный на нас луч прожектора. Если «не смотрит», то этот луч мы никогда не увидим. А если магнитная ось не совпадает с осью вращения, то и конус излучения будет вращаться вместе со звездой — он станет «чиркать» по Земле, подобно маяку, который виден лишь в моменты, когда луч вращающегося прожектора попадает в глаза. Именно с небесным маяком лучше всего сравнить излучение пульсара — вращающейся нейтронной звезды. Такое излучение астрофизики быстро окрестили «карандашным» — два луча света действительно напоминают два вращающихся карандаша.

Излучение может быть и «ножевым» — тогда излучают электроны, движущиеся в плоскости магнитного экватора нейтронной звезды. В этом случае луч подобен не карандашу, а ножу, который мы видим, если он повернут к нам своим узким лезвием. И в том и в другом случае наблюдатель фиксирует сигнал лишь в течение очень непродолжительного времени по



сравнению с периодом вращения звезды. Вспышки продолжаются почти мгновение и повторяются через промежутки времени, равные периоду вращения нейтронной звезды. Именно то, что и наблюдал Э. Хьюиш.

Так-то оно так, и идея эта была быстро оценена по достоинству всеми астрофизиками, но... откуда все же берется энергия, излучаемая пульсаром? Откуда черпают свою энергию вырывающиеся из нейтронной звезды быстрые электроны? Из энергии вращения звезды, утверждал Т. Голд, повторив вывод, сделанный Н. С. Кардашевым тремя годами раньше. По идее Н. С. Кардашева, энергию вращения отнимала у нейтронной звезды газовая туманность — остаток сверхновой. И шла эта энергия на увеличение магнитного поля туманности и на ускорение ее расширения. А по Т. Голду, эта энергия тратилась на ускорение быстрых частиц. Но как? Ведь тогда должен существовать некий процесс, отнимающий у звезды ее энергию вращений и ускоряющий до огромных скоростей элементарные частицы да еще и выбрасывающий потом эти частицы из звезды. Процесс, который невозможен в мертвой звезде.

Оживление мертвеца — вот к чему привело открытие пульсаров. Мы говорили об «убийстве» звезды, искали ее мертвое тело, а оказывается — звезда жива! Она лишь переменяла обличье...

А сейчас давайте вернемся к Крабовидной туманности. Южная звезда — что это все-таки за объект? Если это нейтронная звезда, как думал Ф. Цвикки, то и она должна быть пульсаром!

Обидно за Крабовидную туманность, которая раскрыла нам столько загадок: было бы справедливо, если бы и первый пульсар обнаружили именно в Крабовидной туманности. И ведь так бы оно и было — наблюдатели много раз подходили к самому порогу открытия! Э. Хьюиш мог бы сообщить об открытии пульсара еще в 1965 году, но... помешала вездесущая психологическая инерция. Вот что Э. Хьюиш писал впоследствии:

«Первый действительно необычный источник был открыт с помощью этого метода (метода исследования мерцаний, — П. А.) в 1965 г., когда я вместе со своим студентом Окойе исследовал радиоизлучение Крабовидной туманности. Мы обнаружили интенсивную мерцающую компоненту этого радиоизлучения, локализованную внутри туманности и слишком малую по размерам, чтобы компоненту можно было объяснить обыкновенным механизмом синхротронного излучения, и мы предположили, что она может быть вызвана остатком звезды, уже взорвавшейся, но еще проявляющей активность в виде радиоизлучения типа всплесков. Как оказалось позже, этот источник был не чем иным, как знаменитым пульсаром в Крабовидной туманности».

Недостаток воображения — вот причина того, что пульсар в Крабовидной туманности не был открыт еще в сороковых годах. Об этом недвусмысленно сказал американский астрофизик Ф. Дайсон на Ферми-лекциях в 1970 году:

«Уже 35 лет назад было бы нетрудно установить, что звезда Бааде — Минковского обладает импульсным излучением, если бы у кого-нибудь хватило воображения использовать для наблюдений фотоумножитель, позволяющий получить хорошее разрешение во времени. Это может служить поучительным примером того, как часто люди не совершают великих открытий, потому что слишком доверяют ошибочным теоретическим аргументам. Излучение звезды не может пульсировать с частотой порядка миллисекунды, потому что она не может быть нейтронной звездой, потому что она слишком яркая! Разумеется, скрытый порок этого рассуждения состоит в том, что излучение не обязано (и не может) быть тепловым.

Лет десять назад я сам проявил подобную непростительную близорукость. Я тогда занимался пульсациями белых карликов, которые, как ожидалось, должны были иметь периоды порядка 10—30 с, и предложил Стрёмгрену попытаться обнаружить короткопериодическую

переменность их излучения. У него как раз была подходящая система фотоумножителей, и он провел наблюдения двух белых карликов. Он не обнаружил никаких изменений блеска, а у меня не хватило воображения попросить его повторить наблюдения для звезды Бааде — Минковского! Если бы он сделал это и тщательно обработал результаты, он открыл бы пульсар в 1961 году, тем самым изменив ход развития науки».

Поучительное свидетельство. Однако перейдем к фактам. Через год после открытия Э. Хьюиша австралийские радиоастрономы Д. Стейлин и Е. Рейфенштейн наблюдали Крабовидную туманность и обнаружили в ней пульсирующий радиоисточник, координаты которого точно совпали с положением южной звезды. К тому времени было известно уже около двух десятков пульсаров, и открытие еще одного не могло произвести сенсации. Но сенсация произошла. Во-первых, пульсар был обнаружен в остатке сверхновой — еще один, пусть косвенный, аргумент в пользу того, что пульсары являются именно нейтронными звездами. И во-вторых, у пульсара в Крабовидной туманности оказался рекордно малый период следования импульсов — всего 33 миллисекунды. Пульсар в Крабовидной туманности посылает на Землю всплеск излучения 30 раз в секунду!

Тогда-то и отпали наконец последние сомнения в том, что обнаружены нейтронные звезды. В течение 1968 года — до открытия пульсара в Крабовидной туманности — появлялись теоретические работы, авторы которых пытались объяснить излучение пульсаров колебаниями белых карликов. Это трудно, но все же возможно, если привлечь высокие гармоники колебаний, высокие «обертоны» основной частоты. Но никакие обертоны не дадут возможности наблюдать при колебаниях белых карликов всплески излучения с периодом 33 миллисекунды. Это невозможно мало! И зимой 1968 года всем стало очевидно, что нейтронные звезды наконец-то обнаружены. Более того, блестяще подтвердилась идея Ф. Цвикки о том, что нейтронные звезды образуются при вспышках сверхновых, в процессе катастрофического коллапса.

Для астрономов-наблюдателей наступила пора прозрения. Минута, когда пришлось убедиться, насколько это страшная штука — психологическая инерция.

Казалось бы, если явление реально существует, если приборы его фиксируют, то наблюдатели должны это явление наблюдать. Должны? Не всегда. Методика измерений сейчас столь сложна, что сами по себе показания приборов еще ни о чем не говорят, их приходится подвергать долгой и сложной обработке. Одно и то же показание прибора можно обработать по-разному и нередко получить разные результаты. А поскольку каждый наблюдатель еще до начала работы прикидывает, что он вероятнее всего получит, то... и ищет, есть это ожидаемое явление или нет. А побочные сведения часто остаются неучтенными.

Рентгеновское излучение Крабовидной туманности наблюдалось много раз. С 1963 года, когда оно было впервые обнаружено, состоялись десятки запусков ракет. Результаты проверялись и перепроверялись. Зимой 1968 года в Крабовидной туманности был обнаружен пульсар. Возник вопрос: если пульсар так сильно меняет радиоблеск, то почему постоянно рентгеновское излучение?

А может, оно и не постоянно, сказали наблюдатели, мы об этом не думали. Заметьте: не думали, а потому и не увидели. Новых ракетных стартов не потребовалось. Группа американских ученых, возглавляемая Е. Болдтом, неоднократно запускала ракеты для исследований Крабовидной туманности. Последний старт состоялся в марте 1968 года. Несколько месяцев спустя Е. Болдт с сотрудниками заново обработал результаты этого полета с учетом того, что переменность рентгеновского источника может быть быстрой. И переменность нашли — точно такую же, как у радиопулсара, с периодом 33 миллисекунды. Вот вам и достоверность наблюдательных данных...

Смущенные наблюдатели решили реабилитировать себя до конца. Решили найти быструю переменность и у оптического объекта — южной звезды. Лет десять назад для постановки такой задачи нужна была изрядная фантазия, а теперь не поставить ее было просто невозможно!

В январе 1969 года в обсерватории Стюарда при Аризонском университете Дж. Кок, Дж. Дисней и Дж. Тейлор провели серию оптических наблюдений южной звезды, используя фотоумножители, способные фиксировать быстрые колебания блеска. И открыли первый оптический пульсар. Восемьдесят лет астрономы наблюдали южную звезду, а после второй мировой войны даже догадывались (правда, лишь некоторые!), что это нейтронная звезда. Но ее пульсирующее излучение было обнаружено лишь после того, как пройти мимо этого открытия стало совершенно невозможно. Это открытие наблюдатели были вынуждены сделать.

Тридцатипятилетняя эпопея поиска нейтронной звезды в Крабовидной туманности завершилась морозными январскими ночами 1969 года... \* \* \*

Ф. Цвикки утверждал, что нейтронные звезды возникают при взрывах сверхновых. Но во время взрыва образуется и газовая оболочка. Почему же пульсары в основном оказались не связанными с газовыми расширяющимися остатками сверхновых? Нет ли какого-то скрытого порока в рассуждениях Ф. Цвикки?

Правда, Крабовидная туманность не одинока. Пульсар был обнаружен и в другом остатке, расположенном в созвездии Парусов. В 1968 году австралийские радиоастрономы открыли в этом остатке (он называется Паруса X) пульсар с очень коротким периодом — 89 миллисекунд.

Но главное не в этом. Газовая туманность — остаток взрыва сверхновой — довольно быстро рассеивается в межзвездном пространстве. Через несколько десятков тысячелетий после взрыва туманность уже очень трудно обнаружить, радиоизлучение ее уменьшается, газ смешивается с межзвездной средой. А пульсар светит в течение значительно более длительного времени. Так что вполне может случиться, что туманности уже нет, а пульсар еще есть.

Чтобы согласиться с этой гипотезой, нужно знать, сколько времени светит пульсар. Мы говорили, что пульсар — это не мертвая нейтронная звезда. А нужно, вообще говоря, сказать — пока не мертвая. В конце концов за счет чего бы пульсар ни излучал, запас энергии иссякнет, и нейтронная звезда станет именно такой, какой ее раньше и представляли: невидимым десятикилометровым «шариком» без признаков активности. Мы знаем, что энергия, идущая на излучение пульсара, черпается из энергии вращения звезды. Значит, энергия вращения должна со временем уменьшаться. Вращение звезды должно тормозиться. То есть период повторения импульсов должен непрерывно возрастать...

Такой эффект действительно есть. Периоды пульсаров растут. Впервые это обнаружил Д. Ричардс сразу после открытия пульсара в Крабовидной туманности. По измерениям Д. Ричардса, период этого пульсара (его обозначение PSR 0531+21) увеличивается на 0,05 % в год. Вскоре было обнаружено, что период другого пульсара, расположенного в остатке сверхновой (пульсар в туманности Паруса X обозначается PSR 0833—45), также увеличивается, но несколько медленнее, всего на 0,01 % в год. Прошло несколько месяцев, и свои данные опубликовал Т. Коул, работавший в Кембридже под руководством Э. Хьюиша. Ему удалось установить увеличение периода у всех четырех пульсаров, открытых в Кембридже. Правда, эти пульсары тормозили свое вращение значительно медленнее двух первых.

Теперь можно приблизительно рассчитать, сколько времени светит тот или иной пульсар.

Если период все время возрастает на определенную долю, то какое-то время назад период был вдвое меньше, а раньше — меньше вчетверо, в восемь раз и так далее. В конце концов можно добраться до момента, когда период вращения нейтронной звезды был и вовсе равен нулю. Ясно, что раньше этого момента пульсар существовать не мог, вот мы и получили приблизительно время его рождения. Возраст пульсара ненамного отличается от времени, в течение которого период увеличивается вдвое.

Период пульсаций южной звезды в Крабовидной туманности увеличивается на  $1/2000$  своей величины в год. Получается, что этот пульсар образовался что-то около 2000 лет назад. Но мы знаем, что взрыв сверхновой произошел в 1054 году. Возраст южной звезды должен быть не два тысячелетия, а только девять веков...

Не нужно, однако, требовать от метода больше того, что он может дать. Возраст южной звезды оценен в предположении, что торможение вращения пульсара всегда происходило равномерно. Но было ли так на самом деле? Помните, как астрономы ошиблись в определении возраста Крабовидной туманности? Они не учли, что туманность расширяется ускоренно.

Прием динамизации: мы принимали, что изменение периода вращения звезды остается постоянным со временем, а оно оказалось переменным. И наблюдатели нашли этому прямое доказательство.

Австралийские радиоастрономы П. Ричли и Д. Даунс в 1969 году наблюдали пульсар в остатке сверхновой Паруса Х. Всю зиму наблюдения показывали, что период пульсаций стабильно увеличивается. С 24 февраля по 3 марта наблюдения не проводились, а когда радиотелескоп вновь направили на пульсар, то... период оказался совсем не таким, как ожидалось! Он почему-то не увеличился, а уменьшился. Пораженные наблюдатели продолжали исследования. Еще неделя, еще месяц... Пульсар тормозил свое вращение в том же самом темпе, что и до «инцидента», как будто ровно ничего не случилось! Что же произошло? Будто сбой пульса у совершенно здорового человека...

Несколькими месяцами позднее такой же сбой периода произошел у звезды Минковского — поистине все аномалии неба собрались в этом уникальном объекте! Летом 1971 года опять сбился с ритма пульсар в Парусах. Да и пульсар в Крабовидной туманности не отставал.

Можно ли надежно определять возраст пульсара по замедлению его вращения, если период то и дело скачком уменьшается? Да и как вообще объяснить это уменьшение периода? Торможение вращения звезды — это понятно. Энергия вращения теряется на ускорение частиц и на излучение. А уменьшение периода? Получается, что некто накачивает в пульсар дополнительную энергию?

Впрочем, все объяснилось достаточно просто. Энергия вращения звезды пропорциональна не только угловой скорости, но моменту инерции. Допустим, что энергия вращения не изменилась, а угловая скорость вдруг увеличилась. О чем это говорит? Только о том, что неожиданно уменьшился момент инерции звезды.

Казалось бы, не одно противоречие — так другое! Почему должен вдруг уменьшиться момент инерции?

Момент инерции звезды зависит от ее массы и размеров, а также от того, как распределено внутри звезды вещество, как быстро растёт плотность с приближением к центру звезды. Не будем говорить о массе — вряд ли масса нейтронной звезды может скачком уменьшиться. Но вот размеры и распределение вещества... М. Рудерман почти сразу после обнаружения сбоя периода у пульсара PSR 0833—45 дал объяснение этому феномену. Он предложил гипотезу «звездотрясения». Что-то происходит со звездой, ее беспокойные недра переживают какие-то катаклизмы, о которых мы пока ничего не знаем. И напряжения в веществе нейтронной

звезды неожиданно приводят к тому же, к чему приводят напряжения в земной коре — происходят «звездотрясения». Самое мощное землетрясение на нашей планете не в состоянии своротить даже небольшой горный хребет — для этого недра Земли недостаточно активны. А «звездотрясения» в нейтронных звездах охватывают всю звезду, перестраивают ее недра, уплотняя их, и радиус звезды скачком уменьшается.

Насколько же должен уменьшиться радиус нейтронной звезды, чтобы объяснить наблюдаемый скачок периода? Оказывается, радиус звезды Минковского в Крабовидной туманности в момент «звездотрясения» стал меньше на... сотую долю миллиметра! Всего-навсего.

Наблюдая торможение вращения пульсаров, можно достаточно надежно определить: действительно ли именно энергия вращения идет на ускорение газовой туманности, на излучение туманности и пульсара. Достаточно ли для всего этого одной вращательной энергии, или нужны еще иные источники?

Крабовидная туманность и южная звезда излучают во всех диапазонах длин волн ненамного больше, чем  $1037$  эрг/с. А какова величина потери вращательной энергии? Изменение энергии вращения пропорционально моменту инерции нейтронной звезды, угловой скорости вращения и изменению этой скорости. Южная звезда вращается с угловой скоростью  $190$  рад/с. Ежесекундно эта скорость уменьшается на  $2,5 \cdot 10^9$  рад. А момент инерции нейтронной звезды примерно равен  $3 \cdot 10^{44}$  г\*см<sup>2</sup>. Перемножив эти числа, получим, что вращательная энергия южной звезды ежесекундно уменьшается примерно на  $10^{38}$  эрг. Этого вполне достаточно и для ускорения расширения туманности, и для ускорения релятивистских частиц, впрыскиваемых в туманность, и для излучения туманности и пульсара, и даже остается немного на другие виды излучений, которые наши приборы пока не воспринимают.

Так в 1969 году было окончательно доказано, что в Крабовидной туманности находится активная вращающаяся магнитная нейтронная звезда.

Нужно сказать, что нам очень повезло с самого начала нашего «расследования». Повезло в том, что мы начали расследовать гибель звезды в 1054 году, а не какую-нибудь другую вспышку сверхновой.

Сверхновая 1054 года — поистине уникальный объект. Вспышка была так ярка, что звезда-гостя была видна даже днем. Первым газообразным остатком сверхновой, обнаруженным астрофизиками, была Крабовидная туманность — остаток вспышки 1054 года. Первым остатком сверхновой, для которого удалось определить возраст, была Крабовидная туманность. Первым (и пока единственным) остатком, расширяющимся ускоренно, является Крабовидная туманность. Первым остатком сверхновой, в котором была обнаружена внутренняя активность, быстрые движения «жгутов», была Крабовидная туманность. Первый остаток сверхновой, в центре которого обнаружена оптическая звезда, — Крабовидная туманность. Южная звезда в Крабовидной туманности (звезда Минковского) стала первым объектом, о котором сказали — это, может быть, нейтронная звезда. Среди первых радиоисточников, обнаруженных на заре развития радиоастрономии, числится Крабовидная туманность. Одним из первых обнаруженных рентгеновских источников была Крабовидная туманность. Повезло даже в том, что Крабовидная туманность регулярно затмевается Луной, а ведь вероятность такого благоприятного расположения не так уж и велика. Именно наблюдение затмения Крабовидной туманности Луной позволило определить размеры рентгеновского источника в этом остатке сверхновой. Одним из первых пульсаров, открытых учеными, был пульсар в Крабовидной туманности. Этот пульсар обладает одним из самых коротких периодов вращения. Его пульсирующее излучение наблюдается в радио, оптическом и рентгеновском диапазонах. И наконец, пульсар в Крабовидной туманности — один из двух пульсаров, в недрах которых происходят «звездотрясения»...

Целый паноптикум астрофизических аномалий! И в чем нам особенно повезло, так это в том, что сверхновая 1054 года вспыхнула на расстоянии всего 6 тысяч световых лет от Солнца. Она ведь могла вспыхнуть и на противоположном крае Галактики! Кто знает, как пошло бы тогда развитие астрофизики?

Не приходим ли опять к противоречию? Мы стремимся, чтобы открытия делались не случайно, но ведь вспышка сверхновой 1054 года со всеми ее аномалиями — именно случай... Что ж, это прекрасное противоречие! Открытие делается случайно, и в то же время оно делается не случайно. В этом диалектика познания. Мы можем предсказать, что должно быть обнаружено некое явление, но не всегда удается сказать, в какой области неба, где именно это предсказанное явление искать. Предсказание свойств пульсаров и остатков сверхновых звезд — закономерность. Открытие Крабовидной туманности со всем арсеналом ее уникальных свойств — случайность. Единичное явление может быть и случайным, общее же свойство всегда закономерно вытекает из прошлого опыта. \* \* \*

Научные теории — это сложные системы, развивающиеся по свойственным им законам. Научные системы отражают реальные свойства систем природных. И природные системы развиваются по свойственным им законам. Каждый элемент системы может обладать всеми свойствами, присущими системе в целом, а может обладать лишь частью этих свойств. И может — в крайнем случае — отражать лишь одно-единственное из свойств системы. Крабовидная туманность — один из элементов природной системы «остатки сверхновых». К счастью, этот элемент обладает практически всеми свойствами целой системы!

Современной науке свойствен именно системный подход к изучаемым явлениям. Объект называют системой, если его можно каким-либо определенным образом расчленить на составные части — подсистемы, а подсистемы в свою очередь — на элементы. Развитие научных систем приводит к тому, что системы сменяют друг друга. Если в одной из систем возникает противоречие, то при устранении его возникает другая система представлений. Старая и новая системы представлений могут не сильно отличаться друг от друга — тогда смена систем происходит естественно, без кризисов. А может быть и так, что старую систему приходится ломать и строить новую. Так система представлений Эйнштейна об относительности пространства-времени сломала ньютоновскую систему представлений о пространстве как о вместилище явлений и о времени как о простой последовательности событий.

Вспомним морфологические ящики Ф. Цвикки. Это ведь тоже системы, объединяющие в своих клетках-элементах все наблюдаемые и ненаблюдаемые, но вероятные свойства тел и явлений. Со временем отдельные элементы системы (клеточки ящика) приходят в противоречие друг с другом. И тогда система нуждается в изменении. Мы дополняем морфологический ящик осью изменений и называем его фантограммой. Получается, что фантограмма — это надсистема, описывающая нашу систему во всех ее возможных изменениях. И беда не в том, что фантограммы (надсистемы) и морфологические ящики (системы) слишком велики, нет, беда в том, что мы не знаем пока, как работать с такими системами. Мы изменяем всю систему, где больше, где меньше, где уменьшаем, где увеличиваем, где используем прием динамизации, а где прием «наоборот». Мы строим (мысленно и чаще всего подсознательно) множество надсистем и не знаем, где искать то единственное решение, ту единственную клеточку, тот единственный элемент новой системы, который нам нужен и который является предсказанием открытия.

И еще одно надо сказать: каждый элемент системы, каждая клетка морфологического ящика тоже может являться системой со своими элементами. Системный подход многогранен. Говоря о фантограммах для системы «растение», мы сделали заключение, что менять можно не только систему (дерево), но и подсистему (вещество дерева) или надсистему (лес). В каждом случае возникает множество новых фантастических систем. Но и подсистема (вещество дерева) в свою очередь делима и представляет собой систему по отношению к

своим ячейкам-подсистемам (например, ячейка — строение вещества). Фантограмма в принципе описывает гораздо более широкий класс явлений, чем тот, для описания которого ее строили. Описывает она и явления, которые, возможно, и не существуют в природе.

Когда Э. Хьюиш обнаружил первый пульсар, он был так поражен, что пренебрег «презумпцией естественности» и на время предположил, что сигналы имеют искусственное происхождение. Так Э. Хьюиш столкнулся с новой для себя системой — морфологическим ящиком «внеземной разум». Как многие ученые до и после него, Э. Хьюиш методом проб и ошибок выбрал одну из подсистем — ту, которая приходит на ум первой и именно поэтому, вероятно, является ошибочной. Э. Хьюиш предположил, что те, достигшие в дали космоса высокой ступени разумности, мыслят и действуют так же, как мыслим и действуем мы. Более того — как мыслим и действуем мы сейчас и как, возможно, не станем мыслить и действовать завтра.

В шестидесятых годах была популярной идея о поисках радиосигналов от ближайших звезд, проект ОЗМА поиска таких сигналов уже успел закончиться ничем, но энтузиазм еще не успел угаснуть. Разрабатывались варианты космических языков, космический корабль «Пионер», отправившийся в полет за пределы Солнечной системы, унес с собой табличку с изображениями людей и расположениями планет. А на Земле тысячи «очевидцев» наблюдали выход «маленьких зеленых человечков» из летающих тарелок — межзвездных кораблей инопланетян.

Все это можно охарактеризовать одним словом — антропоморфизм. Мы не знаем, как могут выглядеть, как могут думать, как могут действовать существа из далеких звездных миров. У нас нет примеров цивилизаций, кроме нас самих. Морфологический ящик «разумная жизнь» содержит сейчас лишь одну реально обнаруженную клеточку-подсистему — человечество. И говоря об иных цивилизациях, о контактах с ними, ученые обычно, явно или неявно, говорят о нас самих. В сущности, предполагая, что исследует возможности контактов, человечество познает свои собственные — и ничьи больше — экспериментальные возможности. Человечество глядится в зеркало и полагает, что зеркала нет, что в рамке — даль бесконечного космоса...

Но внеземные цивилизации могут быть в принципе совершенно различны. И прежде чем говорить о возможности межзвездной связи, прежде чем пытаться объяснять периодические сигналы пульсаров деятельностью разума, нужно построить систему внеземных цивилизаций. Всю систему, а не одну из подсистем. Оси — среда обитания (космос, поверхность планеты, поверхность звезды, недра планеты, океан...), микроструктура (атомарный уровень, молекулярный...), форма объединения (симбиоз, общество...), направление эволюции, темп эволюции... Осей этого морфологического ящика может быть много, типов цивилизаций — еще больше. Всякая наука начинается с систематизации. С систематизации внеземных разумов должна начать и зарождающаяся наука о внеземных цивилизациях.

Возникает вопрос: нам такие цивилизации неизвестны — что же систематизировать? Нужно систематизировать возможности! Если нет фактов, нужно построить систему артефактов. Такую систему медленно, но верно методом проб строят писатели-фантасты. Каждое новое произведение о внеземной цивилизации — заполнение новой клеточки-подсистемы в огромном морфологическом ящике. Попробуйте систематически достроить эту систему — и вы найдете в ней и нас с вами, и мыслящий океан Солярис, и птиц, летающих под поверхностью планеты (они описаны в рассказе Ф. Брауна «Планетат — безумная планета»), и плазменное существо, обитающее в недрах Солнца («Правда» С. Лема), и мыслящие газовые облака («Черное облако» Ф. Хойла), и многие другие формы разума, описанные и еще не описанные фантастами...

В этом морфологическом ящике будут клетки, которые снимут известное противоречие. Вот оно: внеземной разум, если он достаточно развит, должен проявлять себя в космических

масштабах. Но он не может проявлять себя в космических масштабах, потому что ничего подобного не наблюдается.

Как обычно снимается это противоречие? Используют приемы ограничения и локализации. Ограничивают время жизни цивилизаций и локализуют возможные области зарождения разума. Суживают систему «внеземные цивилизации», искусственно выбрасывают из нее очень многие клетки-возможности. При этом четко соблюдается принцип антропоморфизма. Просто сейчас нет цивилизаций. Нет в ближайших окрестностях, нет в Галактике, а возможно, нет нигде во Вселенной. Советский астрофизик И. С. Шкловский считал, что последнее предположение не противоречит диалектическому материализму. Это так. Но что на самом деле представляет собой мнение И. С. Шкловского? Клетка «антропоморфные цивилизации» пуста. Значит ли это, что в космосе нет цивилизаций вообще? Пуста одна клетка системы — значит ли это, что вся система являет собой, как говорят математики, пустое множество?

В фантастике нет постепенности, присущей науке, фантасты пользуются очень сильными приемами. Например — приемом искусственности. И проблема «молчания космоса» снимается. Точнее, фантасты заполняют морфологический ящик «космические сигналы» своими идеями.

Так, искусственными были объявлены квазары.

Предполагалось, что мы видим работающие двигатели чужих звездолетов (рассказ Г. Альтова «Порт Каменных Бурь»). В том же рассказе шаровые скопления тоже объяснялись деятельностью сообщества цивилизаций. «Презумпция естественности» запрещает ученым не только принимать, но даже обсуждать серьезно такие предположения. А между тем все ли «естественные» объяснения небесных явлений истинны?

Пример: правильные короткопериодические переменные звезды. Их называют еще звездами типа RR Лиры. Период их пульсаций — всего несколько часов. Конечно, до пульсаров им далеко, но речь сейчас о другом. Представим себе, что когда-то около звезды типа RR Лиры на одной из планет возникла жизнь, а затем и разум. Жизненные процессы в этих существах, их «биоритмы» будут определяться ритмом пульсаций звезды. Начав галактическую экспансию, такая цивилизация прежде всего колонизирует планеты около звезд типа RR Лиры. А если таких звезд окажется мало, то разум будет стремиться изменить нужным образом параметры обычных звезд. Начнет вмешиваться во внутризвездные процессы, создавая пульсации, которые так необходимы ему для нормального существования. Не потому ли так много короткопериодических цефеид в шаровых звездных скоплениях — самых древних образованиях в Галактике?..

Не думайте, что все сказанное — лишь игра воображения, интересная для фантастики и не имеющая отношения к реальности. Да, игра — но по правилам. И потому выигрыш в этой игре обеспечен. Морфологический ящик «деятельность иных цивилизаций» постепенно заполняется, и к сожалению, ученые в этом почти не принимают участия. А между тем какие-то клетки этого морфологического ящика могут соответствовать реальности...

Внеземные цивилизации — пример системы, еще не исследованной, но очень богатой возможностями. И прекрасный объект для тренировки творческого воображения. Один из многих.

Об основных методах тренировки воображения мы уже говорили — о методе приемов, морфологическом анализе, фантограммах. Есть и другие методы.

Например, метод ассоциаций (фокальных объектов). Давно известно, что на ум приходят прежде всего ассоциации близкие, родственные. Вы думаете о снеге и, по ассоциации, о дожде, о белом цвете, о погоде вообще... Но наиболее продуктивны, и в научном творчестве приводят к успеху, ассоциации далекие, неочевидные, безумные. Поэтому на занятиях по



РТВ для создания ассоциативных связей используют совершенно случайные слова. Например, «животное» и «туннельный эффект». Ничего общего? Но мы тренируем воображение — давайте придумаем фантастическую идею, используя эту ассоциацию. Животное, обладающее свойством туннельного эффекта. Как это возможно, ведь туннельный эффект — свойство элементарных частиц с той или иной вероятностью преодолевать потенциальный барьер. Спокойно, давайте фантазировать. Вот наше животное, обычное на вид, скажем кот, но отличающееся тем, что способно иногда преодолевать любой силовой барьер. Или проходить сквозь стены (правда, не всегда, а с определенной вероятностью!). Может пройти, а может и нет. Жизнь у нашего кота сложная. Он знает, что от собаки может удрать сквозь стену. Но не знает — сможет ли сделать это в данном конкретном случае. Возможно, и не получится. Можно написать рассказ о таком животном, даже о целой их колонии на далекой планете. Прилетают наши космонавты, располагаются, и неожиданно посреди комнаты возникает... Попробуйте написать сами — на досуге.

Вот еще один метод тренировки воображения, предложенный писателем-фантастом Г. Альтовым. Называется метод этажным конструированием.

Каждую фантастическую идею можно расположить на одном из четырех этажей фантазии. На первом этаже воображение еще не включено — вы просто выбираете объект, который собираетесь подвергнуть изменению. В качестве примера Г. Альтов описывает объект «космический скафандр». Итак, первый этаж — один скафандр. Этаж второй — система скафандров. Идея первого этажа еще не фантастична: это идея использования скафандра при работе в открытом космосе. Идея второго этажа: космические поселения, тысячи или миллионы людей в скафандрах обживают космос.

Идея третьего этажа формируется так: нужно достичь той же цели, что и на первых этажах, но без использования объекта. То есть нужно защитить человека от пустоты космоса, но без скафандра.

Мы столкнулись с противоречием: человек не может находиться в космосе без скафандра (так есть), и человек должен находиться в космосе без скафандра (так мы хотим). Как разрешить противоречие? Нужно что-то изменить: либо человека, либо космос. Начнем с человека — это третий этаж. Изменим человека так, чтобы он мог находиться в открытом космосе без скафандра. Фантастика знает такие идеи — идеи киборгизации человека...

Поднимемся этажом выше. Здесь должна быть описана ситуация, когда вовсе отпадает необходимость в достижении поставленной цели. Какая у нас была цель? Оградить человека от космоса. Значит, четвертый этаж — человека не нужно ограждать от космоса. Вернемся к нашему противоречию. Вы уже догадались, что нужно сделать? Конечно, изменить космос, сделать его таким, чтобы обычные люди могли в нем жить. Так возникает идея Большого Диска. Нужно раздробить одну из планет, например Юпитер. Раздробить в пыль, в газ и рассеять по космическому пространству. В плоскости эклиптики возникнет газопылевое облако, как на заре эволюции Солнечной системы. В это облако можно добавить кислорода (долой психологическую инерцию, мы ведь учимся фантазировать!), и появится возможность дышать. Появится возможность летать в межпланетном пространстве на обычных винтовых самолетах, даже на воздушных шарах. В космосе будут собираться тучи, и греметь космические грозы, и сверкать космические молнии... \* \* \*

Мы, пожалуй, увлеклись развитием воображения, а ведь наше расследование еще не закончено. Мы узнали, как астрономы открыли пульсары — нейтронные звезды. Но можем ли мы сказать, что такое взрыв сверхновой: трагическая случайность или закономерный конец, ожидающий каждую звезду, масса которой больше чандрасекаровского предела? Или иначе. Всегда ли пульсар — нейтронная звезда — является на свет после взрыва сверхновой? На эти и на многие другие вопросы еще предстояло ответить...

«Тихий» коллапс. Подсчеты вспышек. Почему вспыхивают сверхновые! Перспективы

...Почти в каждой детективной новелле наступает такой момент, когда исследователь собрал все факты, в которых он нуждается...

Эти факты часто кажутся совершенно странными, непоследовательными и в целом не связанными. Однако великий детектив заключает, что в данный момент он не нуждается ни в каких дальнейших розысках и что только чистое мышление приведет его к установлению связи между собранными фактами. Он играет на скрипке или, развалясь в кресле, наслаждается трубкой, как вдруг, о Юпитер, эта самая связь найдена... А. Эйнштейн

Подойдем к проблеме систематически. Есть сверхновые и есть пульсары. Мы связали их однозначно, но правильно ли это? В системе «пульсары и сверхновые» есть несколько подсистем. Вариант первый: все пульсары рождаются при взрыве сверхновой, и при взрыве каждой сверхновой рождается пульсар. Вариант второй: не все пульсары рождаются при взрывах сверхновых. Вариант третий: не каждый взрыв сверхновой приводит к рождению пульсара. Третий вариант можно в свою очередь разделить на элементы. Один элемент: взрыв сверхновой приводит к образованию не пульсара — нейтронной звезды, а черной дыры. Другой элемент: при взрыве сверхновой звезда разваливается полностью, никакого звездобразного остатка вовсе не образуется. Третий элемент: при взрыве сверхновой нейтронная звезда возникает, но не проявляет себя как пульсар по тем или иным причинам...

Видите, сколько возможностей? А мы все время говорили об одной. В ходе расследования нам нужна была рабочая гипотеза, но сейчас, когда нам скоро предстоит поставить точку, нужно исследовать и другие возможности. Например: образование пульсара без такого катастрофического явления, как взрыв сверхновой. «Тихо», без театральных эффектов.

Казалось бы, в этом рассуждении уже есть ошибка. Мы ведь говорили, что потенциальная гравитационная энергия нейтронной звезды составляет примерно  $10^{53}$  эрг. Эта энергия должна выделиться при сжатии, при катастрофическом коллапсе звезды. Не может же она исчезнуть! И выделиться эта энергия обязана быстро — ведь процесс катастрофического коллапса продолжается секунды, самое большее минуты.

Все это верно. Но в какой форме эта энергия выделяется — вот вопрос! Мы все время считали, что энергия выделяется в основном в форме лучистой энергии вспышки и кинетической энергии разлета оболочки. Но вспомним — вся эта энергия, с которой связывается взрыв сверхновой, вряд ли больше  $10^{51}$  эрг. Это ведь сотая доля той энергии, которая должна в действительности выделиться!

Что же получается? Вспышка сверхновой недостаточна — она не столь энергична, как нужно. Но если она недостаточна, то зачем она вообще нужна? Почти вся энергия — около 99 % — выделяется в неизвестной нам пока форме. Но сказать «почти вся» или «вся» — разница невелика. Вполне могло быть и так, что пульсар образовался, коллапс произошел, а сверхновая не вспыхнула — некая, еще не известная нам причина унесла не почти всю, а полностью всю энергию...

Однако мы ведь видим вспышки сверхновых своими глазами! Правда, из этого следует

только то, что какая-то часть (может, большая, а может, и малая, заранее этого не скажешь) нейтронных звезд рождается с грандиозным фейерверком, а другая часть — без внешних эффектов. Энергия куда-то уходит, вот и все.

Куда и как? Обратимся к морфологическому анализу. Давайте перечислим, какие виды энергий существуют в природе, кроме кинетической и лучистой.

Например, гравитационное излучение. Расчеты, однако, показывают, что на гравитационное излучение уходит тоже всего несколько процентов полной потенциальной энергии. Волны тяготения — все равно, что помощь мышонка в вытягивании репки. Правда, вытянул ее именно мышенок, но что бы он делал, если бы бабка да дедка не взяли на себя 99 % труда? Вот нам и нужно найти для нашей задачи таких бабу и деду...

Тепловая энергия. Энергия тяготения переходит в тепло, а уж тепло... Нет, тепловая энергия тоже не годится. Звезда теряет тепло с поверхности, и это медленный процесс. Продолжается он не секунды месяцы и годы.

Есть еще ядерная энергия, энергия частиц. Как мы увидим, здесь и скрывается решение. Но это — позднее. Оставим на время физический подход и попробуем подойти к проблеме с точки зрения астрофизики. Допустим на минуту, что смерть звезды всегда сопровождается грандиозным фейерверком. Подсчитаем, сколько звезд с массами больше чандрасекаровского предела умирают ежегодно в Галактике. И подсчитаем отдельно, сколько ежегодно возникает в Галактике пульсаров. И если оба числа точно совпадут...

Если оба числа точно совпадут, это может оказаться и случайностью. Вспомним, как все 12 сверхновых, обнаруженных Р. Минковским и Ф. Цвикки в тридцатых годах, оказались сверхновыми первого типа. Был сделан «естественный» вывод: все сверхновые именно такие. Слишком уж мала была вероятность случайного совпадения. Сейчас мы знаем, однако, что сверхновые I и II типов вспыхивают в спиральных галактиках почти одинаково часто. Или пример Крабовидной туманности — счастливая, богатая загадками, случайность.

Можно привести немало примеров из истории астрономии, когда случайности, статистические отклонения определяли развитие исследований на годы и десятилетия. Но случайности только оттеняют закономерности. Нужно все же исходить из того, что все в природе происходит с закономерностью. При этом нужно помнить, что речь идет о закономерности статистической, где всегда есть, конечно, риск случайного совпадения или отклонения. Если каждый год рождается, скажем, одна нейтронная звезда, и если каждый год происходит одна вспышка сверхновой, и если мы к тому же знаем, что эти два явления связаны, то из этого следует с определенной вероятностью, что связаны они однозначно.

Прежде чем перейти к числам, давайте проследим жизненный путь звезды с самого момента ее рождения.

Звезды рождаются при конденсации межзвездного газа. Газ сжимается под действием собственного тяготения. Разваливается на сгустки. Каждый сгусток продолжает сжиматься, пока недра его не станут настолько горячи, что начинают идти ядерные реакции. Так рождается звезда.

Звезды при рождении имеют самые разные массы. И чем больше масса звезды, тем меньше вероятность ее рождения. Самые распространенные звезды в Галактике — это карлики с массой меньшей, чем масса Солнца. Время их жизни так велико, что даже те карлики, которые родились вместе с Галактикой, еще не завершили эволюцию. А вот массивные звезды, напротив, живут недолго. Звезда с массой 10 масс Солнца светит так ярко, что весь свой запас ядерного топлива сжигает за 100 миллионов лет. И гибнет. Если бы такие звезды не возникали постоянно и в наши дни, то давно бы ни одной массивной звезды в Галактике не осталось. Существует так называемое динамическое равновесие — сколько звезд с данной

массой ежегодно рождается, столько же примерно и умирает. Так что общее число таких звезд остается без изменения.

Мы хотим знать, сколько звезд данной массы ежегодно умирает в Галактике. Из наблюдений обычных звезд мы можем, однако, определить, да и то приблизительно, только число рождений. Впрочем, если мы говорим, что умирает ровно столько звезд данной массы, сколько рождается, то достаточно, казалось бы, определить число рождений...

На самом деле все не так просто. Звезда проходит нелегкий жизненный путь, ядерные реакции в ее недрах то затухают, то идут более интенсивно. Меняются источники энергии — когда кончаются запасы водорода, начинают «сгореть» более тяжелые элементы. Кроме того, недра звезды постоянно «клокочут» — одни слои поднимаются вверх, другие опускаются, вещество перемешивается. Из-за этих, а также из-за множества других причин звезда постоянно «худеет» — теряет вещество. Масса звезды перед смертью оказывается заметно меньше той, что была при рождении. А сколько именно вещества звезда успевает потерять — точно неизвестно. Вот еще одна загадка, и, не разгадав ее, никто не сможет сказать, сколько именно звезд в Галактике имеют перед смертью массу большую, чем чандрасекаровский предел. Ведь если масса звезды в конце эволюции окажется меньше, чем 1,4 массы Солнца, то возникнет «всего лишь» белый карлик. Рождение белого карлика сопровождается красивым явлением — образованием и расширением так называемой планетарной туманности. А рождение нейтронной звезды? Можно ли наконец сказать, что оно всегда сопровождается взрывом сверхновой?

Если верны подсчеты звездных рождений, то нужно ожидать, что в Галактике каждые несколько лет коллапсирует одна звезда. А если верны подсчеты вспышек сверхновых, то числа получаются несколько иными...

Еще в 1933 году Ф. Цвикки начал патрулирование далеких галактик с целью поиска сверхновых. Это патрулирование возобновилось после второй мировой войны, продолжается оно и сейчас. Обнаружено более 400 вспышек в различных галактиках. Редко в какой галактике удается наблюдать две или три вспышки — ведь сверхновые вспыхивают редко. Поэтому, для того чтобы оценить, как часто вспыхивают сверхновые, астрофизикам приходится использовать косвенные методы. Так, американский астрофизик Л. Барбон собрал в единый список все вспышки, подсчитал число галактик, в которых эти вспышки произошли, разделил число вспышек на число галактик да еще на время, в течение которого велось патрулирование, и получил, что, например, в спиральных галактиках, таких, как наша, одна вспышка сверхновой случается каждые 30—100 лет. Довольно неопределенная величина, верно? А между тем некоторые исследователи считают, что сверхновые вспыхивают еще реже. Или, наоборот, чаще.

А если попробовать оценить, как часто происходят вспышки сверхновых в нашей собственной Галактике? Сразу скажем, что эта задача потруднее.

В созвездии Кассиопеи находится ярчайший радиоисточник Кассиопея-А. Сверхновая, породившая эту туманность, вспыхнула примерно в 1700 году. Кассиопея никогда не заходит за горизонт в Европе. И все же до недавнего времени считалось, что никто этой сверхновой не видел! 1700 год — прошел почти век после работ Галилея, Кеплера, Коперника. Существовали телескопы. И все же вспышку сверхновой в Кассиопее действительно не видел почти никто.

Лишь в 1979 году американский исследователь У. Эшворт, изучая труды астронома XVII века Д. Флэмстида, обнаружил его записи о звезде-госте. Вспышка произошла в 1680 году, звезда в максимуме яркости достигала всего лишь шестой звездной величины, находилась на пределе возможности наблюдений невооруженным глазом! Д. Флэмстид включил звезду в свой каталог, опубликованный в 1725 году. Но когда каталог выходил вторым изданием

(после смерти Д. Флэмстида), издатели решили, что звездочка в созвездии Кассиопеи нанесена по ошибке — ведь на самом-то деле там, где ее обозначил Д. Флэмстид, ничего нет... Два столетия должны были пронестись над миром, чтобы ошибка издателей была исправлена, а репутация Д. Флэмстида как первоклассного наблюдателя полностью восстановлена.

Почему же сверхновая 1680 года была такой слабой? Дело в том, что в плоскости любой спиральной галактики, и нашей в том числе, очень много пыли и газа. Свет, проходя через эти туманности, поглощается и рассеивается. А наше Солнце находится как раз вблизи галактической плоскости. Мы видим нашу Галактику будто сквозь плотные светофильтры, сквозь темные очки. Блеск некоторых звезд до нас ослабленным в десятки раз! Поэтому мы можем и не заметить даже такое явление, как вспышка сверхновой, что и показала наглядно история со звездой Д. Флэмстида.

Как же оценить, сколько сверхновых вспыхивает в Галактике, если мы их и видим-то далеко не все? Сразу скажем, что надежность таких оценок невелика, но они все же есть. За тысячу лет в небе Земли вспыхнули шесть сверхновых: в 183, 1006, 1054, 1572, 1604 и 1680 годах (правда, последнюю вспышку, кроме Д. Флэмстида, никто не наблюдал). Получается примерно одна вспышка в 170 лет.

Нужно, однако, учесть следующее. Мы наверняка не увидим вспышку, если она произошла за центром Галактики. Так что можно сказать, что лишь третья или даже четвертая часть Галактики доступна патрулированию сверхновых. И значит, реально сверхновые должны вспыхивать в Галактике в три-четыре раза чаще, то есть каждые 40–60 лет. Это не противоречит и тем оценкам, которые получены по исследованиям вспышек сверхновых в других галактиках, подобных нашей. Точность невысока? Что делать, лучшая точность оценок сейчас невозможна...

Теперь нужно подсчитать, как часто рождаются пульсары. К сожалению, частота рождений пульсаров известна с еще меньшей надежностью. За годы, прошедшие после открытия пульсаров, на эту тему было опубликовано много работ. За рубежом вели исследования Р. Манчестер, Дж. Тейлор, М. Ланг, М. Стефани, в СССР — О. Х. Гусейнов и Ф. К. Касумов. Выводы всех астрофизиков в общем близки друг к другу: пульсары в Галактике возникают довольно редко, в среднем один пульсар в 30 лет — вот частота их рождения (видите, это число близко к частоте вспышек сверхновых!).

Однако вопрос о том, совпадает ли частота рождений пульсаров с частотой вспышек сверхновых, — все еще открытый вопрос. Здесь есть над чем подумать и наблюдателям, и теоретикам. Слишком уж пока невелика точность оценок.

Еще одна актуальная проблема, связанная с пульсарами: сколько времени пульсар «живет»? Сколько времени проявляет активность нейтронная звезда? Есть пульсары очень молодые (например, пульсар в Крабовидной туманности), а есть чрезвычайно старые, возраст которых перевалил за миллиард лет. Впрочем, последним оценкам особенно доверять нельзя. Они получены по измерениям замедления периода пульсаций. А если период испытал сбой, если в пульсаре много раз происходили «звездотрясения»? Конечно, среди пульсаров есть и «юноши», и «старички», астрофизиков же интересует вопрос: сколько времени пульсар живет в среднем?

Опять приходится обращаться к статистическим исследованиям. И опять оценки получаются не очень-то надежными. По-видимому, через несколько миллионов лет после образования пульсара излучение его резко ослабевает, и пульсар «выключается». Несколько миллионов лет — недолгий срок по астрономическим масштабам времени. Один галактический год — время полного оборота Солнца вокруг центра Галактики — продолжается 200 миллионов лет. Значит, пульсар в среднем «живет» всего-то одну-две галактические недели!

Причина угасания излучения пульсаров понятна: вращение нейтронной звезды тормозится, вращательная энергия уменьшается, таинственный механизм генерирует все меньше быстрых частиц. Да и магнитное поле пульсара может со временем ослабевать, и пока неизвестен механизм, который мог бы воссоздавать это поле. А может быть, как считают советские астрофизики О. Х. Гусейнов и И. М. Юсифов, со временем сближаются друг с другом магнитная ось пульсара и ось вращения. Как мы уже знаем, при этом и эффект пульсара неизбежно пропадает...

Сейчас, через двадцать лет после открытия пульсаров, мы все еще ничего не знаем о том, что происходит в их недрах. Раньше говорили, что нейтронная звезда — мертвое тело. Потом оказалось — нет, она живет! Момент смерти отодвинули на несколько миллионов лет. Но может, и тогда звезда не умирает? Может, включаются новые источники энергии, не связанные с вращением? А если даже и не так, если нейтронная звезда-пульсар, прожив половину галактического месяца, угасает окончательно — неужели нет способа такую звезду все же обнаружить?

Способ есть, и мы его уже обсуждали. Вспомним идею Я. Б. Зельдовича о том, что огромное поле тяжести нейтронной звезды должно притягивать газ и разгонять его до скорости около 100 тысяч км/с. Когда такой газ достигает поверхности нейтронной звезды, возникает, говорили мы, рентгеновское излучение. Открытие пульсаров отвлекло нас от обсуждения этой идеи. Но астрофизики об аккреции никогда не забывали. Пока считается, что нейтронная звезда, замедлив вращение, перестает быть радиомаяком, аккреция остается единственным физическим процессом, наблюдая который мы можем надеяться отыскать старые нейтронные звезды. Впрочем, они уже давно открыты! В ходе расследования мы уже говорили о рентгеновских источниках. Гипотеза о том, что это горячие нейтронные звезды, быстро погибла. И осталась жить гипотеза об аккреции.

Большинство ярких рентгеновских источников — это двойные звездные системы. Одна звезда в системе — обычная. А вторая — релятивистская: нейтронная звезда или даже черная дыра. Мы говорили, что звезды, эволюционируя, «худеют», теряют вещество. В двойной системе звезда теряет массу охотнее — ведь рядом находится другая звезда, и ее тяготение буквально «выдирает» вещество с поверхности звезды-соседки. Возникает поток плазмы — струя течет от обычной звезды к релятивистской. Около релятивистской звезды образуется нагретый до миллионов градусов газовый диск, где и возникает рентгеновское излучение.

И вот что важно. Если нейтронная звезда одиночна (как, например, южная звезда в Крабовидной туманности), то измерить ее массу прямыми наблюдениями невозможно — современная астрономия таких методов не знает. Иначе обстоит дело, если нейтронная звезда входит в двойную систему. Законы Кеплера связывают период обращения звезд в двойной системе, расстояния между звездами и их массы. Период обращения звезд друг около друга надежно и очень точно определяется из наблюдений. Например, в системе рентгеновского источника Геркулес X-1 нейтронная звезда, обращаясь около звезды обычной, каждые 1,7 суток скрывается за ней. Происходит затмение рентгеновского источника. Значит, и период обращения звезд в этой системе равен именно 1,7 суток. Теперь можно оценить и массы звезд. По современным данным, нейтронная звезда здесь имеет массу 1,3–1,5 массы Солнца. Такая же нейтронная звезда находится в системе Центавр X-3 и, видимо, в знаменитой системе Скорпион X-1, первом из открытых рентгеновских источников.

А вот в системе Лебедь X-1 нейтронной звезды, по-видимому, нет. Дело в том, что релятивистская звезда здесь имеет массу не менее 3 масс Солнца. Нейтронная звезда не может быть такой массивной! Так утверждает теория. Значит, здесь черная дыра? Астрофизики все больше склоняются к мнению, что так оно и есть. Но сомнения все же остаются, потому что все аргументы — косвенные. Да, масса релятивистского компонента

велика. Но, может, теория все-таки ошибается? Существуют работы, согласно которым нейтронная звезда может обладать массой до 5 масс Солнца. Да, рентгеновский источник Лебедь X-1 обладает странной особенностью — его излучение испытывает хаотические колебания яркости, меняясь за очень короткое время — сотые доли секунды. Это совсем не характерно для нейтронной звезды-пульсара, но похоже на то, как должен излучать газ вблизи от черной дыры. Но и это лишь косвенная улика! И все же астрофизики почти уверены в том, что в системе Лебедь X-1 находится черная дыра.

Что ж, обнаружить и старую нейтронную звезду, давно переставшую быть пульсаром, и даже черную дыру можно, если они находятся в двойной системе, если они «вытягивают» к себе вещество звезды-соседки. Увидеть мы можем, но речь идет о том, чтобы узнать — сколько их, этих старых нейтронных звезд и этих загадочных черных дыр. Ведь мы взялись ответить на вопрос: как часто они образуются? Всегда ли при взрывах сверхновых? Пульсары нам ответа не дали — слишком ненадежны, неточны числа. Не помогут и рентгеновские двойные системы — здесь статистика еще хуже, очень многое приходится оценивать «на глазок»... Так и не могут астрономы-наблюдатели даже через двадцать лет после открытия пульсаров ответить на простой, казалось бы, но очень каверзный вопрос, заданный Ф. Цвикки более чем полвека назад. \* \* \*

Если не могут помочь наблюдения, может быть, обратиться к теории?

Теорию вспышек массивных звезд как сверхновых начали впервые разрабатывать в 1966 году У. Фаулер и Ф. Хойл. Их коллеги С. Колгейт и Р. Уайт продолжили исследования, рассмотрев, как могут взрываться менее массивные звезды — до 1,5 массы Солнца.

Вы еще не забыли о противоречии, о котором говорилось в начале этой главы? Коллапс протекает очень быстро — за минуты или даже секунды должна выделиться энергия до 1053 эрг. Но такая большая энергия не может выделиться так быстро. Нам неизвестен механизм, который мог бы отобрать у звезды и рассеять в пространстве 1053 эрг энергии за считанные секунды! Как избавиться от противоречия? Либо отказаться от быстрого коллапса, либо придумать «холодильник», который отбирал бы у звезды излишки энергии и рассеивал их. Оставлять энергию в коллапсирующем ядре звезды нельзя — огромные, в сотни миллиардов градусов, температуры замедлят коллапс и могут даже остановить его, а нам это вовсе ни к чему. Что делать?

Воспользуемся опять теорией решения изобретательских задач — ведь нам нужно сделать научное изобретение. В ТРИЗ первый шаг к решению задачи заключается в формулировке так называемого ИКР — идеального конечного результата. Что должно произойти в идеальном случае? В идеальном случае выделяющаяся потенциальная энергия должна превращаться в такой вид энергии, который сам и беспрепятственно исчезал бы из звезды. Была энергия — и нет ее! А все остальное вещество и не почувствовало.

Психологическая инерция возражает — это невозможно... Но все-таки, что мешает энергии сразу исчезнуть из звезды? Мешает плотное вещество звезды, которое при коллапсе еще больше уплотняется. Энергия пробивается наружу постепенно, преодолевая слой за слоем. Мы уже говорили раньше, что тепло, выделившееся в центре Солнца, достигнет его поверхности через многие годы. При коллапсе все процессы идут быстрее, потому что температура значительно выше, но и тогда речь идет о днях, часах, но не о секундах!

Итак, помеха ясна: звезда непрозрачна для энергии. Что нужно сделать, чтобы устранить помеху?

Нужно сделать звезду прозрачной. Разве нет в природе частиц, для которых прозрачна любая звезда? Частиц, которые способны пронизать звезду и, не почувствовав этого, улететь в космос? Есть такие частицы — нейтрино!

Итак, нужно, чтобы в сжимающемся ядре звезды прошли реакции с выделением нейтрино. Нейтрино уйдут в пространство и унесут весь излишек энергии. Все 1053 эрг, не избавившись от которых мы не сможем сформировать нейтронную звезду.

Именно такое решение и описали в своей работе С. Колгейт и Р. Уайт. При катастрофическом коллапсе электроны захватываются протонами, возникают нейтроны и нейтрино. Реакция нейтронизации, мы уже говорили о ней. В сущности, мы убиваем двух зайцев. Получаем нейтроны, из которых состоит нейтронная звезда, и нейтрино, которые уносят огромную энергию. После С. Колгейта и Р. Уайта было проведено очень много расчетов катастрофического коллапса, и сейчас уже общепризнанно, что именно нейтрино и антинейтрино уносят из звезды практически всю выделившуюся гравитационную энергию. Около 1053 эрг.

Нейтрино в принципе могут унести и всю энергию без остатка. На самом же деле в процессе катастрофического сжатия наступает момент, когда даже вездесущие нейтрино не могут больше «продраться» сквозь вещество звезды. Нейтрино начинают поглощаться. Те нейтрино, которые успели покинуть звезду, уносят почти всю энергию, а те, что остались вдруг запертыми, наталкиваются на вещество ядра как на стенку, поглощаются этим веществом, передают ему свою, все еще большую энергию, и... оболочка, получив запас энергии и импульса, разлетается. Взрыв сверхновой!

Это хорошая идея. И от энергетической проблемы избавились, и взрыв сверхновой получили. Но каждую идею нужно подтверждать расчетами. Такие расчеты были в большом количестве проведены в СССР (группа В. С. Имшенника) и в США (группа Д. Арнетта). Прделана огромная работа, следствием которой стал странный вывод: взрыва не происходит. То есть оболочка, поглотив нейтрино и напавшись энергией, конечно, разлетается, но... поглощенной энергии оказывается слишком мало, и скорость разлета получается небольшой, раз в двадцать меньше наблюдаемой. Все равно как если бы вместо взрыва гранаты лопнул воздушный шарик...

Советские ученые С. С. Герштейн, Л. Н. Иванова, В. С. Имшенник и другие в конце концов заключили, что взрыв все же можно получить, если принять: ядро коллапсирующей звезды имеет аномально большую плотность. Нереальную по нынешним представлениям: около 5 тысяч т/см<sup>3</sup>. Чтобы получить такую плотность в ядре, советские ученые ввели еще одно допущение — коллапсирует звезда в двойной системе, да еще при условии, что на нее перетекает вещество с поверхности соседней, нормальной звезды. Возникает внешнее давление, которое и позволяет ядру коллапсирующей звезды сжаться больше, чем обычно. Но тогда получается, что сверхновые могут вспыхивать лишь в тесных двойных системах, да не в любых, а в тех, где идет процесс перетекания вещества. А как же быть с одиночными звездами?

Возникает очередное противоречие. С одной стороны, мы утверждаем, что при взрыве звезды образуется звездный остаток и выбрасывается оболочка — так говорят наблюдения. А с другой стороны, теория утверждает, что при взрыве звезда может разлететься полностью. Либо коллапсировать практически без взрыва. Либо оболочка без звездного остатка, либо звездный остаток без оболочки. А нам нужно и то и другое. Ясно, что нужно что-то менять либо в теории (так мы придем к научному изобретению), либо в интерпретации наблюдений (а это уже пахнет возможным открытием!).

Конечно, прежде всего нужно усовершенствовать теорию. При коллапсе в звезде протекают сложнейшие физические процессы. Кто станет утверждать, что расчеты учли хотя бы основные явления и эффекты, не говоря о массе побочных, которые представляются несущественными, а на деле могут оказаться важнейшими? Теория описывает явления упрощенно, чего-то в расчетах явно недостает. Например, обычно не учитываются ни вращение звезды, ни ее магнитное поле. Это действительно чрезвычайно трудно учесть —



никакая ЭВМ за разумное время не рассчитает коллапс магнитной вращающейся звезды. Ясно, однако, что магнитное поле и вращение могут играть при коллапсе не второстепенную роль. Впервые об этом написал советский астрофизик Г. С. Бисноватый-Коган в 1970 году. Идея была достаточно проста. Ядро звезды сжимается, при этом его магнитное поле возрастает во много раз. Оболочка звезды падает вслед за ядром, но все же немного отстает и поэтому не может вращаться вокруг оси с такой же точно скоростью, что и ядро. А ведь ядро и оболочка связаны силовыми линиями общего для них магнитного поля! Ядро вращается быстрее оболочки, и магнитные силовые линии наматываются на него. В результате вращение ядра тормозится, а вращение оболочки ускоряется. Оболочка вращается все быстрее и быстрее. Наконец, скорость вращения оболочки становится больше скорости убегания! Мощные центробежные силы мгновенно расшвыривают оболочку — вот и взрыв. И не нужно никакого ядерного горючего. Все делают вращательная и магнитная энергии.

Нужно, однако, чтобы энергия вращения ядра передавалась в оболочку достаточно быстро. Коллапс продолжается считанные секунды, и за это время магнитное поле, играя роль посредника, должно успеть «перекачать» из ядра звезды в оболочку огромную энергию, достаточную для эффекта вспышки сверхновой.

По оценкам Г. С. Бисноватого-Когана, магнитное поле оказалось достаточно эффективным посредником. Но в 1971 году П. Р. Амнуэль, О. Х. Гусейнов и Ф. К. Касумов рассчитали модель такого процесса, и оказалось, что взрыв может произойти лишь при выполнении двух условий. Первое: магнитное поле между ядром и оболочкой должно быть не дипольным, как обычно предполагалось, а направленным по радиусам. Это еще ничего, при быстром сжатии звезды силовые линии растягиваются, и магнитное поле вполне может действительно стать радиальным вместо дипольного. Второе условие более жесткое. Оболочка разлетается лишь в том случае, если звезда, еще будучи обычной, очень быстро вращалась. Это существенное ограничение. Встречаются, конечно, звезды и с очень быстрым вращением, но их немного...

В 1974 году Г. С. Бисноватый-Коган тоже обратился к расчетам этой модели (она получила название магнито-ротационного взрыва). Совместно с Ю. П. Поповым и А. А. Самохиным он рассчитал сложную модель коллапса с вращением и магнитным полем, учел гидродинамику явления, температуру оболочки, излучение нейтрино и... получил практически тот же результат: взрыв возможен, но требует совершенно нереальных значений магнитного поля...

Так была похоронена еще одна гипотеза, еще одна ячейка из морфологического ящика «теория вспышек сверхновых» оказалась далекой от реальности.

Никто, впрочем, еще не пробовал объединить все теории, в том числе и те, о которых мы не рассказывали. Ведь в звезде одновременно начинаются и ядерные реакции с выделением нейтрино, и магнитная намотка... Возможно, объединив все теории, мы и получим тот эффект, который никакая теория в отдельности дать не может?

Но этого еще не сделано, и наше расследование причин взрывов сверхновых так и не доведено до конца. Мы довольно четко представляем, как звезда рождается, как она живет. Довольно четко представляем, какие ядерные реакции идут в ее недрах, как и почему звезда «на старости лет» становится красным гигантом. «Загробную» жизнь звезды в стадии пульсара мы представляем уже значительно хуже. Почему все-таки ускоряются в недрах нейтронной звезды частицы, как они излучают — это еще неясно. И еще менее ясно, как протекает агония звезды, как наступает ее клиническая смерть. Это напоминает наши представления об эволюции человека. Археология дает нам все фазы эволюции самого человека и все фазы его жизни в образе обезьяны. Но вот переходное существо — уже не обезьяна, но еще не человек — где оно?

Возможно, что в ближайшие годы правильная теория взрывов сверхновых будет создана. Ну

а если поиск ведется в неправильном направлении? Ведь методики выбора идей из морфологического ящика пока не существует. Исследователи по-прежнему полагаются на метод проб и ошибок. А проблема взрыва сверхновой очень сложна. Возможно, нужны тысячи проб, из которых пока сделаны лишь сотни?

Отсутствие эвристора открытий и научных изобретений сильно осложняет жизнь. Теория решения изобретательских задач была создана в первом приближении за десять лет, но продолжает развиваться и сейчас. Сколько времени нужно ждать, пока появится эвристор открытий? Сейчас делаются лишь первые шаги. Что мы умеем? Умеем пользоваться некоторыми правилами ТРИЗ — если научная задача сводится к изобретению, а не к открытию. Можем предсказать и открытие, если удачно воспользуемся фантограммой. Знаем методы развития творческого воображения, а это уже большое достижение.

Вы помните кинофильм «Девять дней одного года»? Там был такой эпизод: физики весело смеются над плакатом «Откроем новую элементарную частицу в текущем квартале». Их веселье понятно — ведь до сих пор работа мысли исследователя окутана таким густым туманом, что упоминание возможности планирования открытий вызывает смех. Но всегда ли так будет?

Надеемся, что нет.

Конец расследования. Заключение

Расследование гибели звезды в 1054 году подошло к концу. Мы внимательно изучили все обстоятельства, аргументы, доказательства и прочие материалы по делу. И можем теперь вынести такое официальное заключение:

1. Янг Вэй-Тэ в 1054 году, Тихо Браге в 1572 году, Иоганн Кеплер в 1604 году и Джон Флэмстид в 1680 году наблюдали на небе звезды, неожиданно вспыхивавшие и исчезающие несколько месяцев спустя. Эти вспышки (за исключением вспышки 1680 года) были значительно ярче вспышек так называемых новых звезд. Звезда-гостья 1054 года была видна даже днем! Эти необычные вспышки выделены в особую группу и названы сверхновыми.
2. В связи с исключительностью явления была выдвинута гипотеза о том, что вспышка сверхновой свидетельствует о гибели звезды. Научное расследование поставило перед собой цель провести оперативный розыск тела погибшей звезды.
3. В ходе изучения обстоятельств дела был сделан вывод о том, что вспышка сверхновой связана с финальной фазой жизни звезды. Более того: лишь те звезды, которые имеют «старости» массы больше 1,4 массы Солнца, могут закончить жизненный путь таким грандиозным взрывом. Менее массивные звезды умирают без шума, сбрасывая оболочку (планетарную туманность) и превращаясь в белые карлики. После гибели массивных звезд, согласно теории, ПОЯВЛЯЮТСЯ нейтронные звезды или черные дыры. Эти звезды называются релятивистскими и описываются теорией тяготения Эйнштейна.
4. Был начат оперативный розыск нейтронных звезд и черных дыр, причем астрофизики придерживались предположения о том, что эти объекты являются мертвыми телами, не проявляющими собственной активности.
5. В 1967 году были открыты пульсары — нейтронные звезды, излучающие радиоимпульсы с очень строго выдержанным периодом между ними. Таким образом, версия о том, что нейтронные звезды являются мертвыми телами, была опровергнута. Чрезвычайно высокая

активность пульсаров заставила усомниться в том, что катастрофический коллапс является смертью звезды. Нет — происходит лишь смена «образа жизни», переход звезды в новое качественное состояние. Звезда продолжает жить «по-новому», в образе пульсара.

6. Были исследованы причины, которые вызывают перемену в образе жизни звезды. Экспертиза показала невозможность в настоящее время надежно и правильно описать процесс взрыва сверхновой.

7 Нет пока и совершенно надежных доказательств существования черных дыр. В настоящее время известны несколько «подозреваемых», но однозначного подтверждения того, что обнаружены именно черные дыры, нет.

8. Научное расследование велось методом проб и ошибок, что требовало значительной непроизводительной затраты мыслительной энергии и обладало малым коэффициентом полезного действия. Были исследованы возможные методы интенсификации научной работы: морфологический анализ, методы фантограмм и приемов, мозговой штурм, синектика. Предпочтение отдано алгоритмической методике прогнозирования научных изобретений и открытий.

9. Очень важно обучение методам развития творческого воображения. Упражнения по развитию воображения заставляют мыслить более широко и раскованно, преодолевать психологическую инерцию, систематически исследовать все варианты решений научной задачи, сколь бы безумными эти решения не представлялись.

10. Таким образом, завершая расследование «гибели» звезды, мы делаем окончательный вывод:

Не гибель, нет, а новое рождение —

Вот, что гласит сверхновой появленье!

\* \* \*

Однако... Мы так рады завершению работы, что заговорили стихами? Впрочем, речь идет не о завершении работы, а о начале нового расследования. Наука не имеет конца, одна загадка сменяет другую. Чего было больше в нашем расследовании — разгадывания загадок или загадывания?

Новых загадок было побольше... И значит, работы хватит еще надолго. И чем сложнее окажутся научные загадки, тем больше фантазии должны будут проявлять наблюдатели в розыске «подозреваемых». Прогресс ускоряется, сегодня ученый обязан думать быстрее и лучше, чем вчера.

Исследования становятся все сложнее. Морфологические ящики явлений и интерпретаций раздаются вширь и вглубь. Ученый должен обладать недюжинной фантазией, творческое воображение его должно взлетать все выше и выше, иначе он, даже будучи знатоком, рискует «плавать» на поверхности океана, лишь смутно догадываясь о чудесах и красотах, скрытых глубоко...

Судить труд ученых будет история. Она скажет, кто был прав, и кто ошибался. И произнесет суровый приговор любой идее, любой теории. Но одно можно сказать твердо: Вселенная вечна, а значит, вечна и наука. Вселенная — самый большой выдумщик — неисчерпаема на загадки. Отгадывать их — самое большое удовольствие.

## Об авторе

Амнуэль Павел Рафаэлович — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики АН Азербайджанской ССР. Автор более 50 научных статей, более 10 научно-популярных статей и брошюр, более 20 научно-фантастических произведений.

## Примечания

1

Цзайсян — первый министр.