

А. Н. Дейч

ПЛАНЕТЫ ДРУГИХ МИРОВ

ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РСФСР

Ленинградская организация

Доктор физико-математических наук
А. Н. ДЕЙЧ

ПЛАНЕТЫ ДРУГИХ МИРОВ

ЛЕНИНГРАД
1967

СОДЕРЖАНИЕ		Стр.
Планеты солнечной системы		3
Мир звезд		8
Невидимые спутники звезд		18
Заключение		31

ДЕЙЧ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

Планеты других миров

(Тем. план 1966 года, № 30)

Научный редактор
профессор *Т. А. Агекян*

Редактор издательства *А. В. Баннов*

Обложка работы *В. А. Политова*

Технический редактор *М. П. Петрова*

Корректор *Н. А. Полянская*

М-60020	Подписано к печати 9/XII 1966 г.
Заказ 1688. Объем 2 п. л.,	уч. изд. л.
Формат 84X108 ¹ / ₃₂ .	Тираж 18 200 экз. Цена 5 коп.

Ленинградская типография № 4 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Пушкин

ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Земля и другие планеты, обращаясь вокруг Солнца, движутся вместе с ним вокруг центра Галактики — звездной системы, содержащей 200 миллиардов звезд. Одна из этих звезд — наше Солнце. Невооруженным глазом мы видим около 6000 ярких звезд, из которых ближайшая находится от нас на расстоянии в триста тысяч раз большем, чем Солнце. Обладают ли другие звезды планетами? Есть ли там жизнь? Одиноки ли люди во Вселенной или на далеких мирах также живут разумные существа?

Как ни кажутся эти вопросы далекими от повседневных забот нашей жизни, они всегда привлекали и привлекают к себе пытливые внимание человека и для него не безразлично знать, какое место во Вселенной занимает Земля и он сам, каково строение, происхождение и развитие звездного мира. Вокруг этих вопросов неустанно ведется борьба мнений, и страсти порой разгораются с особенной силой. Это и понятно, ведь обнаружение новых явлений, их обобщение и открытие законов природы приносит практическую пользу.

Изучение движения Луны и планет привело к открытию закона всемирного тяготения и основных законов механики. Непонятное сначала запаздывание моментов затмений спутников Юпитера было объяснено конечной скоростью распространения света в пространстве, без знания которой нельзя обойтись ни в астрономии, ни в физике. Теория относительности была подтверждена в первую очередь астрономическими наблюдениями, а су-

существование атомной энергии заранее было предсказано исследованиями процессов, происходящих в звездах. Новейшие открытия необычных объектов — звездоподобных источников радиоизлучения в далеких просторах Вселенной с неизвестными до сих пор свойствами, несомненно, позволят в будущем расширить наши познания природы, поставить на службу практике новые виды энергии.

В наш век космических полетов недалеко то время, когда люди побывают на Луне и на ближайших планетах — Венере и Марсе. Советская автоматическая станция, мягко опустившаяся на поверхность земного спутника, уже сфотографировала место прилунения в крупном масштабе. Три советские ракеты стали спутниками Луны с периодом обращения три часа.

До Луны всего 380 000 км. По астрономическим масштабам это — рукой подать! Но Луна совершенно непохожа на Землю. Это безжизненный твердый шар, лишенный воздуха, воды и растительности. Горные цепи, пики и валы бесчисленных кратеров отбрасывают резкие тени, когда Солнце подымается над горизонтом на черном, усеянном звездами небе. Температура поверхности Луны, упавшая за ночь ниже минус 100°C , повышается более чем до плюс 100° днем. Сменяющиеся каждые две недели холод и жар (Луна обращается вокруг своей оси за месяц) не проникают глубоко под поверхность, поскольку теплопроводность лунной коры крайне мала. На глубине 200 метров температура остается постоянной.

Какие тайны скрывает Луна в своих недрах? Может быть, там, под внешней твердой оболочкой, служащей защитным слоем подобно земной атмосфере, спасающей нас от губительной коротковолновой радиации и других неприятностей, возможны жизнь, существование неведомых организмов?

Во всяком случае освоение Луны, начало которому положено мягкой посадкой на нее советской космической станции, сулит огромные возможности. Кто может сейчас предугадать, какие минералы, полезные ископаемые и другие богатства будут найдены на Луне и использованы людьми. Астрономы мечтают установить там телескопы и наблюдать светила без всяких помех, которые создает земная атмосфера.

Расстояние от Земли до Солнца 149 600 000 км. Эту длину принимают за единицу измерений в космосе, за

астрономический «метр». Свет проходит его за 8 минут 19 секунд. Расстояния до других планет солнечной системы мы можем выразить в астрономических единицах (*а.е.*). Так, ближайшая к Солнцу планета Меркурий отстоит от него на 0,4 *а.е.*, а крайняя планета Плутон — на 39,5 *а.е.* Другими словами, Меркурий примерно в два раза ближе к Солнцу, чем Земля, а Плутон в сорок раз дальше. Однако вследствие большого эксцентриситета своей орбиты Плутон подходит к Солнцу на 29 *а.е.* и отходит от него на 49 *а.е.*, совершая один оборот за 250 лет. Если бы мы очутились на Плутоне, то видимый диск Солнца показался бы нам светящейся точкой, которая, однако, дает света столько же, сколько 300 полных Лун посылали бы на Землю.

По своим размерам Плутон и Меркурий относительно небольшие планеты, сравнимые с Землей. Но какой контраст физических условий на них! Ослепляющий свет Солнца на Меркурии и сумеречное освещение на Плутоне. Адский жар на Меркурии и жуткий холод на Плутоне! Но всё это ведь с нашей земной точки зрения. Вспомним, что рыбы на дне океана, куда не доходят лучи Солнца и где толща воды давит с огромной силой, чувствуют себя вполне удобно в своей стихии. Некоторые из них освещают себе путь собственными светильниками... На Меркурии вряд ли существует атмосфера, а про атмосферу Плутона мы пока ничего не знаем.

Наши соседи Венера и Марс, как и Меркурий и Плутон, относятся к планетам земной группы, но сильно отличаются друг от друга по физическим характеристикам. Венера окутана плотной облачной атмосферой, содержащей углекислый газ, и мы не можем рассмотреть или сфотографировать ее поверхность; температура поверхности (по радионаблюдениям) оценивается в 300°С выше нуля. Климат на Марсе, напротив, значительно более холодный, чем на Земле, — среднегодовая температура на марсианском экваторе около нуля градусов. На общем желтом фоне поверхности Марса видны зеленоватые пятна и бледно-голубые «шапки» у полюсов, которые тают с наступлением на Марсе лета и снова появляются зимой. По всей вероятности они состоят из льда.

Времена года на Марсе чередуются, как и на Земле, потому что ось его вращения наклонена к плоскости орбиты тоже на 23,5 градуса, но продолжительность времён

года там в два раза больше. Марс напоминает Землю еще и тем, что период его вращения вокруг оси равен земным суткам. Всё это роднит Марс с Землей. Однако весьма разреженная атмосфера, в которой до сих пор не удается обнаружить кислорода и водяных паров, создает иные условия для возможности жизни на этой планете. Кроме того, недавние фотографии Марса, полученные американской ракетой «Маринер-4» с расстояния, равного полутора диаметрам планеты, показали большое количество кратеров, очень похожих на лунные. Что касается «каналов», которые земные наблюдатели то «видели», то не видели в свои трубы, — их не было на фотографиях «Маринера». Марс оказался более похожим на Луну, чем на Землю.

Большие планеты солнечной системы — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, — по всей вероятности, не имеют твердой коры. Они окутаны глубоким слоем газообразного метана и сжиженного аммиака, представляющих соединения углерода и азота с водородом. Внутреннее строение этих планет неясно, но, по-видимому, в основном они состоят из водорода. Самая большая из них — Юпитер, его диаметр почти в 10 раз больше поперечника Земли, но в 10 раз меньше диаметра Солнца. Юпитер более похож на «холодную» звезду, чем на планету. Если бы там оказались разумные существа, то они, наблюдая Землю, вероятно, пришли бы к заключению, что жизнь на Земле невозможна, поскольку земная атмосфера не содержит метана и не имеет аммиака в жидком состоянии, ибо температура слишком высока...

Как бы представляя в миниатюре солнечную систему, вокруг Юпитера обращаются двенадцать «лун». Из них четыре, открытые Галилеем более 300 лет тому назад, по размерам и массам схожи с нашей Луной. Наблюдения как будто указывают на присутствие льда на их поверхности. Остальные спутники значительно меньше. У Сатурна девять «лун», из которых лишь одна немного больше нашей Луны. Уран сопровождают пять «лун», а Нептун и Марс — по две. Спутники Марса имеют в поперечнике всего около 10 км. Напомним, что диаметр Луны равен 3500 км.

Вокруг Солнца вращаются между орбитами Марса и Юпитера малые планеты, число которых, вероятно, достигает нескольких сотен тысяч. В настоящее время

известны орбиты около 2000 малых планет. По размерам они значительно меньше Луны, а большинство даже меньше спутников Марса. Некоторую аналогию кольцу малых планет представляет собой кольцо вокруг Сатурна, состоящее из мелких тел.

Итак, помимо планет солнечной системы имеются аналогичные образования в виде систем Юпитера и Сатурна. Это обстоятельство указывает на закономерность существования в природе планетных систем.

Основной характеристикой небесных тел является их масса, которая зависит от плотности и объема. Плотность больших планет (Юпитера, Сатурна и др.) примерно равна плотности Солнца, а у планет земной группы — в четыре раза больше. Масса Юпитера составляет тысячную долю массы Солнца, а сумма масс всех остальных планет меньше массы Юпитера. Поэтому Солнце и другие звезды обладают колоссальным запасом энергии и высокой температурой, а планеты, ресурсы которых недостаточны для поддержания термоядерных реакций, не имеют своего мощного излучения, а светят отраженным от Солнца светом. Однако точно определить границу между планетой и звездой невозможно. Некоторые ученые полагают, что масса, составляющая около одной сотой массы Солнца, является тем пределом, когда еще возможны термоядерные реакции внутри звезды для поддержания ее излучения.

Наш беглый обзор солнечной системы имел целью показать большое различие физических условий на планетах и как следствие этого совершенно несхожие формы существования живой материи, если она имеется вне Земли. Если исходить из того, что для жизни необходимы атмосфера, вода, не слишком высокая или низкая температура и примерно те условия, которые имеются на Земле, то следует признать, что существование на других планетах солнечной системы живых организмов, хоть сколько-нибудь напоминающих виды наших растений и животных, там невозможно. С другой стороны, мы замечаем на Земле чрезвычайное разнообразие форм жизни на суше и в воде, в холодном и жарком климате и замечательную приспособляемость организмов к окружающим условиям. Поэтому можно предполагать, что живая природа в процессе длительной эволюции возникает из неживой материи всегда и везде, при самых разнообраз-

ных физических условиях, кроме слишком высоких температур.

Такая точка зрения весьма расширила бы представление о сущности жизни, но сильно затруднила бы понимание и освоение явлений живой природы в космосе. Ведь и на Земле человек иногда плохо понимает другого человека, и гораздо хуже — многоликий животный мир, в частности мир насекомых. Расширение наших сведений о жизни удивительных обитателей морей — дельфинов, не кажется ли это чем-то в роде начала сношений с другим миром!?

МИР ЗВЕЗД

Одна из замечательных особенностей строения Вселенной — существование в ней множества однотипных объектов. Мы привыкли к этому явлению в животном и растительном мире Земли и особенно в среде микроорганизмов, что не помешало, однако, ранее считать Землю центральным телом в космосе. Но мы знаем теперь, что Земля — одна из многих планет. Солнце, считавшееся уникальным светилом, в действительности лишь одна из звезд огромной звездной системы — Галактики. Дальнейшее изучение космического пространства показало, что и звездных систем, подобных нашей Галактике, чрезвычайно много (рис. 1). Галактика не единственна и не находится в центре мироздания. Вселенная построена, так сказать, на «демократических началах» и все ее члены равноправны. Вместе с тем каждый объект имеет свою индивидуальность, он не похож в деталях на другой, ему подобный. Не будучи единственным, он в то же время уникален. Здесь проявляется своеобразное единство противоположностей.

Другой структурной особенностью Вселенной оказывается объединение, сгущивание однотипных объектов в группы. Звезды образуют отдельные звездные скопления в Галактике (рис. 2), сочетаются в пары, тройки и кратные системы. По современным воззрениям звезды даже «рождаются» группами из еще не ведомой нам дозвездной материи. Наличие групповых образований свидетельствует, быть может, о «молодости» мира, так как с течением времени группы должны рассеиваться в пространстве. Звездные системы также имеют склонность

объединяться в группы. Нам известны в просторах космоса многие скопления галактик, звездных систем, подобных нашей Галактике. Вместе с окружающими ее

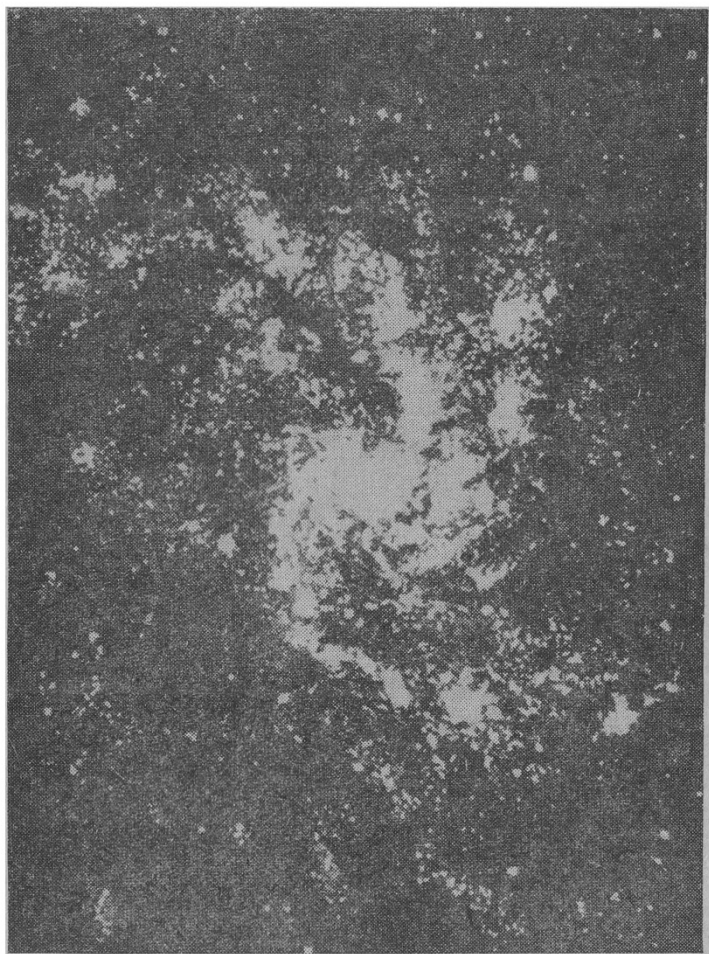


Рис. 1. Спиральная Галактика в созвездии Треугольника — звездная система, схожая с нашей Галактикой. Находится от Земли на расстоянии полутора миллионов световых лет.

другими звездными системами наша Галактика образует местную группу галактик.

Как устроена наша Галактика? Какое место занимает в ней Солнце? Какие звезды находятся вокруг нас?

Мы уже говорили, что ближайшая к нам звезда находится на расстоянии в 300 000 раз большем, чем Солнце. Свет пробегает это расстояние за 4,25 года, что указывает на совершенно другие масштабы по сравнению с размерами солнечной системы. От более далеких звезд свет приходит к нам через сотни и тысячи лет, а весь поперечник Галактики свет пронизывает за 100 000 лет.

Световой год — удобная единица в астрономии для оценки больших расстояний, но более употребительна другая единица — *парсек*, соответствующая расстоянию, с которого радиус земной орбиты, то есть *a. e.*, виден под углом в одну секунду. Парсек равен 206 265 *a. e.*, или 3,26 световых года.

В основе определения расстояний до звезд лежит тригонометрический метод, употребляемый в геодезии: измерение углов между направлениями на предмет с двух концов базиса. В астрономии таким базисом служит диаметр земной орбиты. С двух противоположных концов орбиты Земли мы измеряем направления на звезду, которые составляют между собой малый угол, зависящий от расстояния звезды. Этот угол носит название *параллакса*, точнее — годовичного параллакса звезды, откуда и происходит первый слог в слове парсек. Если параллакс равен секунде дуги, то расстояние считают равным одному парсеку. Тысяча парсек составляет *килопарсек*, а миллион парсек — *мегапарсек*.

Итак, до ближайшей звезды, как не трудно теперь сосчитать, — 1,3 парсека. Звезда находится в созвездии Центавра в южном полушарии неба и называется α (альфа) Центавра. В небольшую трубу, даже в бинокль, видно, что она разделяется на две яркие звезды, которые вращаются вокруг общего центра тяжести с периодом 30 лет. Большая полуось эллиптической орбиты равна 23 *a. e.*, но взаимное расстояние заметно меняется вследствие большого эксцентриситета. По своим физическим характеристикам обе звезды похожи на Солнце — массы и температуры почти такие же.

Существуют ли планеты у звезды альфа Центавра? Вероятнее всего, нет. Дело в том, что по законам небесной механики путь планеты в поле тяготения двух солнц, расстояние между которыми того же порядка, что и расстояния от них до планеты, будет сложным и запутанным, без всякого определенного периода. Планета рано

или поздно подойдет близко к одной из звезд, приобретет большую скорость и вылетит из системы. Быстродействующие электронно-счетные машины позволяют теперь рассчитать на много времени вперед расположение трех притягивающихся друг к другу тел и подтвердить теоретические предсказания. Таким образом, если когда-либо планеты образовались у такой двойной звезды, то с течением времени они покинут свою систему.

У двойной звезды α Центавра найден далекий спутник, значительно более слабый по яркости. Это звезда 11-й величины, находящаяся от первых двух звезд на расстоянии 11 000 *а. е.* Тут совсем другой порядок расстояний, поэтому и орбита спутника вокруг центральной пары должна быть устойчивой. Если при этом рассчитать примерный период обращения спутника, то он окажется равным 700 000 лет. Возможно, что семья планет окружает этот спутник, а их воображаемые обитатели видят кроме своего «Солнца» еще двойное светило, дающее в 40 000 раз меньше света, чем наше Солнце для Плутона, но блистающее в 200 раз ярче, чем звезда первой величины. На небосклоне чужой планеты наше Солнце видно как звезда первой величины и проектируется оно на созвездие Кассиопеи, добавляя к привычному нам виду этого созвездия лишнюю яркую звезду (рис. 3).

Однако существование планет у спутника α Центавра далеко не доказано. Наблюдательные средства человека еще не позволяют ему увидеть в трубу или сфотографировать даже у ближайшей звезды столь слабые объекты, которые сами не светят, а только отражают свет своего «Солнца» и теряются в поле нашего зрения в сиянии лучей центрального светила. Но и по существу далекий спутник α Центавра не похож на наше Солнце. Он принадлежит к слабосветящимся, «холодным» звездам. Масса его в десять раз меньше массы Солнца. Всё же мы не можем категорически утверждать, что эти различия достаточны для того, чтобы отрицать наличие планет у подобных звезд.

Звезды Галактики можно в первом приближении разделить на три группы, в зависимости от температуры их поверхности. Это — горячие белые звезды «ранних», как говорят, спектральных классов *O*, *B* и *A*, в спектрах которых имеются линии водорода и ионизованного гелия. Затем — желтые звезды классов *F* и *G*, в спек-

рах которых появляются линии металлов в нейтральном состоянии. Наконец, холодные красные звезды классов *K* и *M*, где в спектрах обнаруживаются молекулярные полосы химических соединений. В спектрах всех звезд присутствуют линии водорода — самого распространенного элемента во Вселенной.

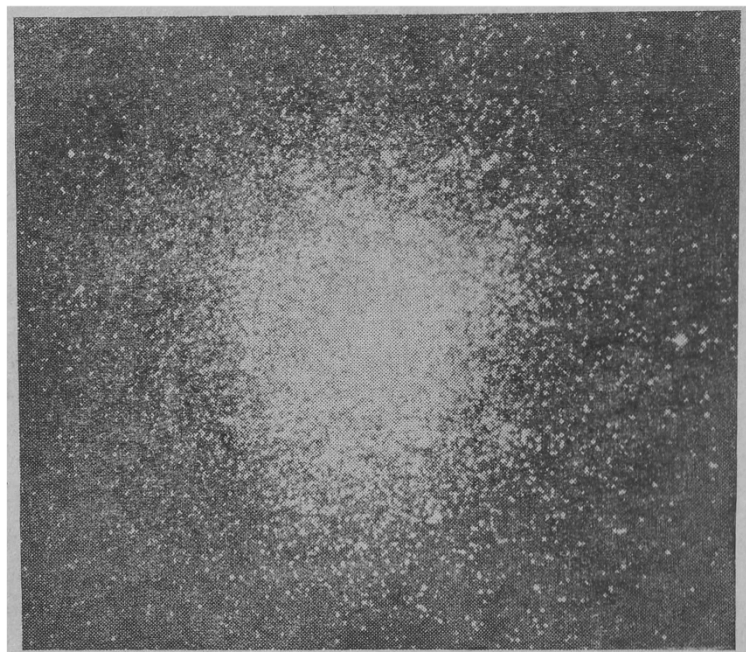


Рис. 2. Шаровое скопление звезд в нашей Галактике в созвездии Центавра. Расстояние от Земли — 20 000 световых лет.

Отсутствие тех или иных спектральных линий некоторых химических элементов вовсе не означает, что в звездах таких элементов не имеется. Различие спектров обусловлено в первую очередь температурой звезды. Химический состав всех звезд можно считать практически одинаковым. Наше Солнце принадлежит к спектральному классу *G*. Главные звезды α Центавра относятся к классам *G* и *K*, а их спутник к классу *M*.

Если бы даже удалось разместить звезды на одинаковые от Земли расстояния, всё же каждая из них сильно отличалась бы одна от другой своей светимостью. Вызва-

но это различием поверхностных температур, но в еще большей степени разницей их диаметров. Поэтому звезды разделяются еще на гигантов и карликов, их диаметры различаются в сотни и тысячи раз. Поскольку массы звезд меняются в гораздо менее широких пределах (обычно в несколько и реже — в десятки раз), отсюда следует, что звездные плотности могут быть весьма разными. Например, средняя плотность сверхгиганта Антареса, главной звезды в созвездии Скорпиона, в миллион раз меньше плотности Солнца, что составляет тысячную долю плотности воздуха на Земле. С другой стороны, плотность белого карлика — спутника самой яркой звезды нашего неба — Сириуса в созвездии Большого Пса, в 25 тысяч раз больше солнечной.

Светимость многих звезд не остается постоянной. Она меняется периодически или неправильным образом, без всякого периода. Такие звезды называются переменными. Особенно интересен тип цефеид, названных по имени звезды δ Цефея, периодическое изменение блеска которых вызывается физическими процессами, связанными, по-видимому, с изменениями радиуса звезды. Звезда как бы пульсирует, то сжимаясь, то расширяясь, при этом меняются и ее цвет, и спектральный класс. Период пульсации цефеиды зависит от ее светимости. Чем больше присутствующая звезде светимость (независимая от расстояния), тем больше период, который продолжается в пределах от нескольких часов до многих суток. Следовательно, знание периода дает возможность найти истинную светимость звезды, а с помощью известной видимой светимости можно вычислить расстояние — по закону уменьшения блеска обратно пропорционально квадрату расстояния.

Такой способ, в отличие от тригонометрического метода, о котором говорилось выше, позволяет определять значительно большие расстояния в Галактике и даже до других галактик; вместе с тем калибровка этих расстояний производится, в конечном счете, по первому методу, то есть на основе тригонометрических параллаксов. Кроме того, способ цефеид имеет свои ограничения и трудности. Главная трудность заключается в том, что видимые звездные величины, а следовательно и расстояния, искажаются в результате поглощения света звезды межзвездной пылью, рассеянной в Галактике. Пыль, а

также и газ собираются часто в отдельные облака гигантских размеров; это — другой вид материи в галактиках, отличающийся от звездной материи.

Переменные звезды неправильного периода блеска можно назвать взрывными, потому что причиной изменения их яркости, по всей вероятности, является извержение материи. Такие извержения бывают различной мощности, начиная с самых слабых и еле заметных, почти не меняющих видимый блеск звезды (например, взрывы на Солнце), и кончая взрывами такой силы, что при этом обнажаются внутренние слои звезды, нагретые до очень высокой температуры в несколько миллионов градусов. Тогда слабая, не видимая нами звезда, вдруг становится необычайно яркой и кажется неожиданно появившейся новой звездой. Эти звезды называются «новыми», а исключительно яркие — даже «сверхновыми» звездами, хотя они существовали раньше и существуют после взрыва — в виде малозаметной звездочки.

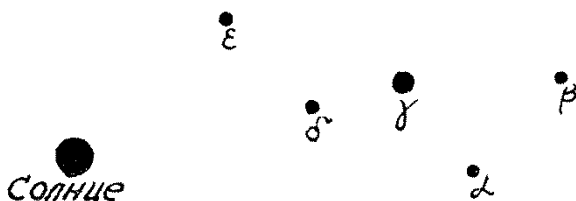


Рис. 3. С ближайшей звезды α Центавра Солнце было бы видно в направлении созвездия Кассиопеи в виде звезды первой величины.

Вряд ли у таких звезд имеются планеты, а тем более органическая жизнь на них. Возможно, что Солнце и большинство других «спокойных» звезд когда-то давно пережили стадию взрывов и выбросов материи. И теперь еще на Солнце нередко регистрируются вспышки сравнительно небольшой для космических масштабов мощности и периодическое появление и исчезновение пятен. Все это, как известно, оказывает влияние на Землю и на живые организмы, включая человека.

Имеется еще один тип переменных звезд, изменение блеска которых не связано с физическими процессами, а объясняется тем, что компоненты двойной звезды поочередно затмевают друг друга. Такие затменно-переменные

звезды можно наблюдать только при условии близкого совпадения плоскости орбиты двойной звезды с лучом зрения наблюдателя.

Хорошим примером затменной звезды может служить звезда β Персея, переменность которой была замечена еще древними арабами. Они называли ее Альголем, то есть дьяволом. Эта «дьявольская» звезда в течение почти трех дней остается неизменной, а затем быстро тускнеет и несколько часов остается на полторы звездной величины слабее.

Альголь легко найти на небе невооруженным глазом, но даже в самые мощные трубы эту тесную пару нельзя увидеть разделенной, и она видна как одиночная звезда. Ее двойственность раскрыта благодаря изменению блеска.

Мы снова возвращаемся к двойным звездам. О них следует сказать особо, так как двойные и кратные системы несомненно имеют близкое отношение к планетным системам.

Открытие двойных звезд, компоненты которых связаны взаимным притяжением, было выдающимся событием в астрономии. Оно подтверждало универсальность закона Ньютона, его действенность за пределами солнечной системы. Прямые доказательства физической связи пары звезд, то есть обнаружение вращения одной около другой, были впервые получены В. Гершелем в начале XIX века. Однако точные угловые измерения взаимных расстояний и углов поворотов первым выполнил В. Я. Струве (рис. 4), основатель Пулковской обсерватории. В 1837 году вышел его знаменитый каталог 2640 двойных звезд, найденных и измеренных им с помощью визуального рефрактора.

В настоящее время, благодаря применению более мощных инструментов и фотографических наблюдений, число известных двойных звезд удалось довести до 60 000. К ним можно добавить еще несколько тысяч пар, открываемых фотометрическим (затменно-переменные) и спектроскопическим методами. В последнем способе используется периодическое смещение линий в спектре двойной звезды, наблюдающееся тогда, когда компоненты, вращаясь вокруг общего центра тяжести, движутся то к Земле, то от нее. Этот способ, как и фотометрический, не может обнаружить двойственности звезды, если плос-



Рис. 4. Основатель Пулковской обсерватории и ее первый директор В. Я. Струве (1837 г.).

кость ее орбиты перпендикулярна к лучу зрения или наклонена к нему под большим углом. Астрометрический метод измерений углов свободен от этих ограничений. Однако очень тесные двойные звезды, как уже упоминалось, нельзя увидеть разделенными даже в самые большие телескопы; наблюдаются они только при помощи первых двух методов. Следовательно, все три метода дополняют друг друга.

По мере усовершенствования методов наблюдений обнаруживаются новые спутники звезд. Примером этого может служить хорошо известная двойная звезда Мизар и Алькор в хвосте Большой Медведицы. Угловое расстояние между ними 12 минут дуги. Это звезды 2-й и 4-й величины. Измерение тригонометрических параллаксов показало одинаковое значение для компонентов — 27 парсек. Сходным оказалось и поступательное движение в пространстве. Следовательно, обе звезды связаны физически, несмотря на большое расстояние между ними в 20 000 *а. е.*, а не просто случайно расположены на почти одном и том же направлении от Земли. После изобретения зрительной трубы вскоре у Мизара был открыт другой спутник, тоже 4-й величины, но на угловом расстоянии в 14 секунд дуги, то есть почти в 60 раз более близкий, чем Алькор. Но Мизар, кроме того, оказался спектрально-двойной звездой с периодом обращения всего лишь в 21 день. Расстояние между спектроскопическими компонентами равно 0,3 *а. е.* У тесной двойной звезды Каптор в созвездии Близнецов был найден спутник на угловом расстоянии 73 секунды, а затем оказалось, что каждый из трех компонентов является спектрально-двойной звездой с периодами обращения в девять, три и 0,8 дня.

Таким образом, с расширением наблюдательных средств мы открываем всё больше кратных звезд. В окрестностях Солнца, в сфере радиусом 5 парсек, известны 50 звезд, среди которых около половины двойные звезды. Этот факт весьма показателен, так как он указывает на большую распространенность кратных систем в Галактике. Возможно, что с усилением средств наблюдения окажется гораздо больше звезд, имеющих слабых, планетоподобных спутников. Наше Солнце с семьей планет тоже можно считать кратной системой.

Интересно отметить, что среди соседей Земли 60 процентов звезд являются карликами типа *М* и лишь 14

процентов принадлежат к ранним спектральным классам. По-видимому, преобладающим типом звездного населения Галактики являются «холодные» звезды поздних спектральных классов. Одиночных звезд солнечного типа рядом с нами всего две — в Эридана и τ Кита. Обе видны невооруженным глазом, а расстояние до них около трех парсек.

Если звездный состав Галактики, за исключением центральных ее областей и отдельных скоплений звезд, такой же, как в окрестностях Солнца, что довольно правдоподобно, то число звезд солнечного типа окажется порядка десяти миллионов. Вполне вероятно, что многие галактики похожи на нашу Галактику, что там имеются звезды типа нашего Солнца, вокруг которых существуют планеты, причем некоторые из них похожи на Землю, и жизнь развивалась там аналогичным образом. Все эти умозаключения основаны на гипотезах, но было бы важно иметь какие-нибудь фактические данные о существовании планет, хотя бы у ближайших звезд. Этот вопрос мы и рассмотрим в следующей главе.

НЕВИДИМЫЕ СПУТНИКИ ЗВЕЗД

Древние народы знали только пять планет — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, — блуждающих среди звезд, движущихся то прямым, то обратным ходом, описывающих замысловатые петли на небе. Лишь в 1781 году ревностный наблюдатель небесных светил, астроном-любитель В. Гершель, исследуя в свой телескоп группу звезд в созвездии Близнецов, обнаружил, что одна из них имеет вид диска. Кроме того, объект передвигался относительно звезд. Трудно было представить себе существование новой планеты, нарушающей, по мнению древних философов, гармонию солнечной системы, поэтому Гершель объявил об открытии им кометы, хотя она не имела ни хвоста, ни даже размытой оболочки.

Дальнейшие наблюдения и расчеты орбиты полностью доказали, что в семье Солнца оказалась еще одна планета, которую называли Ураном — по имени бога неба из греческой мифологии. Удивительно, что Уран не был открыт раньше, поскольку его можно увидеть даже простым глазом в виде звездочки почти 6-й величины. Объясняется это недостаточным вниманием и умением неко-

торых предшествовавших Гершелю наблюдателей, которые с 1690 года неоднократно отмечали положения Урана как звезды. Например, Лемоннье 12 раз замечал Уран в свою трубу, но не открыл планеты, так как больше занимался критикой чужих работ, чем обработкой своих наблюдений.

История открытия Нептуна хорошо известна. Он был открыт еще до того, как его увидели, — по его воздействию на соседнюю планету Уран. Учитывая отклонения Урана от предвычисленной орбиты, Адамс и Леверье, проведя с замечательным искусством труднейшие математические расчеты (не имея в те времена никаких вычислительных машин), предсказали место на небе, где следует искать предполагаемую планету. Леверье незамедлительно сообщил свои результаты наблюдателю Галле в Берлин и тот в день получения письма, вечером 23 сентября 1846 года, нашел планету в созвездии Водолея почти точно в предсказанном Леверье месте. Это был подлинный триумф науки, блестящее доказательство истинности законов небесной механики.

Любопытно, что и тут не обошлось без недоразумения с прежними наблюдениями. Лаланд-младший, племянник знаменитого Ж. Лаланда, дважды (8 и 10 мая 1795 года) наблюдал Нептун в трубу стенного квадранта Парижской обсерватории в виде звезды 8-й величины. Так как оба наблюдения не сходились друг с другом (Нептун двигался относительно звезд), то М. Лаланд счел первое наблюдение ошибочным, а опубликовал только второе, снабдив его вопросительным знаком.

Плутон так же, как Нептун, был открыт прежде, чем его увидели, вследствие оставшихся необъясненными отклонений от расчетной орбиты Урана. Так как эти отклонения были малыми, то следовало предполагать, что масса искомой планеты, а значит и ее размеры и яркость незначительны. Была определена область неба, где следовало искать планету, но Плутон долгое время оставался невидимым. Только применение фотографии позволило найти его на снимках, полученных в обсерватории Лоуелла (штат Аризона, США) в январе 1930 года, в виде звездочки 15-й величины. Для обнаружения планеты сравнивали парные снимки больших участков неба, снятых в разное время. С помощью специального прибора — компаратора — Плутон был найден среди тысяч слабых

звезд благодаря заметному изменению его положения на пластинках. Интересно отметить, что после открытия Плутон был отождествлен на некоторых пластинках, снятых еще в 1919 году.

В Пулковской обсерватории с 1930 года ведутся фотографические наблюдения Плутона и измеряются его точные координаты. Начало отечественной астрофотографии положил С. К. Костинский (рис. 5). Эти наблюдения используются для определения точной орбиты Плутона. Возможно, что за его орбитой окажется еще планета, которая может быть обнаружена тоже методами небесной механики.

Возникает вопрос: нельзя ли таким же путем обнаружить невидимые спутники у звезд? В этом случае мы можем судить о присутствии невидимой планеты по смещениям самой звезды. Планета и звезда вращаются вокруг общего центра тяжести по орбитам, подобным одна другой, но размеры их обратно пропорциональны массам этих тел. Например, Солнце под воздействием Юпитера описывает за 12 лет почти круговую орбиту, диаметр которой в тысячу раз меньше поперечника орбиты Юпитера, то есть равен всего $0,01 \text{ а. е.}$, или полутора миллионам км. С ближайшей звезды α Центавра этот диаметр был бы виден под углом $0,0008$, что находится на пределе точности современных астрономических измерений с помощью фотографии. Если бы Юпитер был в два раза дальше от Солнца (точнее, от общего центра тяжести), то и Солнце описывало бы вдвое большую орбиту, видимую с α Центавра под углом $0,0016$. С другой стороны, период обращения согласно закону Кеплера увеличился бы в три раза и понадобился бы более длительный промежуток времени наблюдений для полного охвата орбиты. При наличии нескольких планет, обращающихся на разных расстояниях вокруг центральной звезды, ее орбита была бы сложной, происходило бы суммирование смещений в разные стороны и уловить период было бы трудно. Если при этом, как в солнечной системе, одна какая-нибудь планета играет доминирующую роль, то возможность исследования становится более благоприятной.

Что же дали наблюдения звезд? Еще в середине XIX столетия известный астроном Бессель, работы которого по фундаментальной астрометрии предшествовали созданию пулковской школы В. Я. Струве, заметил, что дви-



Рис. 5. Основоположник отечественной астрофотографии
С. К. Костинский (снимок 1930 года).

жение Сириуса и Прокциона по небу происходит не прямолинейно, как обычно у звезд, а в виде волнистой линии. Бессель правильно объяснил причину периодических отклонений от прямолинейного движения тем, что у этих звезд присутствуют невидимые спутники, которые своим притяжением смещают с пути видимые звезды, заставляя их описывать соответствующие орбиты. Амплитуды колебаний доходили до трех секунд дуги. Это свидетельствовало о значительной массе спутников — порядка звездных масс.

Действительно, когда спустя некоторое время на эти звезды были направлены большие телескопы, оба спутника были обнаружены и были рассчитаны элементы их орбит. Оказалось, что массы спутников примерно равны массе Солнца, но ввиду слабой светимости их радиусы должны были быть значительно меньше, чем у Солнца. Следовательно, плотность вещества спутников в десятки тысяч раз больше солнечной. Спутники были названы белыми карликами (по раннему их спектральному классу; об этом типе звезд мы упоминали выше). Так было сделано большое открытие в астрономии.

К настоящему времени еще у нескольких звезд обнаружена переменность собственных движений, что указывает на наличие невидимых спутников. Особый интерес представила звезда 11-й величины в созвездии Большого Пса, известная под номером 614 каталога Росса. Это — красный карлик с массой немногим больше 0,1 массы Солнца, находящийся от Земли на расстоянии 13 световых лет, то есть четырех парсеков. Вследствие малой массы такая звезда должна сильнее притягиваться планетой и смещаться заметнее, чем более массивная звезда типа Солнца.

Наблюдения звезды 614 Росса, продолжавшиеся с 1932 года по 1950 год, выявили колебания в движении ее относительно окружающих звезд. Амплитуда колебаний достигала 0,6" при периоде 16,5 лет. Это опять-таки говорило в пользу звездного характера невидимого спутника. И действительно, в марте 1955 года он был обнаружен на фотографиях, полученных с помощью самого большого в мире рефлектора с диаметром зеркала 5 метров на горе Паломар в Калифорнии. Спутник слабее главного компонента на три с половиной величины и тоже относится к красным карликовым звездам. Масса его оказалась рав-

ной 0,08 массы Солнца, что в 80 раз больше массы Юпитера. Орбита спутника эллиптическая с эксцентриситетом 0,36 (больше, чем у любой планеты солнечной системы), и ее большая полуось равна 3,9 *а. е.*, так, что обе звезды могут поместиться внутри орбиты Юпитера.

Итак, спустя полвека после того, как впервые увидели в трубу предсказанных спутников Сириуса и Прокциона, в третий раз был обнаружен, но уже фотографическим способом, новый звездный спутник. Это было большой победой фотографической астрометрии.

В настоящее время из звезд с определенными массами самой малой массой обладают обе звезды визуально-двойной системы, открытой Лейтеном в 1949 году в созвездии Кита. Их видимые величины почти одинаковы (около 13-й) и спектры обеих типа *M-5*, то есть это звезды очень позднего спектрального класса. Расчеты показывают, что массы их равны 0,04 массы Солнца и только в 40 раз больше массы Юпитера. Всё же эти тела следует отнести к звездам, а не к планетам.

Среди звезд, у которых предполагаются невидимые до сих пор спутники с массами около 0,01 массы Солнца, большой интерес представляет двойная звезда, носящая название 61-я Лебедя, которую под этим номером отметил Фламстид в своем каталоге 1725 г. Именно у этой звезды Бессель измерил параллакс в 1837 году, почти одновременно с первыми измерениями параллакса звезды Веги (α Лиры) В. Струве. Расстояние от Земли до 61-й Лебедя составляет 3,4 парсека, или 11 световых лет. Оба компонента — около шестой видимой величины спектрального класса *K-5*. Они обращаются по эллиптической орбите вокруг общего центра тяжести с периодом 700 лет. Среднее расстояние между звездами равно 82 *а. е.*, что в два раза больше размеров солнечной системы. В угловой мере это составляет 24".

Измерения фотографий (рис. 6) показали, что расстояние между видимыми компонентами периодически изменяется, причем период изменения во много раз меньше главного периода в 700 лет. Это позволило заключить, что вокруг одной из звезд вращается невидимый спутник. Амплитуда периодического колебания расстояния была всего 0,"03. Такую малую величину удалось измерить с надежной точностью благодаря наличию большого наблюдательного материала, содержащего сотни пласти-

нок с десятками снимков звезд на каждой пластинке. Благодаря применению астрографов с фокусным расстоянием 10 м, когда масштаб на пластинке равен 20" в 1 мм, а измерения на специальных приборах в лабораториях производятся с точностью до 1—2 микрон, — случайная ошибка среднего расстояния по 25 отдельным изображениям двойной звезды оказывается равной нескольким тысячным долям секунды дуги.

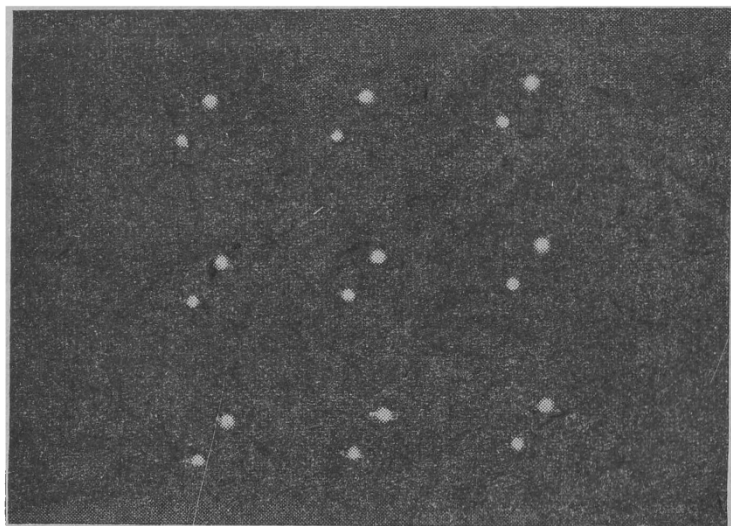


Рис. 6. Девять снимков на одной пластинке двойной звезды 61-я Лебеда с экспозициями по одной минуте.

Помимо случайных есть опасность систематических ошибок, которые не уменьшаются с увеличением числа изображений. Эти ошибки искажают взаимное расположение компонент двойной звезды. Они зависят в первую очередь от свойств нашей атмосферы, через которую проходят лучи небесных светил. Атмосфера различным образом преломляет лучи разных длин волн, то есть разного цвета, а беспокойствие воздушных слоев создает дополнительные трудности, особенно в случаях различия в яркостях между компонентами пары. Надо ослаблять свет у более ярких звезд и ставить перед пластинкой фильтры для уравнивания цветовой разницы. Установка астрографов на Луне позволила бы сильно ослабить влияние этих ошибок.

Фотографические наблюдения и измерения надо автоматизировать, чтобы облегчить и ускорить работу. Обработку измерений следует проводить на электронно-счетных машинах, так как получается обширный наблюдательный материал, состоящий из тысяч отдельных снимков звезд.

Предварительные результаты, опубликованные в 1943 году К. Страндом, нынешним директором Вашингтонской обсерватории, показали, что невидимый спутник 61-й Лебеда имеет массу 0,016 массы Солнца и период обращения 4,9 года. При этом были использованы сравнительно короткие ряды наблюдений с помощью трех длиннофокусных астрографов на трех обсерваториях. Надо сказать, что массы видимых составляющих двойной звезды 61 Лебеда равны половине массы Солнца каждая.

Большой материал наблюдений, накопленный в Пулковской обсерватории С. К. Костинским и его учениками с конца прошлого века за более чем сорокалетний период, был измерен и обработан автором этих строк. Результаты Странда подтвердились. Кроме того, удалось выяснить, что невидимый спутник обращается вокруг более яркого компонента двойной 61 Лебеда. В Пулкове наблюдения велись на астрографе с фокусным расстоянием 3,5 метра, что несколько снижает точность по сравнению с десятиметровым инструментом. Но не следует думать, что точность растет строго пропорционально масштабу. Практика показала, что она возрастает примерно в отношении корня квадратного из фокусного расстояния. Так, при увеличении фокуса в три раза точность увеличивается в 1,7 раза. Это объясняется неблагоприятным влиянием атмосферных условий, сказывающихся сильнее при увеличении масштаба, а также качеством оптики, которое ухудшается в объективах большого размера. Пулковский астрограф отличается высоким качеством своего объектива.

Мы рассказали о некоторых технических вопросах для того, чтобы у читателя сложилось верное представление о возможностях и достоверности получения результатов высокой точности, необходимых для ответственных выводов о существовании планетоподобных спутников звезд. Масса спутника 61 Лебеда оказалась в 16 раз больше массы Юпитера и вопрос о том, является ли этот спутник планетой или звездой, остается не вполне ясным.

По нашему мнению, спутник больше подходит к категории планеты, чем звезды. Дело в том, что тайна невидимого спутника 61-й Лебеда оказалась более запутанной, чем предполагалось. Наблюдения и обработка снимков, полученных в Пулковке после войны на восстановленном в 1948 году астрографе, обнаружили,

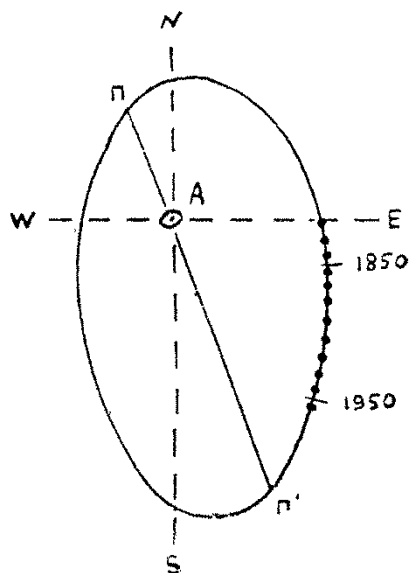


Рис. 7. Видимый эллипс двойной звезды 61-я Лебеда, построенный по наблюдениям (черные точки) движения более слабой компоненты относительно более яркой A в течение примерно шестой части периода обращения — 700 лет. Маленький эллипс вокруг главной звезды A — орбита невидимого спутника.

ли, что колебания расстояния между видимыми компонентами уменьшились по амплитуде более чем вдвое, хотя период и фаза остались прежними. То же самое получилось по наблюдениям на обсерватории Спроул (США), проводившимся с 1941 по 1961 год. Если взять среднее значение отклонений из старых и новых наблюдений, то масса спутника будет в два раза меньше, равной 0,01 массы Солнца. К такому же заключению приходит К. Странд в своем кратком сообщении — резюме еще не опубликованной работы. Большая полуось орбиты спутника равна 2,3 $a. e.$ Эксцентриситет орбиты составляет 0,5 (рис. 7 и 8).

Можно предположить (и это, вполне возможно, будет более обоснованная точка зрения), что у двой-

ной звезды 61-я Лебеда имеются не один спутник, а два и даже больше. В таком случае колебание взаимного расстояния может постепенно затухать, если спутники с течением времени расположатся по своим орбитам так, что их притяжение будет уравниваться. В двойной системе картина может быть сложнее, чем у одиночной звезды.

Если такое толкование верно, то массы нескольких невидимых спутников будут в отдельности меньше одного предполагаемого спутника и тем вероятнее будет гипотеза о существовании планетной системы у 61-й Лебеда.

Этот в высшей степени интересный вопрос требует дальнейшего выяснения. В Пулкове фотографические наблюдения 61-й Лебеда ведутся сейчас на двух инструментах — на старом астрографе, имеющем фокусное расстояние 3,5 метра и на новом 65-сантиметровом рефракторе с

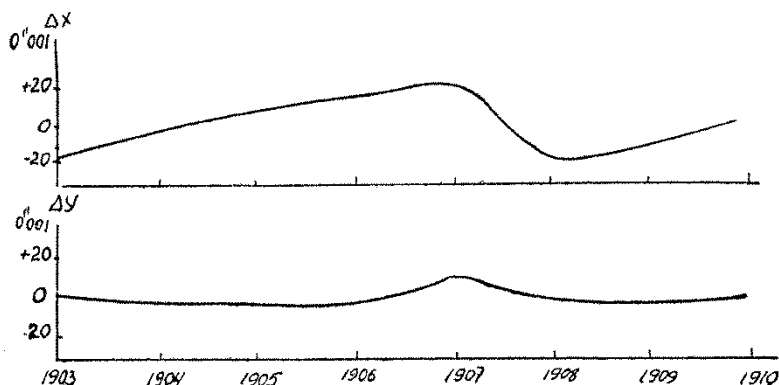


Рис. 8. Кривые изменения взаимного расстояния компонент двойной звезды 61-я Лебеда по двум координатам с периодом 5 лет.

фокусным расстоянием 10,5 метра, установленном в 1956 году в большой башне с подъемным полом (рис. 9).

Другим примером звезды, у которой замечен невидимый спутник с массой 0,01 массы Солнца, может служить звезда под номером 21185 в каталоге Лаланда, составившего опись звездного неба в 1801 году. Это одиночная звезда 7,5 величины с большим собственным движением около $5''$ в год, спектрального класса $M-2$. Измерения многочисленных снимков в обсерватории Спроул показали периодические изменения ее положения относительно других звезд с амплитудой колебания $0,07''$ и периодом 8 лет. Приняв массу видимой звезды 0,3 массы Солнца (согласно известной зависимости масса — светимость), можно было получить массу невидимого спутника 0,01 в тех же единицах. Эксцентриситет орбиты равен 0,3 и большая полуось 2,5 $a.e.$ Звезда Лаланда включена в программу наблюдений в Пулковке на большом рефракторе

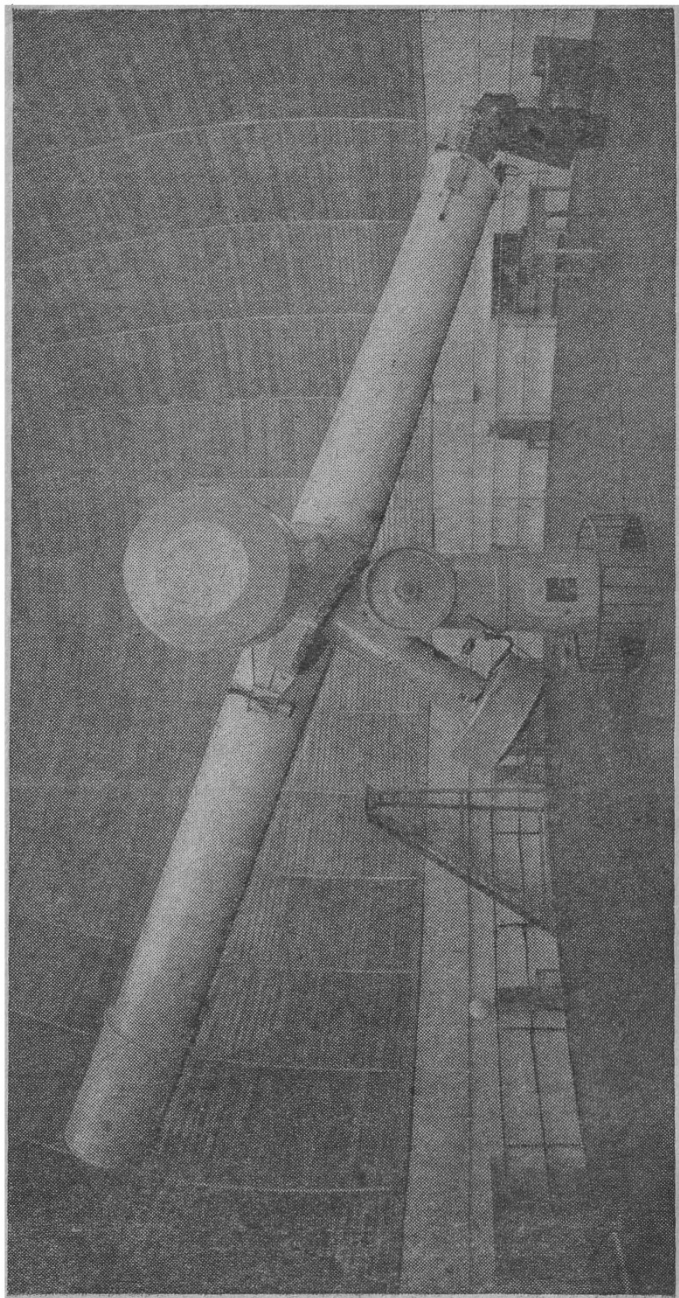


Рис. 9. Большой Пулковский рефрактор с объективом диаметром 65 см и фокусным расстоянием 10,5 м. Установлен в 1956 году.

торе. (Работа С. Липпинкотт, открывшей спутник, опубликована в 1960 году).

Подлинным открытием планеты за пределами солнечной системы явилось обнаружение невидимого спутника чрезвычайно малой массы у знаменитой «летающей» звезды Барнарда в созвездии Змееносца. Звезда Барнарда обладает самым большим собственным движением на небе, равным $10,3''$ в год. За 180 лет она «пролетает» дугу, равную угловому поперечнику Луны. Это вторая по близости к Земле звезда после тройной системы α Центавра, находящаяся на расстоянии 1,8 парсека. Свет проходит

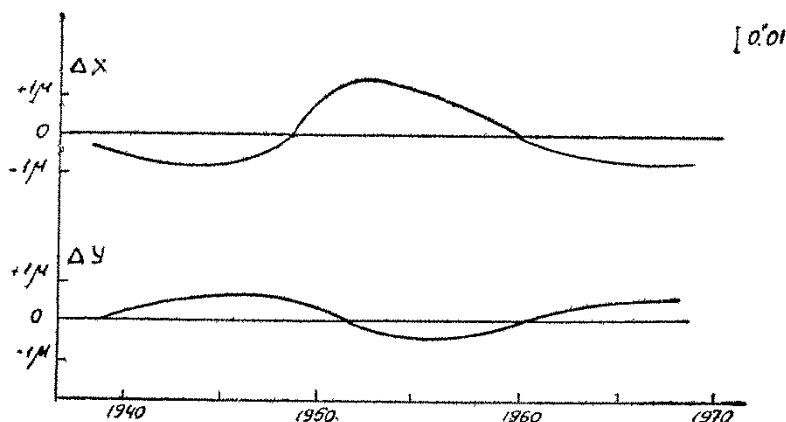


Рис. 10. Кривые изменения положения на небе летающей звезды Барнарда по двум координатам вследствие притяжения невидимого спутника с периодом 24 года.

это расстояние за шесть лет. Спектральный тип ее $M-5$, относящийся к красным карликам, с наиболее вероятной массой 0,15 массы Солнца. Под воздействием невидимого спутника звезда Барнарда описывает эллипс с большой полуосью, который измеряется в угловой мере величиной $0,025''$ с ошибкой $\pm 0,002''$. Эксцентриситет орбиты 0,6.

Принимая все эти данные наблюдений, Ван де Камп в обсерватории Спроул получил массу невидимого спутника звезды Барнарда, равной 0,0015 массы Солнца, что только в полтора раза больше массы Юпитера! Такой спутник вполне может считаться планетой. Период его

обращения — 24 года (рис. 10) Приблизительные расчеты дают для него 30-ю видимую звездную величину (он отражает свет своей звезды), что находится за пределами возможностей увидеть планету с помощью существующих в настоящее время инструментов.

Как мы уже указывали, орбита невидимого спутника подобна орбите видимой звезды, но ее размеры больше в отношении масс этих двух тел, обращающихся вокруг общего центра тяжести. Поэтому большая полуось эллипса планеты равна $2,4$ или в линейной мере $4,4$ а.е. Эксцентриситет орбиты тот же — $0,6$ (рис. 11).

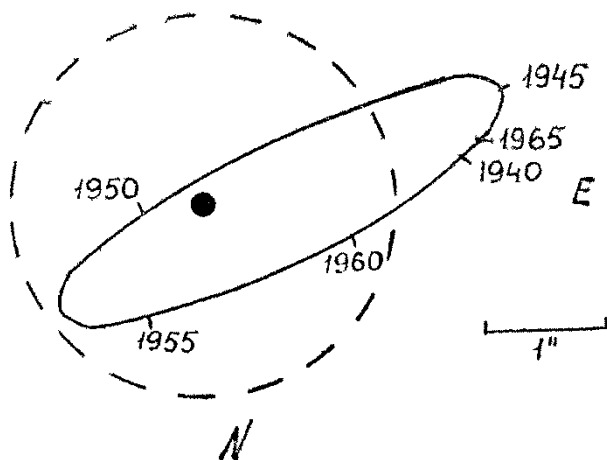


Рис. 11. Эллиптическая орбита невидимого спутника относительно летящей звезды Барнарда. Пунктирная окружность показывает размеры фотографического изображения звезды на пластинке.

Понадобился огромный наблюдательный материал, чтобы получить эти результаты. В обсерватории Спроул за 25 лет наблюдений было снято на длиннофокусном рефракторе 2413 пластинок в течение 609 ночей. Измерения и обработка такого количества снимков были автоматизированы, учитывались всевозможные систематические погрешности как самого инструмента, так и внешних влияний, в первую очередь атмосферных помех и температуры. Однако период, в течение которого производились наблюдения, почти равен найденному периоду обращения спутника, что недостаточно для вполне уверен-

ного вывода орбиты. Поэтому весьма желательно продолжение наблюдений звезды Барнарда, чтобы убедиться, будет ли второй «виток» планеты повторять первый. (Работа Ван де Кампа опубликована в 1963 году).

Подводя итоги замечательных достижений в области исследования планетоподобных спутников звезд, можно констатировать факт существования спутников малой массы у ближайших соседей Земли. Имеются все основания утверждать, что у многих других звезд также будут обнаружены невидимые спутники. Однако следует отметить, что до сих пор спутники были найдены у звезд не солнечного типа, а более позднего спектрального класса, красных карликов типов *K* и *M*. Кроме того, эксцентриситеты орбит всех планетоподобных спутников велики и не соответствуют почти круговым орбитам планет солнечной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появлению человека на Земле предшествовала длинная эволюционная цепь живых организмов. Прошли миллионы лет борьбы за существование, пока, наконец, люди начали познавать окружающий их мир и использовать его законы. Наука и техника развивались ускоренными темпами, и в настоящее время эти темпы бурно нарастают. На наших глазах были запущены в мировое пространство космические корабли и ракеты. Автоматические станции долетают до Луны за два дня. На Марс и Венеру ракеты летят несколько месяцев. Сколько надо времени, чтобы достигнуть ближайшей звезды? Если исходить из скорости 16 км в секунду (скорость вылета из пределов солнечной системы), то для достижения α Центавра понадобится 80 тысяч лет!

Согласно теории относительности время в движущемся теле течет медленнее, чем при покое. Нужна, однако, колоссальная скорость, чтобы разница была заметной. Даже если корабль-звездолет будет лететь со скоростью 100 000 км/сек, то есть одной трети скорости света, то выигрыш во времени для ближайшей звезды будет всего около года. Но, с другой стороны, при такой скорости пассажиры космического корабля «призвездятся» через 13 лет. Расчеты будут зависеть от заданных ускорений.

Каким способом набрать такую скорость? Какой источник энергии может ее дать? Как будет выдерживать

человек длительное нарастание скорости? Все это — вопросы, которые будут разрешать и претворять в жизнь будущие поколения. Может быть, люди изобретут способ передвигаться во времени, как они научились перемещаться в пространстве, но при этом не за счет увеличения скорости движения? Суметь сдвинуть по своему желанию время — это ли не захватывающая дух перспектива?!

На других мирах, возможно, цивилизация кое-где обогнала нашу Землю. Не ждать ли нам пришельцев с других планет? Их визит, однако, не обязательно должен быть приятным. Вспомним фантастический роман Г. Уэллса «Борьба миров», в котором марсиане, используя свое страшное оружие, чуть не уничтожили всё живое на Земле, но сами погибли от заражения микробами, к которым они не были приспособлены на Марсе.

В настоящее время проще и эффективнее завязать сношения с другими цивилизациями путем приема и передачи радиосигналов. Было предложено много проектов такого рода. Предлагалось передавать ритмические сигналы в виде ряда простых чисел на волнах от трех до 30 сантиметров, в частности на волне 21 см, которую испускает нейтральный водород в нашей Галактике. Технически уже возможно давать такие сигналы на расстояние в 1 парсек и даже более.

С помощью больших радиотелескопов, направленных на некоторые близкие звезды, пытались уловить какие-либо ритмические сигналы. Непрерывный прием продолжался несколько месяцев, но результат был отрицательный. Неизвестно, на какой волне слушать и как найти подходящую звезду. Нужны, быть может, сотни лет таких прослушиваний. Не будет ли это напоминать поиски иглы в стоге сена? Что касается разговоров между планетами в виде вопросов и ответов, то ведь они будут разделены промежутками в десятки и сотни лет.

И всё же следует продолжать эти опыты. Мы не одиноки во Вселенной. Придет время, когда мы услышим позывные других разумных существ и сами сможем им ответить.

Цена 5 коп.