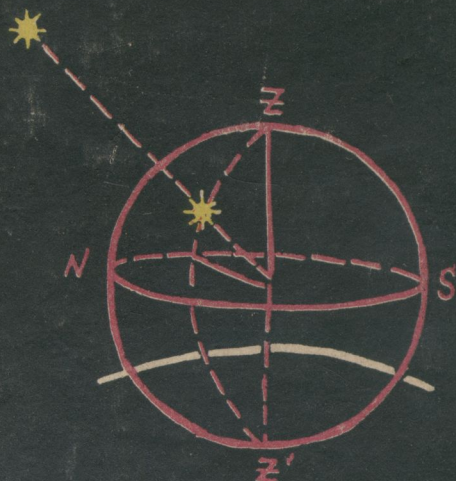
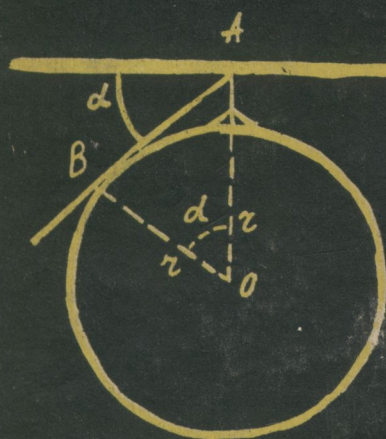


Ф. Зигель — ЮНЫЙ АСТРОНОМ

Ф. Зигель
ЮНЫЙ
АСТРОНОМ



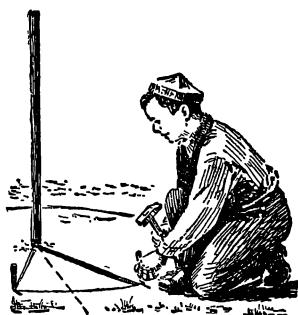
Детиз . 1956

Ш к о л ь н а я б и б л и о т е к а

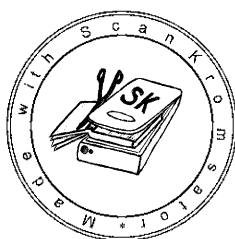
Ф. Ю. Зигель

Ю Н Ы Й АСТРОНОМ

Рисунки Б. Малышева



*Государственное Издательство Детской Литературы
Министерства Просвещения РСФСР
Москва 1956*



Scan AAW

Удивительная профессия

Много есть разных профессий — инженеры и врачи, педагоги и агрономы, железнодорожники и летчики. . . Да разве все перечислишь! Но вот одна из профессий, пожалуй, самая удивительная — профессия астронома. Спросите вашего знакомого, чем занимаются, скажем, шоферы или архитекторы, водолазы или пчеловоды, — и вы получите ясный, хотя, может быть, и не исчерпывающий ответ. Конечно, не все тонкости любой профессии известны каждому, для этого нужно быть специалистом в данной области, но, с другой стороны, никто не скажет, что архитекторы, например, разводят пчел, а шоферы занимаются исследованием морского дна.

Большинство профессий совершенно ясны, о многих из них нам рассказывали еще в раннем детстве, но вот чем занимается астрономия и что это за удивительная профессия — астроном, — об этом, к сожалению, лишь у немногих есть четкое и ясное представление.

Нередко еще встречается мнение, что астрономы — это какие-то оторванные от практической жизни «звездочеты». Ночь они проводят в наблюдениях звезд и планет, а днем отсыпаются, чтобы набраться сил для новых наблюдений. А что они наблюдают и кому нужны эти наблюдения, да и вообще приносит ли какую-нибудь практическую пользу астрономия, для многих остается неясным.

Если людям не о чем говорить, они обычно говорят о погоде. Что скрывать, еще бывают случаи, когда предсказания погоды, объявленные по радио и в газетах, не оправдываются. Вместо «небольших осадков» льет проливной дождь, а ожидаемый пасмурный день в действительности оказывается солнечным. Слишком обвинять здесь ученых не следует — явления

погоды очень сложны. Они зависят от великого множества разнообразных причин, из которых пока не все еще удастся учесть и исследовать. И уж совсем обидно бывает астроному, когда упреки за плохое предсказание погоды раздаются по его адресу. Здесь он совсем ни при чем — не все, что видно на небе, подлежит ведению астронома, и предсказаниями погоды пока занимаются только метеорологи.

Облака и туманы, дожди и снегопады, ветры и грозы — все это происходит в той воздушной оболочке, которая окутывает земной шар и называется а т м о с ф е р о й. Она сравнительно тонка — уже на высоте в несколько сотен километров над Землей воздух практически отсутствует. А что касается тех явлений, которые мы называем погодой (выпадение дождя и снега, грозы, туманы и прочее), то они разыгрываются главным образом в самых нижних слоях атмосферы — в тропосфере. Выше же границы тропосферы (13—15 километров) «погоды», строго говоря, нет, хотя там, в стратосфере, дуют ветры и образуются облака. Но ни гроз, ни дождей, ни снегопада, в обычном значении этих слов, в стратосфере уже не встретишь. А еще дальше, на высоте в несколько сотен километров, где атмосфера постепенно сходит на нет, начинается безвоздушное мировое пространство.

Все, что находится за пределами Земли и ее атмосферы — весь необъятный мир небесных тел, вся бесконечная вселенная, — это и есть то, что изучают астрономы.

Удивительная профессия!

С маленького шарика, каким представляется Земля в сравнении со многими небесными телами, астрономы исследуют Солнце, в миллион с лишним раз превышающее по объему Землю, невообразимо далекие звезды, являющиеся такими же раскаленными исполинскими газовыми шарами, как и наше Солнце. За какие-нибудь три с половиной века, протекшие с момента изобретения первого телескопа, человек сумел увидеть такие далекие небесные тела, до которых луч света, пролетающий за секунду 300 тысяч километров, может дойти лишь через миллиард лет!

Не покидая Земли, человек узнал, из чего состоят звезды, есть ли растительность на планете Марс, сколько лет существует Солнце. А разве не удивительно, что, не выходя за пределы земных лабораторий, астрономы сумели превратить в «небесные лаборатории» почти бесконечно удаленные звезды? Наблюдая такие состояния вещества в звездах, которые в земной повседневной жизни кажутся невероятными, астрономы используют полученные знания для решения чисто «земной» задачи — извлечения из недр вещества практически неисчерпаемой атомной энергии!

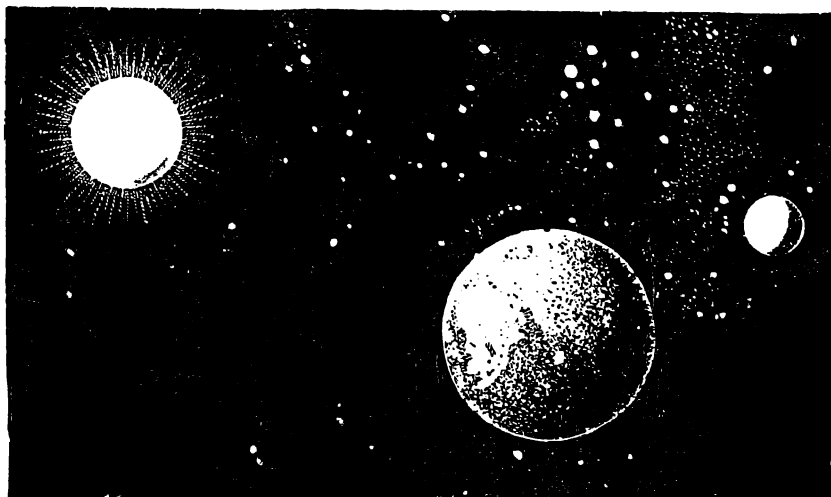


Рис. 1. Земля в мировом пространстве.

Разве все это не увлекательно и вместе с тем не полезно? Да, именно полезно для нашей повседневной земной жизни.

Нет, астрономы — вовсе не чудаковатые «звездочеты». Профессия астронома, быть может, не менее практична, чем любая другая. Кто измеряет время и передает его всем живущим на Земле? Астрономы. Кто помогает картографам создавать карты, без которых немислимо ни одно большое строительство? Астрономы. Кто вычисляет таблицы, по которым летчики и моряки находят правильный путь? Опять астрономы!

А изучение верхних слоев атмосферы с помощью «падающих звезд», а установление связи между явлениями на поверхности Солнца и погодой, между солнечными пятнами и слышимостью радиопередачи, а многое, многое другое, о чем сразу и не стоит говорить, чтобы не быть непонятым, — все это требует помощи астрономов. Трудно представить себе жизнь современного человека без знания точного времени, без карт, без авиации и мореплавания. . .

Нет, астрономия, изучающая далекие небесные тела, близка к Земле, а профессия астронома — это не только интересная, но и общественно-полезная профессия.

Наверно, многие из юных читателей этой книги решили стать астрономами. Что ж, это хорошо. Нашей стране нужны астрономы, как любители, так и специалисты. Но как сделаться астрономом? Наверно, некоторым из будущих исследователей неба настоящий астроном представляется благо-

образным, почтенным старцем, если не в усеянном звездами колпаке, то, во всяком случае, в черной шапочке академика.

Верно ли это? Нет, не совсем. Конечно, среди астрономов встречаются и почтенные седовласые академики, но есть и ученые самого различного возраста — и молодые, и средних лет, и пожилые. А внешность у них — самая обычная, как у всех других людей. Свободное же время астрономы проводят каждый на свой вкус: кто занимается спортом, кто увлекается музыкой, а один хорошо известный автору крупный советский «звездочет» стал квалифицированным кинолюбителем. Однако всех астрономов, несмотря на различие возраста и темперамента, роста и цвета волос, вкусов и наклонностей, объединяет одно — горячая любовь к своей науке, стремление сделать ее достижения полезными для человечества.

Один из крупнейших русских астрономов, знаменитый исследователь «хвостатых звезд» — комет, Федор Александрович Бредихин, любил говорить, что «тот не астроном, кто не умеет наблюдать». Запомните это, если хотите стать астрономом. Мало кончить школу, университет и получить специальное астрономическое образование, недостаточно и одного чтения книг по астрономии. Надо еще уметь наблюдать небесные явления, а это умение лучше всего приобрести в юности, чтобы затем в течение многих лет его всячески совершенствовать. Только так и получаются настоящие, большие ученые — астрономы.

Эта книга написана для тех, кто собственными глазами хочет увидеть удивительный мир небесных тел. Ее нужно не просто внимательно читать. В ней юный астроном узнает, как сделать различные самодельные приборы, которые помогут ему лучше познакомиться с окружающей нас вселенной.

Наблюдать имеет смысл лишь тогда, когда понимаешь, что видишь. Поэтому, попутно с описанием самодельных приборов, юному читателю будет рассказано о том, что представляет собой то или иное небесное тело и как удобнее всего его наблюдать.

Ясно, что в этой книге рассказано далеко не все, что известно о небесных телах. Если юный читатель имеет серьезное намерение стать астрономом, он должен читать много других книг по астрономии, да и не только по астрономии — все предметы, которым обучают в школе, в той или иной степени нужны будущему астроному.

Глубокое, а не поверхностное отношение к науке, решимость отдать ей все свои силы и тем помочь человечеству — вот те высокие стремления, которые должны быть свойственны юному астроному.

Ну, а теперь за дело! Впереди нам предстоит одна из самых увлекательных прогулок — прогулка по вселенной.

Как мы видим

Мы воспринимаем окружающий нас мир с помощью различных органов чувств. Глаза помогли вам увидеть на этой странице буквы. Поднеся книжку к носу, вы ощутите характерный запах бумаги и типографской краски. Начните перелистывать книгу — и ваше ухо уловит шелест бумаги, а после чтения и других дел вы сегодня будете испытывать приятные вкусовые ощущения от хорошей пищи. Короче, органы чувств — вот те «инструменты» нашего организма, которые позволяют нам познавать вселенную во всем ее бесконечном многообразии.

Для астронома из всех органов чувств главнейшими являются глаза. Если не считать метеоритов — небесных камней, которые падают на Землю и затем подвергаются исследованию в земных лабораториях, — все небесные тела доступны пока лишь только нашему органу зрения. Правда, мы постоянно ощущаем солнечное тепло — источник нашей жизни, но само это ощущение не может быть непосредственно использовано для изучения Солнца как небесного тела. Лучи света — вот главная нить, связывающая нас с небесными телами. Даже в тех случаях, когда астроном изучает невидимые лучи, приходящие из глубин вселенной, он, в конечном счете, с помощью различных приборов видит действие этих лучей.

Наблюдает ли астроном в телескоп, рассматривает ли он фотоснимки небесных тел — в конце концов световые лучи должны попасть в его глаз и вызвать ощущение света.

Итак, глаз — главный инструмент астронома. Как же устроен этот замечательный инструмент, созданный природой, каким образом мы видим?

На рисунке 2 показано строение человеческого глаза. Внешняя оболочка глаза — это хрящевидная склеротика. Передняя часть склеротики, обозна-

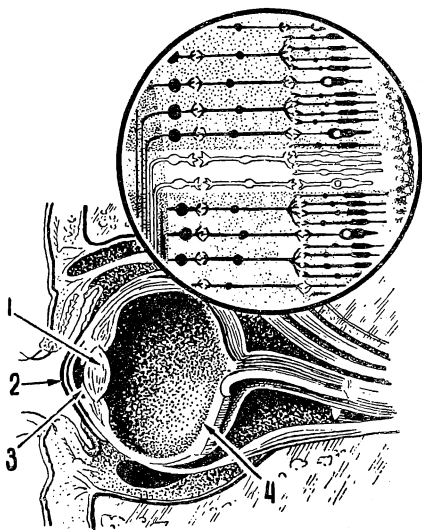


Рис. 2. Строение человеческого глаза. В круге показан вид сетчатки при большом увеличении.

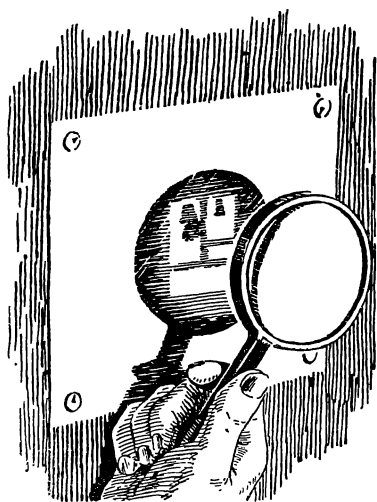


Рис. 3. Лупа и даваемое ею изображение.

ченная цифрой 2, выпукла и прозрачна. Она называется роговицей. Кровеносные сосуды, питающие глаз, разветвляются в зачерненной на рисунке внутренней его оболочке, называемой сосудистой оболочкой. Передняя часть сосудистой оболочки у разных людей имеет различный цвет и носит название радужной оболочки (3).

Возьмите зеркало и посмотрите в него на свои глаза. Блестящая поверхность глаза — это роговица. Цветной кружок — это радужная оболочка, в центре которой видно черное отверстие — зрачок. Размеры отверстия зрачка непостоянны. Когда глаз сильно освещен, зрачок с помощью особых мышц сужается, а в

темноте он расширен. Значит, зрачок регулирует количество света, поступающего в глаз, предохраняя последний от слишком яркого и потому вредного освещения.

Проверьте действие зрачка. Посмотрите в зеркало на зрачок вблизи окна, а потом в более темной части комнаты. Вы легко заметите, как изменились размеры зрачка.

Пространство между роговицей и радужной оболочкой заполнено прозрачным органическим веществом. Главная же часть глаза — это хрусталик (1).

Хрусталик очень похож на всем известное увеличительное стекло — лупу. Собственно говоря, хрусталик и есть лупа, но не из стекла, а из органического вещества, по прозрачности не уступающего стеклу.

Хрусталик гораздо лучше, совершеннее стеклянной лупы. Достаньте лупу — она нам еще не раз пригодится — и проделайте такой опыт. Между белым листом бумаги и окном вашей комнаты поместите лупу. Приближая лупу к бумаге или удаляя от нее, получите на бумаге резкое, отчетливое изображение окна. Оно оказалось сильно уменьшенным и перевернутым. В этом проявилось одно из свойств увеличительных стекол: они на бумаге (экране) дают всегда опрокинутые, перевернутые изображения предмета.

Расстояние от центра лупы до резкого изображения предмета на бумаге называется фокусным расстоянием лупы. Чем

далее вы отойдете от окна, тем меньше будет указанное фокусное расстояние. Если же с помощью лупы получить на бумаге изображение не окна, а какого-нибудь очень далекого предмета, то фокусное расстояние в этом случае будет наименьшим из возможных. Оно называется главным фокусным расстоянием лупы.

Теперь вернемся к хрусталику нашего глаза (рис. 2). Как и стеклянная лупа, хрусталик создает перевернутое, сильно уменьшенное изображение предметов, на которые смотрит человек. Сами же эти изображения получаются не на бумаге, а на задней, внутренней поверхности глаза, которая называется сетчаткой, или ретиной (4). Прозрачное органическое вещество, заполняющее внутренность глаза и называемое стекловидным телом, несколько не мешает лучам света от хрусталика добираться до сетчатки.

В ретине разветвляется зрительный нерв. Он входит в глаз через отверстие, называемое слепым пятном. Это место глаза совершенно нечувствительно к свету, в чем нетрудно убедиться. Поместите рисунок 4 на расстоянии 20 сантиметров от вашего глаза и смотрите на крестик слева. А теперь медленно приближайте рисунок к глазу. Обязательно наступит момент, когда большое черное пятно на скрещении двух окружностей исчезнет, хотя сами окружности останутся видимыми.

Причина этого странного исчезновения вполне ясна. В некоторый момент лучи от черного пятна, пройдя через хрусталик глаза, попадают на слепое пятно, а оно света не воспринимает. Вот почему исчез черный кружок.

Только в XVII веке известный французский физик Мариотт впервые обнаружил, что в человеческом глазе есть слепое пятно и, следовательно, не всё, что находится в поле зрения человека, человек видит.

Почему же тогда мы обычно не замечаем действия этого слепого пятна, то-есть не видим черных дыр в поле нашего зрения? Причины две: во-первых, долговременная привычка заполнять с помощью воображения этот пробел в нашем зрении недостающими частями предметов; во-вторых, положение слепого пятна в правом и левом глазу различно.

Кто носит очки, тот знает, что трещина или царапина на стеклах бывает заметна лишь в

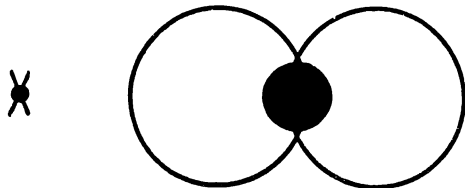


Рис. 4. Рисунок для обнаружения слепого пятна.

первые дни, а потом привыкаешь и перестаешь ее замечать. Также исправляет привычка и небольшой недостаток нашего глаза — слепое пятно.

Остальная часть сетчатки покрыта нервными клетками, чувствительными к свету. При освещении их нервное раздражение доходит до головного мозга, и мы ощущаем свет (рис. 2).

Предмет, на который направлен наш взгляд, будет казаться четким, нерасплывчатым только в том случае, если его изображение на сетчатке достаточно резко. Если бы вместо хрусталика в глазу находилась обычная лупа, она давала бы резкие изображения только некоторых предметов, удаленных на определенное расстояние. Вспомните проделанный опыт с лупой. Для различно удаленных предметов и фокусное расстояние получается различным. Следовательно, с такими стеклянными глазами почти весь мир, все предметы мы видели бы размазанными, «неотфокусированными».

Иначе действует хрусталик. Он укреплен на мышцах, которые могут его растягивать или сжимать. Ясно, что при этом меняется не только искривленность поверхности хрусталика, но и его фокусное расстояние. Если предмет далек, мышцы растягивают хрусталик, его фокусное расстояние увеличивается, но ровно настолько, чтобы резкое изображение предмета оказалось в точности на сетчатке. Наоборот, при разглядывании близких предметов хрусталик сжимается, но опять лишь настолько, чтобы изображение на сетчатке снова стало резким.

Замечательно, что вся эта работа глазных мышц происходит без всяких усилий с нашей стороны, совершенно бессознательно, но в то же время на редкость четко и безошибочно. Способность глаза изменять хрусталик так, чтобы он всегда давал резкие, отчетливые изображения на сетчатке, называется аккомодацией. В этом отношении хрусталик гораздо совершеннее обычной стеклянной лупы.

Если глаз вполне нормален, то все далекие, доступные для наблюдения предметы будут видны вполне отчетливо. Если же человек близорук, хрусталик его глаза обладает большей кривизной в сравнении с нормальным глазом, а потому далекие предметы будут видны нерезкими, размытыми.

Этот недостаток зрения вполне исправим. Надо перед глазом поместить очки из двух вогнутых, или, как их иначе называют, рассеивающих линз (рис. 5). Теперь хрусталик вместе с вогнутой линзой будет иметь меньшую кривизну, а значит, его фокусное расстояние возрастет и, если очки подобраны правильно, изображение далеких предметов на сетчатке станет резким.

Бывает и иначе, когда хрусталик глаза оказывается растянутым больше нормы. В этом случае далекие предметы видны

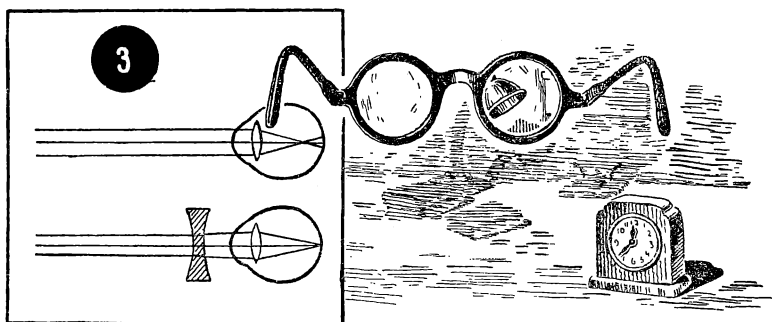
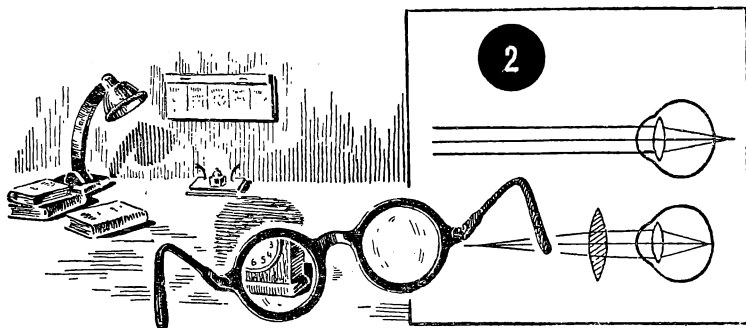
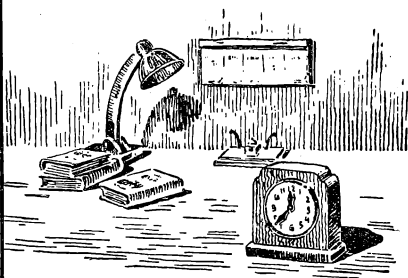
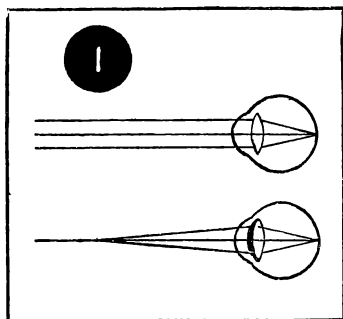


Рис. 5. Как действуют очки. Вверху — нормальное зрение (1), в середине — дальность зрения (2), внизу — близорукость (3).

хорошо, а близкие кажутся расплывчатыми. Такая дальность зрения, обычно свойственная пожилым людям, также легко поправима. Надо надеть очки, но не из вогнутых, а из выпуклых, собирающих линз. Они уменьшают фокусное расстояние хрусталика и вернут человеку нормальное зрение.

Близорукость и дальность зрения — вовсе не препятствие для астрономических наблюдений. Если вы носите очки, не

снимайте их и при наблюдении неба — это «вооружение» для вашего невооруженного глаза в данном случае также необходимо.

Глаз — удивительный оптический инструмент. Он, при некоторых условиях, способен уловить ничтожные количества света, превышая своей чувствительностью многие оптические приборы. Мы видим предметы без каких-либо существенных искажений, которые дает любая стеклянная линза. Глаз, наконец, способен не только воспринимать цвет, окраску предметов, но и очень тонко подмечать небольшие цветовые оттенки.

Известно, что глаз воспринимает далеко не все лучи, существующие в природе. Приблизив руку к нагретому утюгу, мы ощущаем тепло — это невидимые тепловые, или, как их называют, инфракрасные лучи подействовали на наш организм. Включив радиоприемник, мы слышим передачу, донесенную из радиостанции в приемник невидимыми радиоволнами. Летний солнечный загар, придающий коже смуглый оттенок,

вызывается невидимыми ультрафиолетовыми лучами. Таким образом, весь мир, вся вселенная пронизана разнообразнейшими лучами, из которых лишь очень немногие воспринимает человеческий глаз.

Впрочем, эта особенность глаза — скорее преимущество, чем недостаток. Если бы хрусталик глаза пропускал ультрафиолетовые лучи, они сожгли бы сетчатку, как сжигает Солнце нашу кожу при слишком сильном загаре. С другой стороны, человеческое тело, обладающее температурой около 37° , как и всякий нагретый предмет, испускает тепловые инфракрасные лучи. Если бы глаз стал чувствительным к этим лучам, то он быстро бы ослеп от собственного света, от тех инфракрасных лучей, которые испускает

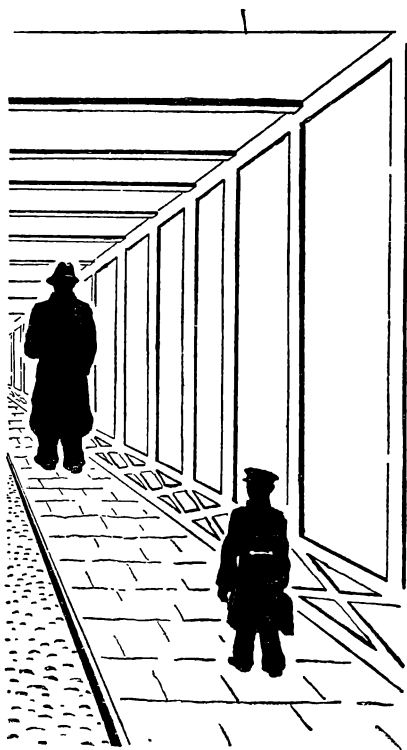


Рис. 6. Кто больше — взрослый человек или школьник?

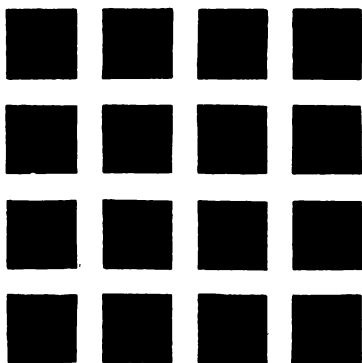


Рис. 7. На пересечении белых полос видны серые квадратики.

них — она одинакова! Вот вам пример обмана зрения.

Бывает и так, что глаз видит то, чего на самом деле не существует. На рисунке 7 в местах пересечения белых полос появляются и исчезают, как бы вспыхивая, маленькие серенькие квадратики. Появление этих несуществующих квадратиков объясняется явлением контраста между черным и белым.

А вот еще одна иллюзия. Белые фигуры кажутся больше равных им черных. Этот обман зрения называется *иррадиацией*, и с ним нередко сталкиваешься при астрономических наблюдениях. Когда, например, Луна видна, как узенький серпик, можно легко заметить и остальную, слабо освещенную часть Луны. Это явление называется «пепельным» светом. Когда вам придется его наблюдать, обратите внимание на то, что яркий серпик Луны как будто больше остальной ее части (рис. 8). Это — иррадиация.

Астроному надо очень хорошо знать не только достоинства, но и, в особенности, недостатки своих глаз. Не зная, в чем глаза ошибаются, нельзя отличить действительное

внутренность глаза. Человек видел бы тогда лишь внутренность своего глаза, а это равносильно слепоте. Так что способность видеть все быстро привела бы к потере всякого зрения. Можно только радоваться, что природа ограничила глаз в восприятии цвета.

Конечно, человеческий глаз не свободен от недостатков. Иногда он видит не то, что есть в действительности. Посмотрите на рисунок 6. Взрослый человек явно больше мальчика. А теперь возьмите линейку и измерьте высоту каждого из

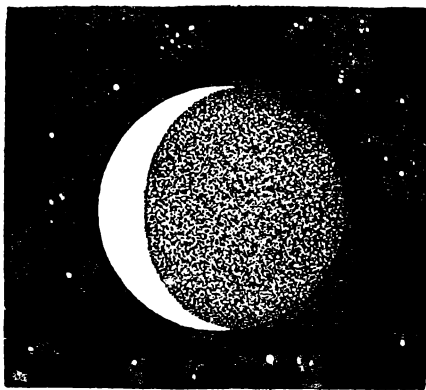


Рис. 8. Серп Луны кажется больше остальной ее части.

от кажущегося. Изучение ошибок глаза, учет этих ошибок обязательны для каждого исследователя вселенной.

Есть еще одна ошибка глаза, о которой должно быть известно каждому астроному. При слабом освещении и в сумерках голубой цвет кажется ярче красного или оранжевого, хотя бы днем они были одинаково светлыми. Это легко проверить. Василек и мак днем почти одинаково ярки, но в сумерках мак становится почти черным, а василек — светлосерым.

Астрономам приходится чаще иметь дело с противоположным обманом чувств. Если источник света кажется точкой, как, например, звезды, то из двух ярких звезд с одинаковым блеском красная будет казаться ярче голубой, а из двух слабосветящихся звезд, наоборот, голубая кажется ярче красной. Почему глаз обманывает нас, с какими сложными процессами в глазу и нервной системе это связано, еще полностью не выяснено, но знать об этих свойствах глаза непременно нужно.

Если из сильно освещенной комнаты выйти на улицу и посмотреть на звездное небо, сначала увидишь лишь самые яркие звезды. Потом глаз начинает постепенно привыкать к темноте, и через несколько минут становятся хорошо видны даже слабосветящиеся звезды. Это свойство глаза называется адаптацией. Объясняется оно тем, что под действием яркого света светочувствительное вещество нервных клеток глаза разлагается и теряет способность реагировать на свет. Наоборот, в темноте это вещество снова восстанавливается, и глаз приобретает прежнюю чувствительность.

Астрономы нередко пользуются адаптацией глаза. Рассказывают, что известный исследователь Марса итальянский астроном Скиапарелли перед наблюдениями планеты целый час сидел с открытыми глазами в совершенно темной комнате, и только после этой подготовки его глаза приобретали такую чувствительность, которая позволяла современникам Скиапарелли сравнивать его зрение со зрением орла.

Не всегда, конечно, нужно поступать, как Скиапарелли. Но дать глазам хотя бы немного отдохнуть перед астрономическими наблюдениями очень полезно. Чем чувствительнее глаз, тем больше увидишь на небе.

Посмотрите снова на рисунок 2. Там изображен зрительный нерв, который на поверхности сетчатки разветвляется на множество нервных волокон, причудливо переплетающихся друг с другом. Они-то и образуют сетчатку, действительно похожую на очень мелкую сетку.

Сетчатка состоит из так называемых колбочек и палочек. Это — чувствительные к свету части нервных волокон, названные так за некоторое, очень, впрочем, отдаленное, сходство с палочками и колбочками.

Колбочки меньше, чем палочки, чувствительны к свету. Зато именно благодаря колбочкам мы различаем цвета, окраску предмета. Если удалить колбочки из глаза — весь мир станет серо-черным, как на обычной (не цветной) фотографии. Такими «бесцветными» глазами обладают совы, летучие мыши и рыбы.

Что касается палочек, то, хотя они и не воспринимают цветов, чувствительность их к свету гораздо больше, чем у колбочек. Любопытно, что в сумерках, когда слабый свет почти не действует на колбочки, все окружающие предметы кажутся каким-то блеклыми, бесцветными. Ну, а в темноте, как правильно говорят, все кошки (да и не только кошки) серы, то-есть бесцветны.

Колбочки и палочки распределены по сетчатке далеко не равномерно. У входа зрительного нерва, там, где находится уже знакомое нам слепое пятно, нет ни колбочек, ни палочек. В средней части сетчатки преобладают колбочки, на краях ее больше палочек. Поэтому самое чувствительное к свету место сетчатки — ее края. Опытные астрономы хорошо знают эту особенность глаза и иногда ею пользуются. Надо, скажем, увидеть какую-нибудь очень слабую звезду. Тогда астроном смотрит не на самую звезду, а немного вбок. Ясно, что при этом изображение звезды попадет не в центр сетчатки, а на ее особенно чувствительный край, и звезду можно увидеть. Боковое зрение пригодится вам при наблюдениях.

Возьмите теперь снова лупу и на бумаге получите изображение окна, а также видимых в окно далеких предметов. Заметьте, что чем дальше предмет, тем меньше его изображение на бумаге.

Таким же образом действует и хрусталик. Далекие предметы он изображает на сетчатке маленькими, а близкие — большими. Угол, под которым из центра хрусталика виден предмет, называется углом зрения (рис. 9). Например, букву «О» вы сейчас видите под углом около 30 минут (полградуса). Кстати, под таким же углом на небе видны Солнце и Луна. Правда, кажется, что они гораздо больше? Вот вам еще один пример обмана чувств. Можно подумать, что как бы ни был далек предмет, мы всегда должны видеть его хотя и маленьким, но отчетливым. На самом деле это не так. Представьте себе, что вы стоите на месте, а ваш товарищ уходит от вас по длинному, плоскому и прямолинейному шоссе. Вот он становится все меньше и меньше и наконец превращается в точку, различить в которой голову, туловище, ноги и руки уже невозможно. Почему же так произошло, в чем причина?

Оказывается, если угол зрения так мал, что лучи от двух краев предмета попадают на одну и ту же колбочку или

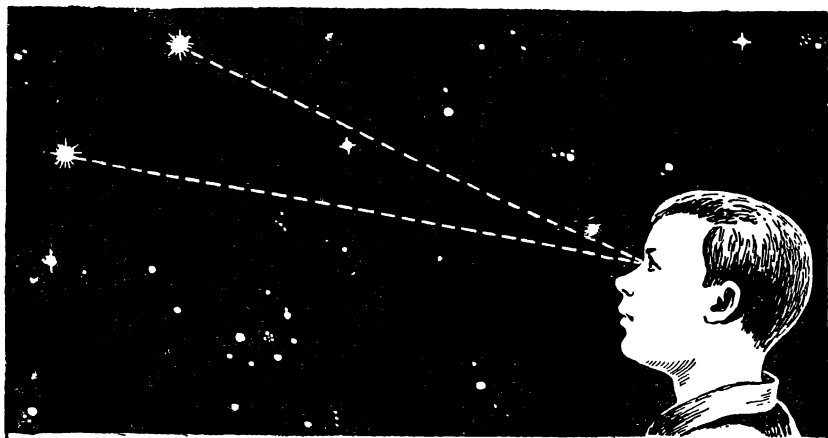


Рис. 9 Угол между направлениями на звезды есть угол зрения.

палочку, то в этом случае человек не воспринимает отдельных частей предмета и предмет кажется ему точкой.

Поперечник палочек и колбочек около 0,004 миллиметра, а фокусное расстояние хрусталика в среднем близко к 23 миллиметрам. По этим данным можно легко вычислить, что предельный угол зрения, при котором глаз еще различает отдельные части предмета, близок к 1 минуте дуги. Под таким углом видна типографская точка в этой книге с расстояния трех с половиной метров. Звезды так далеки от Земли, что их поперечники мы видим под углом меньше 1 минуты. Вот почему звезды имеют вид сверкающих точек.

1 минута дуги — это предел возможностей невооруженного глаза. Глаз на небе воспримет как точку все то, что видно под меньшим углом. Можно, правда, помочь беде — присоединить глаз к телескопу, который сильно увеличит угол зрения. В этом одно из главнейших свойств и преимуществ телескопа.

Телескоп был изобретен лишь три с половиной века назад, тогда, когда астрономическая наука уже насчитывала тысячи лет своего существования. Значит, можно заниматься астрономией, не имея телескопа или даже бинокля. И для невооруженного глаза человека доступны многие интересные небесные явления. Увидеть их может всякий, но важно не просто увидеть, а и понять, что видишь. В этом отношении мы счастливее древних астрономов. Нередко то, что они видели на небе, казалось им таинственным и непонятным. Теперь же все, что видит человек на небе невооруженным глазом, объяснено и понято. Займемся же наблюдениями.

Что такое небо

Иногда, употребляя те или иные слова, мы плохо понимаем, что они собой означают. Вот, например, слово «небо». Оно известно каждому еще с детских лет. По небу медленно движутся Солнце, Луна и звезды, в небе сверкают молнии и слышится гром, с неба льет дождь и падают пушистые хлопья снега. Нередко ясное и безоблачное летом, небо осенью зачастую покрывается бегущими серо-сизыми тучами. О небе говорят, как о предмете, всем давно и хорошо известном.

Но все-таки что такое небо?

Как ни странно, правильный ответ на этот, казалось бы, простой вопрос люди нашли всего лишь три-четыре века назад. А до великого открытия Коперника, впервые назвавшего Землю планетой, небо считалось чем-то вроде стеклянного голубого колпака, опирающегося своими краями на Землю. Впрочем, в таком наивном, неправильном представлении о небе отчасти виноват человеческий глаз.

В древности и в средние века люди очень часто видимое принимали за истинное. Наблюдая, например, восход и заход небесных светил, их движение по небу, подавляющее большинство древних и средневековых ученых были убеждены, что и на самом деле Земля неподвижна, а Солнце, Луна и звезды обращаются вокруг нее. Тысячелетиями этот обман чувств считался одним из очевидных положений астрономической науки. Но наши глаза обманывают нас не только в этом.

Выйдите в открытое поле и оглянитесь кругом: луга, поля, где-то вдалеке зеленая полоска леса, а надо всем тем, что мы называем Землею, опрокинут небосвод. Да, именно огромной, слегка сплюснутой над головой чашей, края которой опираются на Землю, кажется нам небо. Отделаться от этого обманчивого ощущения невозможно, и нет ничего удивительного в том, что древний человек, только мечтавший о полете в небо, а сам еле-еле перемещавшийся по Земле, создал сказочные легенды о хрустальных небесах.

Религиозная фантазия древнего человека населяла небеса всевозможными небожителями — богами и богинями, ангелами и демонами, — короче говоря, многочисленными представителями потустороннего мира. Христианская церковь всегда учила, что праведники, окончив «суетную» земную жизнь, попадут в «царствие небесное», а местоположением рая почти во всех религиях считалось небо.

В старину многие люди серьезно верили, что существует «край Земли», а церковники рассказывали небылицы об одном предприимчивом монахе, якобы побывавшем на «краю света». Поскольку небо считалось стеклянным колпаком, было ясно,

что этот колпак должен на чем-то держаться. В открытом поле кажется, что небо где-то там, за самыми далекими лесами и холмами, сходится с Землей, опираясь на нее. Стоит, однако, попытаться приблизиться к этому «краю Земли», как сразу убеждаешься, что он где-то очень далеко и вряд ли до него скоро доберешься. Тем не менее, серьезные попытки проникнуть на «край света» предпринимались еще в глубокой древности. Полный крах этих бессмысленных путешествий, и, с другой стороны, многие факты, в том числе на деле осуществленные кругосветные путешествия, доказали, что Земля — шар, что никаких краев или подпорок у нее нет и что, наконец, небо видно повсюду, куда бы ни проник человек.

О том, что Земля — шар, догадывались уже некоторые древние ученые, как, например, Аристотель (384—322 годы до нашей эры). Небо же, или, лучше сказать, небеса, они представляли себе как исполинские прозрачные шары (сферы), в общем центре которых находится Земля. Сферы эти вращаются вокруг Земли, а к их поверхностям прикреплены Солнце, Луна и звезды. Самой маленькой считалась сфера Луны; самой большой, заключающей в себе все остальные, была сфера неподвижных звезд.

Великий польский астроном Николай Коперник (1473—

1543) высказал и обосновал гениальную догадку о том, что в действительности Земля вместе с другими похожими на нее телами обращается вокруг Солнца (рис. 10).

Правда, выдвигая новую систему мира, Коперник не вполне освободился от некоторых ошибок древних. Так, например, в своей системе мира он оставил небо в виде «сферы неподвижных звезд». Небо Коперника огромно. В сравнении с этим небом Земля, по мне-

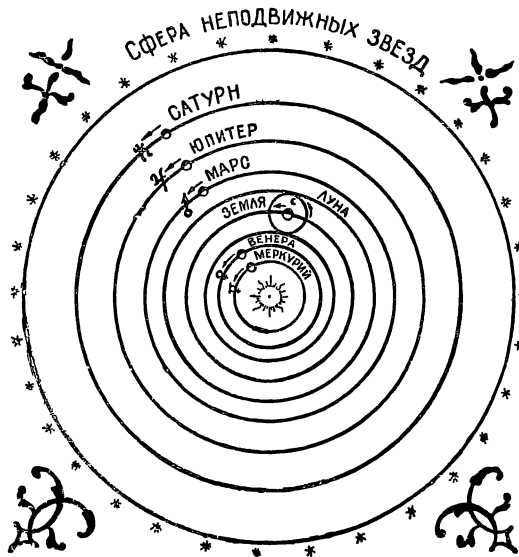


Рис. 10. Устройство мира по учению Николая Коперника.

нию Коперника, ничтожно мала. И все же небо Коперника было все тем же хрустальным небом древних, все той же «небесной твердью».

Как смел и вместе с тем гениален был Джордано Бруно (1548—1600), который вскоре после смерти Коперника заявил, что никакой сферы неподвижных звезд на самом деле нет. По глубокому убеждению великого итальянского философа, каждая звезда — это далекое Солнце, то-есть такой же колоссальный раскаленный шар, как и наше Солнце. Вокруг многих из звезд кружатся планеты и на многих из этих планет существуют человечества, подобные земному. Никакого неба, отделяющего вселенную от потустороннего мира, не существует. Есть только бесконечная вселенная, наполненная бесчисленным множеством солнц и планет.

Церковники в 1600 году сожгли Бруно как еретика — поповедника неугодных господствующей религии взглядов, но наука полностью подтвердила правильность его основных идей. Вселенная действительно бесконечна, и Земля в ней — лишь рядовая планета. Но тогда снова с особой остротой возник вопрос, чем же заполнено межпланетное и межзвездное пространство?

Наука XVII и XVIII веков доказала, что плотность воздуха повсеместно убывает с высотой, и уже на высоте в несколько сотен километров над Землей воздушная оболочка Земли — атмосфера постепенно сходит на нет. Дальше во все стороны начинается безвоздушное мировое пространство. Гораздо труднее было узнать, чем наполнено это безвоздушное пространство.

В прошлом веке полагали, что всю вселенную заполняет всепроникающий «мировой эфир» — удивительно разреженное и совершенно прозрачное вещество. Однако в начале текущего столетия пришлось признать, что никакого мирового эфира на самом деле нет. В пространстве между небесными телами встречаются чрезвычайно разреженные облака водорода, гелия и других газов, а также не менее разреженные скопления мельчайшей твердой пыли. Что это за облака и каково их место во вселенной, об этом мы еще побеседуем, а сейчас ответим на главный интересующий нас вопрос: что такое небо?

Ответ современной науки таков: небо — это мировое пространство, рассматриваемое сквозь воздушную оболочку Земли — атмосферу.

Со дна воздушного океана

Итак, мы живем на дне огромного воздушного океана. Превышая по размерам и глубине все земные океаны, он имеет с ними нечто общее. Движение воздуха и движение воды во

многих отношениях сходны. Они создаются в основном различием температур, разным нагревом отдельных частей океанов. Возникающие при этом течения воздуха или воды в обоих случаях называются конвекцией. В атмосфере конвекция проявляется в ветре, в морях конвекционные явления мы называем морскими течениями.

Не все, происходящее в воздушном океане, имеет прямое отношение к астрономии. Напомним, что образование облаков, их движение, грозы и туманы, дождь и снегопад — все эти явления изучает метеорология. Конечно, погода не безразлична и астрономам, но единственное постоянное их требование к ней — не мешать астрономическим наблюдениям, быть устойчиво ясной.

К сожалению, это требование остается лишь благим пожеланием. Человек не научился еще управлять погодой по своему желанию, а потому астроному ничего другого не остается, как искать для обсерваторий такие места на Земле, где погода во всех отношениях его удовлетворяет. Вот почему многие обсерватории строятся на высоких горах, где воздух чище, спокойнее и поэтому видимость небесных светил гораздо лучше, чем на равнине.

Однако где бы обсерватория ни находилась, ее основанием служит Земля, а над головой астронома все же остается огромный по толщине слой земной атмосферы. В этом отношении астрономы похожи на рыб, рассматривающих мир сквозь более или менее толстый слой воды. Следует все-таки заметить, что у астронома есть много преимуществ по сравнению с рыбами. Главное из них заключается в том, что воздушный океан несравненно прозрачнее обычных океанов. Ведь уже на глубине в несколько сотен метров рыбы лишены солнечного света. Известно, что удивительные обитатели морских глубин снабжены особыми светящимися органами, которые облегчают им существование в условиях полной темноты.

Между тем воздушный океан, несмотря на огромную глубину (около 1000 километров, то-есть в 100 раз превышающую наибольшую глубину Тихого океана), так прозрачен, что свет небесных светил, доходящий до нашего глаза, не испытывает в воздухе сколько-нибудь значительного поглощения. Мы видим небесные светила почти не ослабленными в блеске, но для точных астрономических исследований непременно надо знать, что происходит со световым лучом при его движении сквозь атмосферу.

Прежде всего мельчайшие частицы воздуха — воздушные молекулы — сортируют падающие на них солнечные лучи. Известно, что белый солнечный луч состоит из множества разноцветных лучей. Убедиться в этом просто. Возьмите в школьном

физическом кабинете трехгранную стеклянную призму, пропустите сквозь нее солнечные лучи, и на стене класса или на потолке вы увидите разноцветную радужную полоску, называемую спектром. Стеклянная призма разложила белый солнечный луч на составные лучи — в этом одно из главнейших ее свойств. Дело в том, что лучи разного цвета призма преломляет по-разному: сильнее всего фиолетовые, слабее всех других — красные.

В атмосфере тоже иногда происходит разложение солнечного света на составные лучи. Так, например, всем известная радуга возникает при прохождении солнечного света сквозь маленькие капельки дождя, которые в этом случае играют роль стеклянных призмочек. Вы, наверно, видели также, как иногда около Солнца или Луны в морозную погоду появляются туманные радужные кольца или кресты. Это так называемые галосы. Они сходны с радугой, но только свет от Луны или Солнца разлагается в этом случае не водяными капельками, а образующимися в атмосфере мельчайшими кристалликами льда. И радуга и галосы — все это оптические явления в атмосфере, результат взаимодействия солнечного света с воздушным океаном.

Однако, когда мы говорили о сортировке солнечных лучей, мы имели в виду иное. Вам, конечно, приходилось видеть тлеющую папиросу. Лежит недокуренная папироса на пепельнице и из обоих своих концов испускает дым, но вот что удивительно: спереди папиросы, там, где вложен табак, дым в виде узенькой голубоватой струйки поднимается вверх, а из другого конца папиросы выходит и стелется понизу густой белый дымок. Табак один, а дым разный. В чем же причина этого явления?

Все дело, оказывается, в законах рассеяния света. Когда луч света налетает на какую-нибудь частицу, то он часто рассеивается, то-есть разбрасывается частицей в разные стороны. Но вот какие именно лучи рассеиваются и какие пропускаются частицей — это зависит от ее свойств, главное, от ее размеров.

В голубом дыме папиросы частицы маленькие, легкие, свободно поднимающиеся вверх. Такие частицы, как установил английский физик Рэлей, рассеивают голубые лучи. Крупные же, тяжелые частицы, из которых состоит белый дым, представляют собой мельчайшие капельки воды. Они рассеивают все лучи одинаково, а потому рассеянные разноцветные лучи, складываясь затем вместе, образуют снова белый цвет.

Тлеющая папироса и небо имеют некоторое сходство друг с другом. Молекулы воздуха, по закону Рэля, рассеивают синие и голубые лучи. Вот почему небо синее и в этом отношении

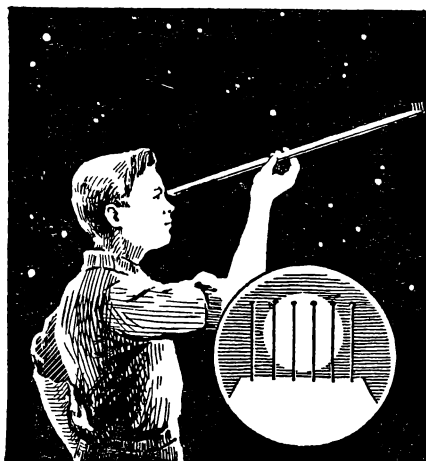


Рис. 11. Прибор для измерения угловых размеров Солнца и Луны.

похоже на голубоватый дымок тлеющей папиросы. Облака же в небе белые, потому что они состоят из мельчайших водяных капелек.

Надо уметь в малом видеть большое. Способность подмечать, казалось бы, незначительные явления, вроде тлеющей папиросы, умение объяснить их причину, связать их с другими фактами — все эти качества очень нужны любому ученому и, в частности, астроному.

Закон Рэлея проявляется не только в синем цвете неба и белизне обла-

ков. Когда Солнце или Луна находятся вблизи горизонта, они кажутся оранжевыми, а иногда и яркокрасными. В чем же причина этого всем известного факта? Луч Солнца или Луны, находящихся вблизи горизонта, проходит через большую толщу атмосферы, чем в полдень. Кроме того, утренние и вечерние солнечные лучи пронизывают нижние запыленные слои атмосферы. В этих слоях рассеиваются не только синие и голубые, но даже зеленые и часть желтых лучей. Только красные и оранжевые лучи беспрепятственно достигают человеческого глаза. Именно поэтому Солнце и Луна вблизи горизонта кажутся красновато-оранжевыми. Кстати, такой же вид они имеют и сквозь густое облако дыма, потому что частицы дыма рассеивают все видимые лучи, кроме оранжевых и красных.

Нельзя в связи с этим не упомянуть о всем знакомом факте — Луна и Солнце, находясь у горизонта, не только краснеют, но и заметно увеличиваются в размерах. Это уж совсем странно: неужели Солнце и Луна на самом деле дважды в сутки распухают по непонятным причинам? Или, может быть, они при восходе и заходе становятся к нам ближе? На самом деле оба предположения совершенно неверны, абсурдны. Разгадка же проста — нам только кажется, что Луна и Солнце увеличиваются у горизонта. Поверить в это трудно, но проверить легко.

Возьмите обычную линейку и на одном из ее концов воткните 5—6 булавок. С помощью этого нехитрого приборчика посмотрите на большую Луну (рис. 11) и заметьте по булавкам

величину ее поперечника. Такое же наблюдение повторите и тогда, когда Луна будет высоко над горизонтом. Вы убедитесь, что в обоих случаях размеры Луны (и Солнца) совершенно одинаковы. Перед вами еще один пример всем знакомого обмана зрения!

Цвет неба, окраска вечерних и утренних зорь, белизна облаков — все это результат рассеяния света на молекулах земной атмосферы. С поднятием вверх все эти красоты природы постепенно ослабевают. Стратонавты, поднимавшиеся до высоты 22 километров, видели над головой темнофиолетовое безоблачное небо стратосферы, а на высотах в сотни километров нет ни зорь, ни облаков — на совершенно черном небе сияют Солнце, Луна и немерцающие звезды.

Кстати, о мерцании звезд. Случалось вам, подъезжая к далекому городу, наблюдать из окна вагона море мерцающих огней? Мерцание звезд и мерцание далеких земных огней вызвано одной причиной — неоднородностью воздуха и его движением. В воздушном океане постоянно движутся различные струйки воздуха. Одни из них толще и плотнее, другие разреженнее. Лучи, проходя сквозь эти струйки, преломляются по-разному, а так как струйки все время движутся, то и луч непрерывно дрожит, искривляется, «мерцает». Свет от звезд, кроме того, еще разлагается на водяных капельках в атмосфере. Поэтому после дождя или перед дождем звезды не только сильно мерцают, но и переливаются всеми цветами радуги.

Мерцание звезд можно наблюдать лишь со дна воздушного океана. За пределами земной атмосферы звезды светят спокойно, не мигая и не переливаясь различными цветами.

Что касается Луны и Солнца, то каждая точка их поверхности мерцает, как и звезды. Но так как усиление и ослабление блеска равновероятны, то в целом большие диски Луны и Солнца сохраняют постоянный блеск. Также и планеты, наблюдаемые с Земли не в виде точек, как звезды, а в виде крошечных дисков, почти не мерцают. В этом — одно из внешних отличий планет от звезд. Если вы увидите на небе яркую немерцающую звезду, знайте, что это планета, то-есть тело, похожее на Землю. Но о планетах у нас еще будет разговор, а сейчас разберем одно важное для астрономов оптическое явление — так называемую **рефракцию**.

Возьмите стакан с водой и опустите в него ложку (рис. 12). У поверхности воды ложка кажется преломленной, хотя в дей-



Рис. 12. Ложка в стакане с водой.

ствительности никакого излома у ложки нет. Причина этого явления в рефракции света. Луч света, переходя из одной среды в другую (например, из воды в воздух), преломляется, изменяя первоначальное направление.

Установлено, что при переходе из более плотной среды в менее плотную луч приближается к поверхности, которая разделяет обе среды; в обратном случае угол между поверхностью раздела и лучом света увеличивается. Вот это преломление света на границе двух различных веществ и называется рефракцией.

Излом ложки в стакане с водой вызван рефракцией. Благодаря рефракции дно реки или озера кажется менее глубоким, чем в действительности. Рефракция очень сильно искажает предметы, если их рассматривать сквозь толстый слой воды. Поэтому картины надводного мира, наблюдаемые рыбами, сильно отличаются от реальных. Воздушный океан тоже вносит некоторые искажения в картину вселенной, но так как плотность воздуха в сравнении с водой очень мала, то искажения эти незначительны.

Представьте себе Землю, покрывающий ее слой земной атмосферы и звезду, обозначенную буквой *A* (рис. 13). Луч, идущий от звезды, преломится на границе атмосферы и попадет в глаз по иному направлению, чем первоначальное. Естественно, что наблюдатель увидит звезду не там, где она на самом деле находится (*A*), а в направлении, по которому пришел в его глаз луч ее света (*B*). Значит, из-за рефракции видимые положения светил не совпадают с истинными. Правда, разница в положениях невелика и зависит от высоты светила над горизонтом. Чем выше светило, тем меньше рефракция, а для светил, находящихся над головой, в зените, рефракция равна нулю.

Наибольшей величины рефракция достигает у горизонта, но и там она близка к $35'$. Этот угол почти равен угловому поперечнику Солнца или Луны.

Все же, как ни мала рефракция, астроном должен знать о ее существовании.

Объяснение рефракции, которое мы только что дали, очень упрощенно, грубо приближенно. Ведь на самом деле плотность атмосферы убывает с высотой. Земля не плоска, а шарообразна, как и атмосфера. Поэтому путь луча в атмосфере вовсе не прямолинеен, а представляет собой сложную кривую, подробно изучаемую в специальной теории рефракции.

Легко, однако, сообразить, что каков бы ни был путь луча в атмосфере, рефракция всегда приподнимает светило над горизонтом по сравнению с его действительным положением. Может быть и так, что Солнце или Луна находятся под горизонтом,

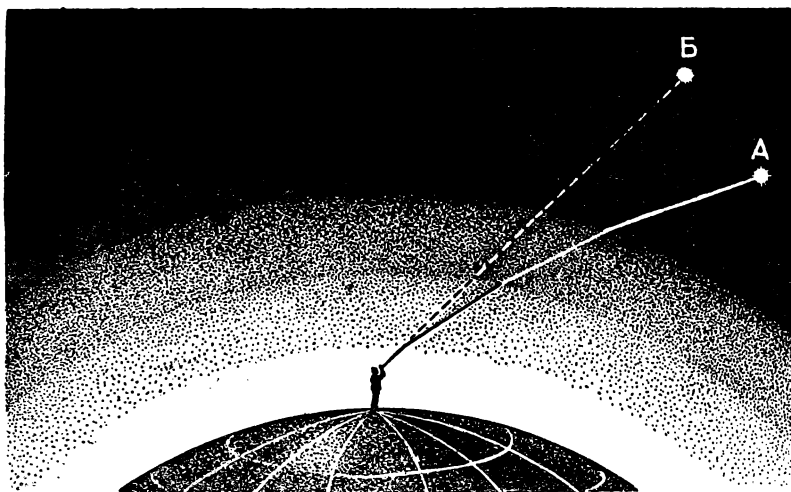


Рис. 13. Путь луча звезды в земной атмосфере.

но благодаря рефракции мы их уже видим, так как рефракция подняла эти светила на высоту их поперечника. При заходе повторяется подобная же картина: Солнце и Луна уже зашли за горизонт, но некоторое время мы продолжаем их видеть.

Рефракция увеличивает продолжительность дня. Не будь атмосферы, дни на Земле были бы на несколько минут короче, чем в действительности.

Есть еще одно всем знакомое явление, которое объясняется рефракцией. Вы, конечно, не раз наблюдали, как Солнце и Луна у горизонта расплющиваются, теряя обычную форму круга.

Вызваны эти искажения рефракцией. Для разных точек вертикального поперечника Солнца рефракция различна. Она сильнее всего для нижнего края и наиболее слаба для верхнего края Солнца. Поэтому из-за разной величины рефракции вертикальный поперечник Солнца сжимается. Что же касается горизонтального поперечника, то все его точки имеют одинаковую высоту над горизонтом, рефракция для них одинакова, а потому он остается неизменным.

Мы выяснили, как искажает вид вселенной тот воздушный океан, на дне которого мы живем. Все эти искажения невелики. Воздух — самое прозрачное из всего того, что нас окружает. Сквозь воздушную оболочку Земли мы видим небесные тела почти такими, какие они есть и на самом деле.

Солнце восходит и заходит

Из всевозможных астрономических явлений восход и заход Солнца, его движение по небу принадлежат к числу наиболее привычных. Давайте, однако, подробнее познакомимся с видимым, кажущимся движением Солнца — это будет началом нашего изучения вселенной.

Приходилось ли вам наблюдать, как восходит Солнце? Еще ночь, небо усеяно звездами, но вот в восточной части горизонта начинает светать. Фон неба постепенно становится все светлее и светлее; утренняя заря разливается по небосводу; меркнут слабые звезды, небо на востоке приобретает разнообразные, нередко очень красивые цветовые оттенки; и вот наконец на смену исчезнувшим звездам из-за горизонта появляется ослепительно яркий краешек восходящего солнца. Так начинается день.

Вечером, при заходе Солнца, все явления протекают в обратном порядке. Солнце скрывается за горизонт, но звезды появляются не сразу. Только когда фон неба станет достаточно темным, удастся заметить две-три наиболее яркие звезды, и лишь когда полностью исчезнет вечерняя заря, Солнце уйдет глубоко под горизонт, над головой засверкают тысячи звезд.

Промежуток времени между концом дня и началом ночи называют сумерками. Астрономы различают гражданские и астрономические сумерки. Первые из них — это промежуток времени между заходом Солнца за горизонт и появлением наиболее ярких звезд. Астрономы же считают началом ночи тот момент, когда на небе появляются все, даже самые слабые, но доступные невооруженному глазу звезды. Промежуток времени между заходом Солнца и этим моментом называется астрономическими сумерками. Так же определяется продолжительность сумерек и при восходе Солнца. Совершенно ясно, что астрономические сумерки всегда больше гражданских.

Но на сколько больше и какова продолжительность тех и других? Ответ найдите сами, пронаблюдав наступление ночи. Пусть это будет ваше первое астрономическое наблюдение.

Для записи результатов наблюдений непременно заведите специальный журнал наблюдений. Лучше всего, если это будет тетрадь или блокнот для рисования небольших размеров, но с плотной, хорошей бумагой. На обложке блокнота напишите «Журнал наблюдений», свою фамилию, город или другой пункт, из которого производятся наблюдения, и, наконец, год, когда был начат журнал. Не подумайте, что все это — пустые, никому не нужные формальности. Ученый вообще, и астроном в частности, должен стремиться возможно точнее передать наблюдаемые явления природы. Чтобы наблюдения имели цен-

ность и ими можно было бы воспользоваться для научных выводов и обобщений, надо знать место и момент наблюдения, а также, кто наблюдал. Очень часто при астрономических наблюдениях требуются и другие данные, но перечисленные сведения необходимы всегда. Ведите журнал наблюдений возможно аккуратнее, стремясь как можно точнее передать то, что вы видели. Никакие искажения, даже ради красоты рисунка, недопустимы.

Определить продолжительность сумерек достаточно просто. В ясный, солнечный вечер найдите место, с которого хорошо был бы виден горизонт в той его части, где зайдет Солнце. Очень желательно, чтобы горизонт не был загорожен посторонними предметами (крышами домов, высокими деревьями и т. п.). Горизонт в открытом поле или на море — самый лучший для поставленной цели.

Пронаблюдайте, как Солнце скроется за горизонт, и отметьте этот момент по часам. Если вы живете в большом городе, где трудно найти открытый горизонт и пронаблюдать заход Солнца, узнайте момент захода по отрывному календарю. После этого внимательно осматривайте небо и, когда заметите первую яркую звезду, обратите внимание на показание ваших часов. Так вы узнаете продолжительность гражданских сумерек.

Теперь ждите, когда на западе полностью исчезнет вечерняя заря и фон неба будет таким же черным, как и в других частях небосвода. В этот момент окончатся астрономические сумерки.

В журнале наблюдений отметьте, что такого-то числа в таком-то пункте продолжительность гражданских и астрономических сумерек равнялась найденной вами величине (стольким-то часам или минутам). Конечно, величина сумерек может быть найдена только приближенно, так как переход от сумерек к ночи происходит не сразу, скачком, а постепенно.

Интересно узнать, меняется ли продолжительность сумерек в течение года? Проверьте это сами. Повторяйте указанные выше наблюдения в течение всего года с интервалом в 5—7 дней. Вы обнаружите, что летом и зимой сумерки длиннее, чем весной и осенью. Кроме того, продолжительность сумерек зависит от положения наблюдателя на земном шаре. С приближением к земному экватору сумерки укорачиваются, а чем ближе наблюдатель к полюсу, тем длиннее сумерки.

Летом же, скажем, в Ленинграде и других подобно ему расположенных городах наступают так называемые белые ночи. В период белых ночей Солнце так неглубоко уходит под горизонт, что утренняя заря смыкается с вечерней. Ночи, собственно, нет, так как фон неба слишком ярок, чтобы на нем выступили слабосветящиеся звезды, и сумерки длятся от

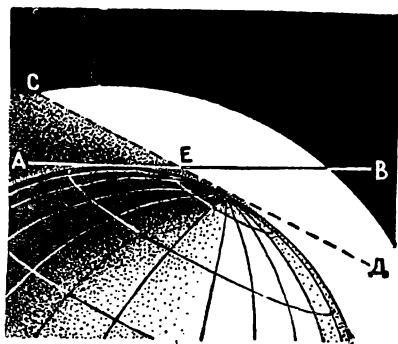


Рис. 14. Чертеж, объясняющий явление сумерек

захода Солнца до его восхода.

В Москве в это время ночью бывают видны только наиболее яркие звезды, то есть гражданские сумерки, в отличие от астрономических, все же кончаются. Зато севернее Ленинграда, за Полярным кругом, летом бывают периоды, когда Солнце вовсе не скрывается за горизонт — там сумерки отсутствуют. Такая же картина наблюдается и за южным Полярным кругом.

Если вам летом придется отдыхать на юге (в Крыму или на Кавказе), определите там продолжительность сумерек и попросите какого-нибудь вашего товарища, живущего в более северных широтах, сделать в тот же день подобные наблюдения. Вы легко убедитесь, что продолжительность сумерек зависит не только от времени года, но и от широты места наблюдения.

В чем же, собственно, причина сумерек и зачем их нужно изучать?

Виновник сумерек — земная атмосфера. На рисунке 14 изображен земной шар, окутанный воздушной оболочкой. Прямая, касающаяся Земли в точке, где находится наблюдатель, изображает плоскость горизонта (AB). На рисунке видно, что, когда Солнце зайдет за горизонт, то есть, иначе говоря, скроется от наблюдателя за выпуклостью земного шара, солнечные лучи еще продолжают освещать верхние слои воздуха (выше SED). Эти слои и порождают явление з а р и. Кроме того, освещенные Солнцем частицы воздуха — воздушные молекулы — рассеивают во все стороны падающие на них солнечные лучи.

Рассеянный свет попадает в темные, неосвещенные части атмосферы, снова рассеивается и притом многократно. Все рассеянные земной атмосферой лучи и создают сравнительно слабый сумеречный свет.

Исчезни атмосфера, и сумерки бы не наблюдались. После захода Солнца за горизонт сразу можно было бы увидеть все, даже самые слабосветящиеся, звезды. Впрочем, при отсутствии атмосферы звезды были бы видны всегда, даже днем, при полном солнечном свете. Странная была бы картина, какая-то смесь дня и ночи: на совершенно черном, усыпанном множе-

ством звезд небе сияло бы ослепительно яркое Солнце! Эту картину можно было бы назвать солнечной ночью или звездным днем.

Изучение сумерек — важное и полезное дело. Оно помогает узнать свойства земной атмосферы. Ведь чем ниже опустится Солнце под горизонт, тем более высокие и более разреженные слои воздуха остаются освещенными его лучами. Поэтому с погружением Солнца под горизонт яркость сумеречного света ослабевает.

Академик В. Г. Фесенков и его ученики разработали способ, позволяющий по наблюдаемой яркости сумеречного света вычислить плотность атмосферы на больших высотах. Такие данные весьма нужны для реактивной авиации и артиллерии. Известно, что в недалеком будущем реактивные самолеты будут свободно летать на высотах в десятки километров, а современные высотные ракеты залетают на высоты в сотни километров. Условия их полета зависят, в частности, от плотности воздуха, а данные об этом получают на основании изучения сумерек.

Знать продолжительность сумерек в каждый данный день, условия видимости предметов в сумерки очень важно в военной обстановке. Занимается этим специальная наука о видимости предметов — **визибилистика**.

Вечером началом сумерек считается момент захода Солнца за горизонт, утренние сумерки кончаются с его восходом. Тут, однако, есть некоторая неясность, недоговоренность. Какую, собственно, линию принимать за горизонт? Часто горизонтом называют ту линию, где небо как будто сходится с Землей. Но внутри большого города нет такого открытого горизонта, как, например, в поле или в море, и небо может сходиться с Землей на крышах каких-нибудь далеких зданий. Поэтому такой, как его называют, видимый горизонт почти всегда имеет неправильную, сложную форму. Только в открытом море видимый горизонт совершенно ровен и представляет собой окружность с центром в глазу наблюдателя.

Но если горизонт в каждом месте свой и нередко обладает сложной, неправильной формой, то что имеют в виду астрономы, когда в календарях и справочниках помещают вычисленные ими моменты восхода и захода Солнца? Для какого горизонта эти моменты вычислены?

Чтобы не было неразберихи и для каждого дня года можно было бы точно указать, когда восходит и заходит Солнце, астрономы ввели понятие истинного, или математического, горизонта.

Вообразите себе плоскость, проходящую через глаз наблюдателя и перпендикулярную к продолженному радиусу Земли.



Рис. 15. Видимый и истинный горизонт.

Она-то и называется плоскостью истинного, или математического, горизонта (рис. 15).

Плоскость математического горизонта всегда проходит через глаз наблюдателя и потому не касается поверхности Земли. Иногда это обстоятельство приходится учитывать. Представьте себе, что вы стоите на вершине горы (рис. 16). Самые далекие точки земной поверхности, еще доступные вашему глазу (то-есть не скрытые выпуклостью Земли), образуют окружность. Она и будет для вас видимым горизонтом. Плоскость же математического горизонта проходит через ваш глаз и перпендикулярна к продолженному радиусу Земли, или, что то же самое, к отвесной линии. Ясно, что видимый горизонт на море или в открытом поле всегда находится под плоскостью математического горизонта. Угол α называется углом понижения видимого горизонта. Зная этот угол и высоту наблюдателя, можно вычислить величину радиуса земного шара.

Для тех, кто знаком с тригонометрией, выведем соответствующую формулу. Пусть r — радиус Земли, h — высота наблюдателя над поверхностью Земли, α — угол понижения видимого горизонта. В $\triangle OAB$ $\angle AOB$ равен α (как углы со взаимно перпендикулярными сторонами). Отсюда следует, что

$$\cos \alpha = \frac{r}{r+h}, \text{ или } r = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}.$$

Вот вам один из способов определения размеров Земли. Попробуйте сами найти радиус земного шара. Для этого с крыши дома или с какой-нибудь вышки, высоту которых можно предварительно измерить с помощью веревки, найдите участок свободного видимого горизонта. Измерить угол его понижения легче всего с помощью простенького прибора — **высотомера**. Приборчик этот еще не раз нам понадобится, а потому сделайте его непременно.

Возьмите большой транспортир, прикрепите к центру его дуги, как показано на рисунке 17, грузик на нитке, в выступающих краях транспортира проделайте два одинаковых отверстия диаметром 3—4 миллиметра, отогните под прямым углом эти края, и высотомер готов. Наблюдения с ним очень просты. Наблюдатель «прицеливается» на наблюдаемый предмет, смотря на него сквозь проделанные отверстия, и по расположению нитки на том или ином делении транспортира легко нахо-

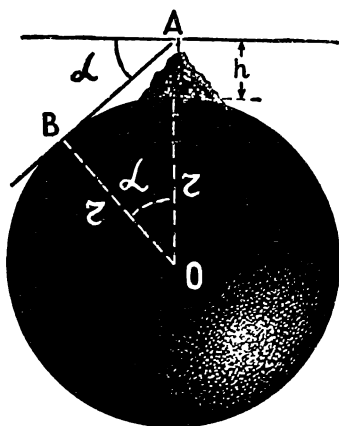


Рис. 16. Чертеж, поясняющий один из способов определения размеров Земли.

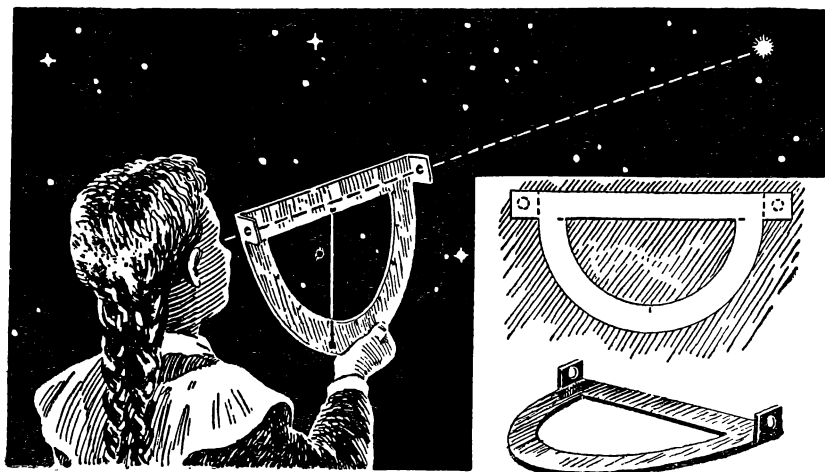


Рис. 17. Высотомер и наблюдения с ним.

дит угол между направлением на предмет и горизонтальной плоскостью.

Для нахождения угла понижения видимого горизонта на правьте высотомер на какую-нибудь точку горизонта. По положению отвеса найдите искомый угол, затем в таблицах тригонометрических функций отыщите соответствующий ему косинус и наконец по выведенной выше формуле вычислите радиус Земли. Найдя его, сравните полученное значение с точными данными (6370 километров) — ошибка получилась из-за неточности ваших измерений.

Снова вообразите себе наблюдателя, стоящего на Земле в точке *A* (рис. 16). Земля вращается вокруг своей оси, а потому и плоскость математического горизонта поворачивается вместе с наблюдателем. Когда эта плоскость пройдет через Солнце, наблюдателю покажется, что Солнце, восходя, пересекает воображаемую плоскость математического горизонта. Под моментом восхода астрономы понимают момент, когда верхний край солнечного диска пересечет плоскость математического горизонта. То же можно сказать и о моменте захода. Нетрудно сообразить, что, так как видимый открытый горизонт (на море или в поле) всегда ниже плоскости математического горизонта, реальный восход Солнца наступает раньше, а заход — позже моментов, вычисленных астрономами. Надо заметить, что астрономы при вычислениях моментов восхода и захода всегда учитывают рефракцию, которая, поднимая Солнце над горизонтом, увеличивает продолжительность дня.

Солнце, взойдя, поднимается все выше и выше, а затем, достигнув в полдень наибольшей высоты над горизонтом, начинает склоняться к закату. Когда говорят о высоте Солнца над горизонтом, имеют в виду, конечно, не его расстояние от наблюдателя или плоскости горизонта в километрах. Высота Солнца, как и любого другого небесного светила, — это угол между направлением на Солнце из глаза наблюдателя и плоскостью математического горизонта.

Высоту Солнца в любой момент нетрудно определить с помощью высотомера. Разумеется, смотреть на Солнце сквозь отверстия в высотомере ни в коем случае нельзя — можно от этого ослепнуть. Между глазом и высотомером надо поместить темное защитное стекло. Его изготовляют, закоптив над пламенем свечи обычное стекло или, что значительно лучше, проявляют засвеченную фотопластинку (можно фотопленку), добываясь при этом нужной черноты. Проявление может производиться при дневном свете, причем, добившись подходящей черноты, следует отфиксировать (закрепить) пластинку или пленку.

Точка горизонта, над которой Солнце достигает наибольшей высоты в течение дня, называется югом. Еще в начальной школе вам говорили, как, зная, где находится юг, определить другие стороны горизонта — север, восток и запад. Прямая, идущая с севера на юг, называется полуденной линией. Она совпадает с географическим меридианом, и по ней направлены в полдень тени от всех предметов.

Конечно, полуденных линий, как и меридианов, бесчисленное множество — через каждую точку земной поверхности проходит свой меридиан, своя полуденная линия. Но как узнать их направление в любом данном месте Земли? Вот тут и приходит на помощь астрономия.

Еще в древности было найдено простое решение этой задачи. В землю вбивают прямой шест, называемый гномоном (рис. 18). Он должен быть строго вертикален, что легко проверить с помощью отвеса. За час, за два до полудня отмечают кончик тени от гномона колышком. Затем, с помощью веревки и привязанного к ее концу второго колышка, проводят, как циркулем, окружность с центром в основании гномона и радиусом, равным расстоянию от гномона до первого вбитого в землю колышка.

После полудня следят, когда растущая и медленно поворачивающаяся тень гномона коснется начерченной окружности. В точке соприкосновения тени с окружностью ставят третий колышек, после чего находят середину хорды, соединяющей первый и третий колышки. Прямая, проходящая через середину хорды и основание гномона, есть искомая полуденная линия.

Подобным способом можно найти еще две равных по длине тени и получить вторую точку полуденной линии.

Найдя направление полуденной линии и отметив ее на поверхности Земли, вы теперь сможете в любой день легко определить момент так называемого истинного полдня. В этот момент Солнце занимает наивысшее положение над горизонтом, и тень от гномона идет вдоль полуденной линии.

Совпадает ли истинный полдень с полднем по вашим часам? Проверьте это сами, причем повторите наблюдения через две-три недели. Вы обнаружите любопытный факт: во-



Рис. 18 Определение полуденной линии.

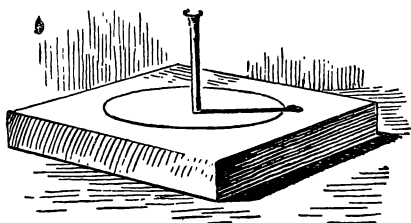


Рис. 19. Комнатный гномон.

первых, истинный полдень не совпадает с полднем, который показывают ваши часы; во-вторых, разность между этими двумя полуднями меняется в течение года.

В чем причина этого странного расхождения, вы узнаете позже, а сейчас отметим, что в городских условиях, где трудно найти удобную для наблюдений пло-

щадку и сделать большой гномон, вполне можно обойтись гномоном значительно меньших размеров.

В простейшем случае он представляет собой большой гвоздь, вбитый в горизонтально расположенную плоскую досочку (рис. 19). Ее горизонтальность лучше всего проверить с помощью уровня, а перпендикулярность гномона — с помощью угольника. С таким «комнатным» гномоном легко вести наблюдения на подоконнике, крыльце или на любом другом освещенном Солнцем месте. Для удобства наблюдений на досочку можно аккуратно наклеить лист белой бумаги, концы тени отмечать карандашом, а окружности — обыкновенным циркулем.

Мы познакомились с видимым движением Солнца над горизонтом, с его восходом и заходом, утренними и вечерними сумерками. С помощью гномона мы теперь умеем находить полуденную линию, стороны горизонта и момент истинного полдня.

Наша ближайшая задача — научиться определять положение на небе Солнца и других небесных светил для любого момента времени.

Небесные транспортеры

Еще в древности, за тысячи лет до наших дней, люди умели измерять расстояние между различными точками земной поверхности. Из таких измерений, вызванных практическими потребностями древнего человека, родилась наука геометрия, что, кстати сказать, в буквальном переводе с греческого означает *землемерие*¹.

Разумеется, единицы расстояний тогда были иными, чем теперь. Мерили шагами, стадиями (стадия близка к 160 метрам), саженьями. Метр, как основная мера расстояний, был введен лишь в конце XVIII века. Тем не менее суть геометрических

¹ Ге — греческое наименование Земли.

измерений осталась прежней — длину искомого отрезка сравнивали с длиной отрезка, принятого за единицу длины.

Если древнему землепашцу нужно было знать размеры обрабатываемого участка земли и ответ на это давала геометрия, то древний мореплаватель или путешественник был вынужден находить путь по положению небесных светил, в частности звезд. Значит, практика заставляла человека научиться определять положение светил на небе и их взаимное расположение, то-есть, короче говоря, измерять небо. Неудивительно поэтому, что наряду и вместе с геометрией зародилась другая наука — астрометрия. Измерения на небе — то главное, чем занималась и занимается астрометрия, — были необходимой ступенью к познанию законов, управляющих небесными светилами. Вот почему астрономия¹ — наука о законах, управляющих небесными светилами, в первые периоды своего существования была по преимуществу астрометрией. В настоящее время астрометрия — это только один из разделов современной астрономии.

Измерение Земли и измерение неба — задачи весьма различные. Если вы хотите узнать ширину листа этой книжки, достаточно взять линейку с делениями или рулетку, приложить их к краю листа, и ответ будет найден. Другое дело — измерения на небе. Как, например, измерить поперечник Солнца? Где взять соответствующую рулетку и как приложить ее к краям солнечного диска? Ясно, что измерить непосредственно поперечник Солнца, скажем, в метрах или расстояние между двумя звездами в километрах нам не удастся.

Вот почему вместо линейных измерений (в метрах, километрах и т. п.) в астрометрии употребляют измерения угловые (в градусах, минутах, секундах). Иначе говоря, на небе возможно мерить только углами, а не отрезками. Так, например, под поперечником Солнца в астрометрии понимают его угловой поперечник, то-есть угол, под которым земной наблюдатель видит солнечный диск. Расстояние между двумя звездами на небе — это угол между направлениями из глаза наблюдателя на одну и другую звезду (рис. 9). Следовательно, измерить расстояние между двумя точками на небе — это значит определить угол между направлениями из глаза наблюдателя на обе эти точки.

Заранее оговоримся: астрономы в конце концов узнают не только угловые размеры небесных светил или угловые расстояния между ними — им известны и действительные, линейные масштабы вселенной. Они, например, знают, что поперечник

¹ Слово «астрономия» происходит от греческих слов «астрон» — звезда и «номос» — закон.

Солнца равен 1 391 000 километров, что от Земли до ближайшей звезды Альфы Центавра расстояние близко к 40 000 000 000 000 километров. Но все эти знания получены из угловых измерений на небе и линейных измерений на Земле. Как это делается, будет сказано позже, а сейчас запомните твердо: угловые измерения на небе — это первый и необходимый шаг в познании действительных размеров вселенной.

Как же мерить небо, какой прибор для этого необходим? Если для линейных измерений употребляется линейка с сантиметровыми и миллиметровыми делениями, то для угловых измерений вполне пригоден хорошо вам знакомый школьный транспортир. Деления, нанесенные на транспортире, позволяют измерить любой угол с точностью до долей градуса. Есть большие транспортиры, при помощи которых можно измерить углы с точностью до 10—15 минут. Приспособить транспортир для небесных измерений очень просто: его надо превратить в уже известный нам высотомер. Высотомер — это лишь один из астрономических угломерных инструментов, вполне заслуживающий название «небесных транспортиров».

Перенесемся мысленно на две тысячи лет назад и посетим какую-нибудь из древних астрономических обсерваторий. Обширная терраса, с которой хорошо виден горизонт, — главная часть обсерватории. Невысокое здание, к ней примыкающее, — это жилище астрономов, хранилище рукописей, место для вычислений. Наблюдения же ведутся под открытым небом, с главной террасы обсерватории.

На террасе расставлены различные астрономические инструменты. Напрасно мы стали бы отыскивать среди них телескоп — главный инструмент современного астронома. До начала XVII века вселенная изучалась невооруженным глазом, а все без исключения астрономические инструменты были инструментами у г л о м е р н ы м и.

Вот в центре террасы наш старый знакомый — гномон. Несмотря на предельную простоту, это тоже инструмент, и притом разносторонний. С его помощью можно определять угловую высоту Солнца и грубо приближенно измерять время.

В самом деле, чем выше Солнце над горизонтом, тем короче тень от гномона. Значит, по длине тени и ее расположению по отношению к полуденной линии можно судить о времени суток.

Древние греки часто пользовались гномонами как часами. В комедии, написанной Аристофаном две тысячи триста лет назад, афинянка Праксагора говорит своему мужу: «Когда тень будет в десять шагов, умасти себя благовониями и приходи ужинать». Здесь автор имеет в виду тень от гномона, возможно, установленного, по тогдашним обычаям, на какой-нибудь из

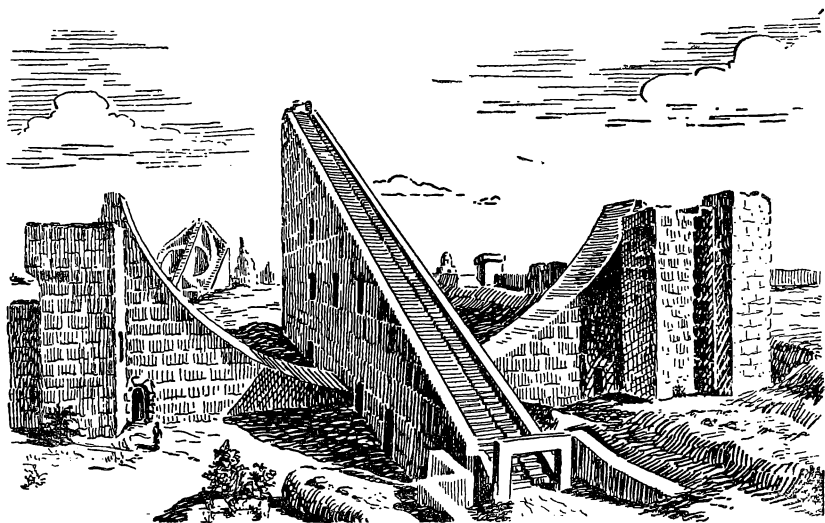


Рис. 20. Старинная индийская обсерватория в городе Дели.

городских площадей. Прохожие, желавшие узнать время, измеряли шагами меняющуюся длину тени гномона.

Гномоны были широко распространены не только в Греции, но и в других странах древнего мира, например в Китае, в Римской Империи. В царствование императора Августа в Риме был воздвигнут вывезенный из Египта огромный гномон высотой около 40 метров. Установленный на Марсовом поле, он долгое время использовался как солнечные часы.

Чем выше гномон, тем длиннее его тень, тем заметнее ее изменения. Значит, с большим гномоном можно легче, точнее измерять время, чем с гномоном небольших размеров.

В 1430 году знаменитый узбекский астроном Улугбек построил в Самарканде гномон высотой с 12-этажный дом (55 метров). В Европе здания церквей иногда использовались как гномоны. Самый высокий из когда-либо существовавших гномонов — это гномон, установленный итальянским ученым Тосканелли на куполе Флорентийского собора. Его высота (вместе со зданием собора) — 90 метров! Надо, однако, заметить, что гномоны из-за неточностей измерений были малопригодны в качестве часов. В конце XVIII века они вовсе вышли из употребления. Гораздо важнее роль гномона как высотомера.

Представьте себе, что в некоторый момент суток тень от гномона, имеющего высоту a сантиметров, достигает в длину b сантиметров. Тогда угловая высота Солнца над горизонтом (h)

легко найдется из формулы $a = b \operatorname{tg} h$. Для читателей, не знающих тригонометрии, можно предложить другое, графическое решение. Найдя из наблюдений длину тени в сантиметрах (b) и зная высоту гномона в тех же единицах (a), постройте в уменьшенном масштабе чертеж гномона и его тени и по чертежу, пользуясь обычным транспортиром, найдите угол (h). Таким образом, с помощью гномона можно в любой момент определить высоту Солнца над горизонтом. Древние астрономы хорошо знали это свойство гномона и часто использовали гномон как угломерный инструмент.

А вот и другой, весьма распространенный в древности измерительный инструмент — к в а д р а н т (рис. 21). Внешне он несколько напоминает высотомер, да и принципиально ничем не отличается от этого прибора. На дуге в четверть окружности (отсюда название «квадрант») нанесены градусные деления. По градусной шкале скользит подвижная линейка, называемая алидадой. На концах алидады укреплены две дощечки с отверстиями — диоптры. Алидада закреплена в центре дуги квадранта, вокруг которой она может свободно вращаться. Одна грань квадранта горизонтальна, другая вертикальна. Наблюдатель алидады находит угловую его высоту.

В тех случаях, когда дуга инструмента охватывала не четверть, а шестую часть окружности, инструмент назывался с е к с т а н т о м.

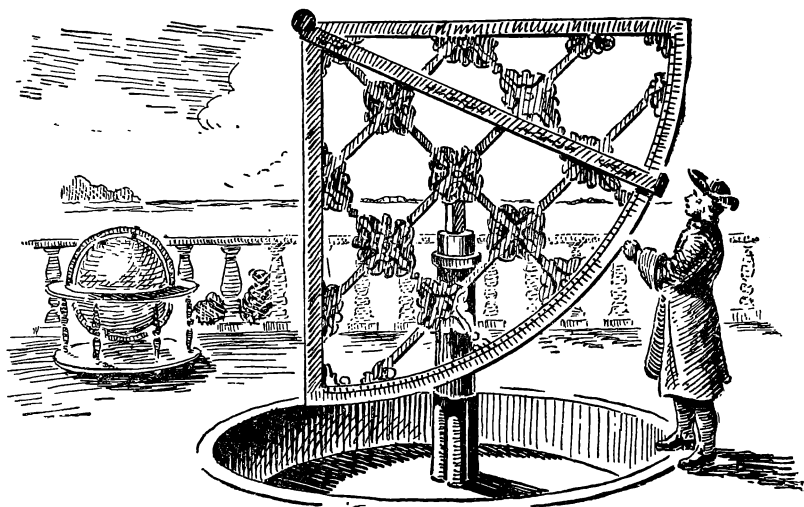


Рис. 21. Старинный квадрант.

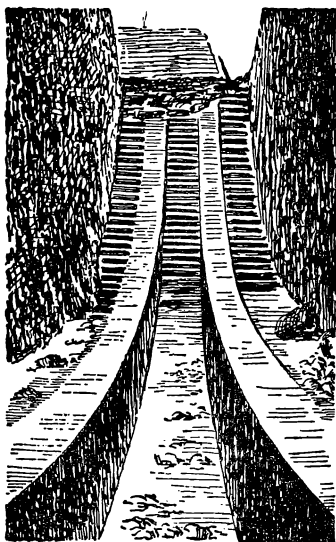
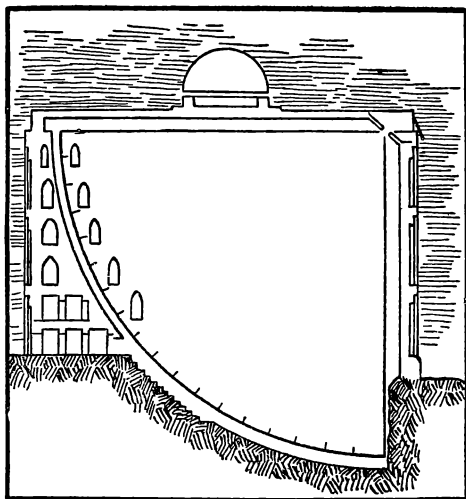


Рис. 22. Слева — общий вид обсерватории Улугбека (реконструкция), справа — сохранившиеся остатки исполинского секстанта Улугбека.

Квадранты и секстанты — основные угломерные инструменты древнего астронома. С их помощью сделаны почти все важнейшие открытия дотелескопической астрономии.

В отличие от высотомера, квадранты при наблюдении не держали на весу, а, как правило, укрепляли на какой-нибудь подставке. В одних случаях это был вертикальный стержень (рис. 21), вокруг которого мог вращаться квадрант. С такими квадрантами можно измерять высоты светил в любых направлениях. Однако для большей точности измерений (во избежание тряски инструмента) квадранты закрепляли неподвижно на какой-нибудь стене. Стена эта обычно была направлена по полуденной линии. Так появились стенные квадранты, с помощью которых измерялись высоты светил в момент их прохождения над точками юга или севера.

Чем крупнее квадрант, тем больше делений можно нанести на его дуге и, следовательно, тем точнее можно определить положение светила. Датский астроном XVI века Тихо Браге прославился как отличный наблюдатель, точность наблюдений которого в те времена никем в Европе не была превзойдена. Секрет его успеха прост: в распоряжении Тихо Браге находился огромный стенной квадрант, радиус дуги которого достигал нескольких метров. С помощью этого инструмента Тихо Браге определял положение звезд с точностью до 1 минуты дуги.

Еще большими размерами обладал неподвижный квадрант (точнее, секстант), построенный в Самарканде за много лет до Тихо Браге Улугбеком. Это был самый большой из когда-либо существовавших астрономических инструментов. Радиус дуги секстанта Улугбека равнялся 40 метрам!

Стенные квадранты — громоздкие, неподвижные инструменты. Были у древних, однако, и легкие, переносные угломерные инструменты, которыми легко мог воспользоваться мореплаватель или путешественник. Такова, например астрolia (рис. 23). К центру круга, разделенного на градусы и доли градуса, прикреплена вращающаяся алидада с двумя диоптрами. Во время наблюдений астрolia подвешивается за кольцо, а наблюдатель смотрит на светило через оба диоптра и по положению алидады узнает угловую высоту светила.

Согласитесь, что астрolia почти не отличается от высотомера.

Попробуйте сами изготовить этот простой, но очень удобный древний инструмент. И квадрант, и астрolia, и наш высотомер из транспорта обладают одним существенным недостат-

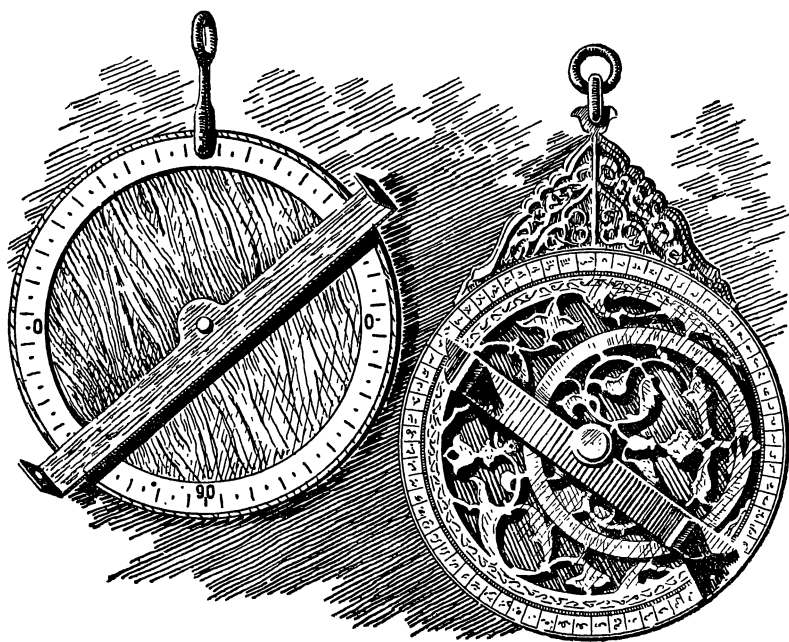


Рис 23 Древняя (справа) и самодельная астрolia.

ком — с их помощью можно измерять лишь углы, лежащие в вертикальных плоскостях. А как же быть, если, скажем, надо измерить угловое расстояние между двумя звездами, расположенными над разными точками горизонта?

Среди инструментов, установленных на террасе древней обсерватории, мы найдем тот, который позволял решать поставленную задачу. Это астрономический посох (рис. 24). Попробуйте сами изготовить его. Он состоит из двух частей — линейки с делениями

и диоптром на конце и ползунка с визирами. Чтобы ползунки не соскакивал с линейки, он должен иметь паз, соответствующий сечению линейки. Диоптр изготавливается из жести с отверстием в центре диаметром 3 миллиметра, а в качестве визиров можно взять обычные булавки. Размеры посоха могут быть различными — на рисунке 24 приводится лишь один из возможных вариантов.

Нанесение делений на линейку (градуирование инструмента) делают так. Берут большой транспортир (особенно хорош тот, каким пользуются учителя математики) и прикладывают его к концу линейки так, как указано на рисунке 24. К центру дуги транспортира прикрепляют две нитки, которые свободно касаются визиров. При перемещении ползунка угол между нитками меняется, а величина угла легко находится по транспортиру. Для разных положений ползунка наносят на линейку соответствующие им градусные деления (величину угла между нитками). Желательно градуировать прибор возможно точнее (во всяком случае, деления должны идти не реже, чем через градус).

Наблюдения с астрономическим посохом просты. Наблюдатель располагает инструмент так, чтобы ползунки лежал в плоскости, проходящей через две звезды и глаз. Затем, передвигая ползунки, добиваются того, чтобы оба визира были видны в направлении звезд, то-есть проектировались на звезды. Положение ползунка над шкалой укажет угловое расстояние между звездами.

Астрономический посох — универсальный прибор. Им мож-

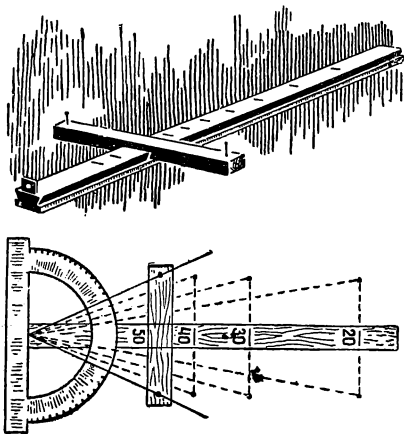


Рис. 24. Угломерный астрономический посох.

но измерять углы в любых плоскостях, в частности и в вертикальных. Недостаток его, общий для всех древних переносных угломерных инструментов, — это малая точность измерений. Поэтому древние астрономы прибегали к помощи посоха лишь тогда, когда он не мог быть заменен каким-нибудь большим и устойчивым угломерным инструментом.

Закончим на этом экскурсию по древней обсерватории. Правда, не все инструменты, стоящие на террасе, нами осмотрены. Вот, например, прибор, состоящий из трех линеек и называемый *три к в е т р о м*. Он, как и квадрант, предназначался для измерения высот светил. Были у древних и другие угломерные инструменты. Несмотря на внешнее разнообразие, все они предназначались для одной общей цели — измерять углы между направлениями из глаза наблюдателя на различные точки неба. Короче говоря — это небесные транспортиры, с помощью которых была создана вся древняя и средневековая астрономия.

По стопам древних астрономов

Теперь, когда у вас есть главнейшие из древних инструментов — гномон, высотомер, астролыбия и астрономический посох, — вы вполне можете повторить те наблюдения, которые когда-то производили древние астрономы. Пойдите по их стопам, попробуйте сами сделать то, что когда-то сделали они, — вы не только поймете, как создавалась астрономическая наука, но и сознательно усвоите сущность простейших астрономических явлений.

Угломерные инструменты использовались древними астрономами для определения положения небесных светил. Тут, однако, сразу возникают два вопроса. Говоря о положении светил на небе, что мы, собственно, понимаем под словом «небо»? И второе: положение любого тела определяется по отношению к какому-нибудь другому предмету, другому телу. Например, можно говорить о расположении этой книги по отношению к краю стола, на котором она лежит, или, скажем, по отношению к комнате. Ну, а с чем же сравнивается положение небесных светил, по отношению к чему это положение определяется?

Ответим сначала на первый вопрос. Небо, как разъяснялось выше, — это мировое пространство, рассматриваемое сквозь земную атмосферу. Однако, говоря о положении светил на небе, астроном не имеет в виду их расположение в пространстве. Речь здесь идет о другом.

Небо нам представляется огромной полусферой, опирающейся краями на Землю. Наши чувства, обманывая нас, создают впечатление о движении всех небесных светил по поверх-

ности этого несуществующего небосвода. Впрочем, в древности многие думали, что небосвод и на самом деле есть. Полагая Землю шарообразной, они помещали ее в центр вселенной. Вокруг Земли, по их мнению, обращались все небесные тела — Солнце, Луна, планеты, звезды. Луна, Солнце и каждая из планет прикреплены к своим хрустальным сферам, которые охватываются исполинской по размерам сферой неподвижных звезд.

В средние века некоторые мыслители представляли себе строение вселенной значительно проще. По их мнению, существовало одно хрустальное сферическое «небо», к нему «намертво» прикреплены были звезды, а Солнце, Луна и планеты свободно двигались по этой «небесной тверди».

Невозвратно ушли в прошлое наивные представления о хрустальных небесах. Тем не менее в современных учебниках астрономии вы непременно и много раз встретите выражение «небесная сфера». Что это за сфера, зачем ею пользуются астрономы и имеет ли она какое-нибудь отношение к древним хрустальным «небесам»?

Оказывается, для удобства рассуждений полезно считать, что все небесные светила находятся от глаза наблюдателя на одинаковом расстоянии и движутся по поверхности воображаемой сферы. Вот это в действительности несуществующее, но очень удобное геометрическое построение и называется небесной сферой.

Центр небесной сферы совпадает с глазом наблюдателя, а радиус ее может быть любым (рис. 25). В самом деле, ведь астроному на первых порах приходится иметь дело с угловыми измерениями на небе (теперь мы можем сказать точнее — на небесной сфере), а для таких измерений величина радиуса сферы не имеет никакого значения, так как величина угла не зависит от длины его сторон.

Таким образом, наблюдатель мысленно проектирует небесные светила на поверхность небесной сферы. Обманчивое ощущение небосвода и веками существовавшие представления о хрустальных небесах породили современную, чисто условную (в чем астрономы всегда отдают себе отчет) небесную

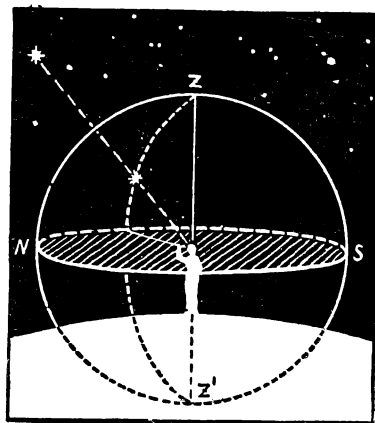


Рис. 25. Небесная сфера, наблюдатель и Земля.

сферу. Не хрустальная небесная твердь, не граница между здешним и потусторонним миром, а просто удобное для рассуждений математическое построение — вот что такое небесная сфера. Будем считать, что на этом условном «математическом небе» происходят наблюдаемые нами небесные явления.

Небесная сфера поможет нам найти ответ и на второй вопрос, поставленный в начале главы. Когда астроном стремится определить видимое, наблюдаемое положение небесного светила, то он имеет в виду его расположение на небесной сфере. Его при этом не интересует расстояние до светила в километрах — оно может быть получено потом, как следствие некоторых угловых измерений. А пока астроном старается возможно точнее измерить угол между направлением на светило и каким-нибудь другим направлением, неизменным для данного места Земли. За второе, начальное направление, по отношению к которому определяется положение светила, принимается направление отвесной, или вертикальной, линии. Действительно, в данном месте земного шара это направление всегда одно и то же, а практически найти его очень легко — для этого нужен только отвес.

Теперь давайте рассуждать так. Пусть где-то на Земле находится наблюдатель (см. рис. 25). Вертикальная прямая, проходящая через его глаз, как известно, совпадает с продолженным радиусом Земли. Представим себе небесную сферу, с центром в глазу наблюдателя. Вертикальная прямая пересечет сферу в точках Z и Z' . Та из них, которая находится над головой наблюдателя, называется **з е н и т о м** (Z), противоположная — **н а д и р о м** (Z'). Угол между вертикальной линией и направлением на светило называется **з е н и т н ы м** **р а с с т о я н и е м** светила и обозначается буквой z .

Пусть не смущается юный читатель, что нам сейчас придется заниматься скорее геометрией, чем астрономией. Современному астроному необходимо хорошо знать математику — основу всех точных наук. Его примеру должен следовать и юный астроном даже тогда, когда математические рассуждения могут показаться несколько скучными. Помните прекрасные слова великого учителя коммунизма Карла Маркса: «...В науке нет столбовой дороги, и только тот может достичь ее сияющих вершин, кто, не страшась усталости, карабкается по ее каменистым тропам».

Итак, вернемся к нашим рассуждениям. На рисунке 25 через центр небесной сферы проведена плоскость, касательная к поверхности земного шара и, следовательно, перпендикулярная к вертикальной линии. Вы, наверно, вспомнили, что эта плоскость называется плоскостью математического горизонта. Окружность, по которой она пересекает небесную сферу, назы-

вается линией математического горизонта. Давайте теперь для удобства дальнейших рассуждений сделаем другой, более простой чертеж. На нем (рис. 26) мы изобразим небесную сферу, вертикальную линию, плоскость и линию математического горизонта. Что же касается земного шара и наблюдателя, то их, чтобы не усложнять чертеж, мы изображать не будем. Кстати сказать, именно такие упрощенные чертежи небесной сферы и встречаются во всех учебниках астрономии.

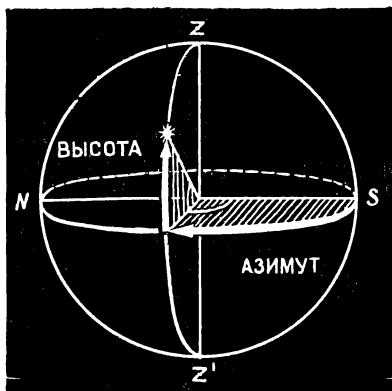


Рис. 26. Горизонтальные координаты светила.

На нашем чертеже изображено не настоящее светило, а его проекция на поверхность небесной сферы. Тем не менее, в дальнейшем будем называть эту проекцию «светилом».

Легко сообразить, что зенитное расстояние светила и его угловая высота над горизонтом — это два угла, взаимно дополняющие друг друга до 90° . Отсюда вытекает следующая простая формула: $h = 90 - z$. Зная высоту светила, мы сразу же находим его зенитное расстояние, и обратно — по зенитному расстоянию нетрудно найти высоту. Следовательно, зенитные расстояния небесных светил можно измерить высотомером или сходным с ним угломерным инструментом.

Одна высота, как и одно зенитное расстояние, еще не определяет положения светила на небесной сфере. Если, скажем, я попрошу вас указать точку на небесной сфере, у которой высота и зенитное расстояние равны 45° , то одной такой точки вы не найдете. Нетрудно сообразить, что есть бесчисленное множество точек сферы с указанной высотой и зенитным расстоянием. Значит, по одной высоте так же трудно указать определенную точку на небе, как, зная лишь улицу и номер многоквартирного дома, отыскать живущего в нем вашего знакомого. В последнем случае вы всегда попытаетесь узнать номер его квартиры, узнав же его, вы легко найдете единственную квартиру с этим номером.

Так и на небе: кроме высоты, надо узнать еще одну величину, один угол, который вместе с высотой (или зенитным расстоянием) уже вполне определенно укажет соответствующую им единственную точку на небе. Эта вторая величина называется **а з и м у т о м**.

Посмотрите на рисунок 26. Полуокружность, проходящая через светило и соединяющая зенит с надиром, называется вертикалом. Ясно, что на небесной сфере существует бесчисленное множество вертикалов, но только один из них проходит через данное светило. На рисунке 26 изображена окружность, проходящая через зенит, надир, точку юга S и точку севера N . Астрономы называют ее небесным меридианом. В полдень Солнце всегда пересекает небесный меридиан, достигая в этот момент наибольшей высоты над горизонтом.

Представьте себе теперь угол между плоскостью, в которой лежит небесный меридиан, и плоскостью вертикала, проходящего через данное светило. Этот угол и есть азимут. Астрономы условились отсчитывать его от точки юга к западу, в пределах от 0° до 360° .

Так, например, когда Солнце заходит в точке запада, его азимут в этот момент равен 90° , а когда оно восходит в точке востока, азимут Солнца равен 270° . Зная азимут и высоту или азимут и зенитное расстояние, можно легко указать единственную соответствующую им точку небесной сферы. Как, например, называется точка, у которой и высота и азимут равны 0° ? Вероятно, вы уже сообразили, что такой точкой будет точка юга. Противоположная точка севера имеет азимут 180° и зенитное расстояние, равное 90° .

Азимут и высота (или зенитное расстояние) — это величины, определяющие положение любой точки на небе. Такие величины называются координатами. На Земле тоже пользуются координатами — широтой и долготой. Эти географические координаты определяют положение любого пункта на поверхности земного шара.

Поскольку азимут и высота характеризуют положение небесных светил по отношению к плоскости горизонта, их называют горизонтальными координатами. Как

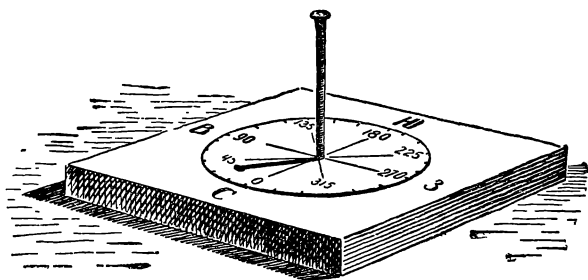


Рис. 27. Гномон для определения азимутов.

же практически измерить эти координаты у наблюдаемого на небе светила?

Высота (а следовательно, и зенитное расстояние) определяется с помощью высотомера. Несколько сложнее найти азимут светила.

Попробуйте сначала сделать прибор, с которым легко узнать азимут Солнца (рис. 27). Это, в сущности, обычный гномон, но только тень от него скользит по кругу, разделенному на градусы. Гномон надо предварительно установить так, чтобы диаметр круга СЮ совпадал с полуденной линией. В этом случае тень от гномона будет указывать на различные деления круга, соответствующие разным азимутам Солнца.

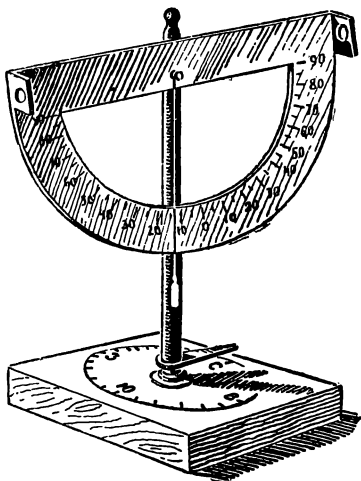


Рис. 28. Универсальный высотомер.

Труднее найти азимут какой-нибудь звезды. Для этого установим высотомер на вращающемся стержне (рис. 28). У основания стержня укреплена стрелка, указывающая на разделенном круге азимут светила. Разумеется, перед наблюдениями надо установить прибор так, чтобы диаметр СЮ совпадал с полуденной линией. Поскольку этот нехитрый инструмент позволяет находить не только высоту и зенитное расстояние, но и азимут любого светила, назовем его **универсальным высотомером**.

Вам, наверно, приходилось видеть **теодолит**. Он широко применяется при съемке местности с целью составления карт, при землемерных работах, а также при решении многих других практических задач.

С виду теодолит весьма сложен, но по существу он похож на наш универсальный высотомер. С теодолитом также можно измерять углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях, но благодаря зрительной трубе эти измерения гораздо точнее, чем с высотомером. Если с высотомером возможно измерять углы с точностью до 0,5 градуса, то современные теодолиты дают точность измерения углов до секунд дуги.

Еще точнее так называемый **универсальный инструмент**. Он весьма сходен с теодолитом, но разделенные круги у него больше, труба увеличивает сильнее и точность измерения углов достигает нескольких секунд. Астрономы исполь-



Рис. 29. Созвездия Большая Медведица и Малая Медведица.

зуют универсальный инструмент специально для нахождения горизонтальных координат светил.

Азимуты и высоты небесных светил умели измерять еще древние астрономы. Простота таких измерений — главное преимущество горизонтальных координат. Есть, однако, у них и серьезный недостаток, который вы легко обнаружите сами.

В ясный, солнечный день с помощью описанного в этой главе гномона (рис. 27) попробуйте для пяти или шести выбранных вами моментов времени определить азимуты Солнца. Кроме того, по высоте гномона и длине отбрасываемой им тени вычислите (или найдите графически) высоты Солнца в те же моменты. Полученные данные, как всегда, занесите в журнал наблюдений. Легко обнаружить, что и азимут и высота Солнца непрерывно меняются.

Вечером, когда скроется Солнце и появятся яркие звезды, выберите одну из них, возьмите универсальный высотомер и с его помощью убедитесь в изменениях горизонтальных координат звезды. Вывод из этих наблюдений совершенно ясен — горизонтальные координаты небесных светил непрерывно изменяются.

Такая изменчивость, конечно, неудобна. Если измерять положения небесных светил горизонтальными координатами, то эти светила окажутся в роли постоянных скитальцев, не имеющих определенного адреса на небе. А нельзя ли придумать другие координаты, для которых положение светил было бы неизменным? Оказывается, можно. Больше того — такие координаты существуют уже тысячи лет, так как применялись они еще древними астрономами. Что же это за координаты?

Звездной ночью отыщите в северной части неба всем известный ковш созвездия Большой Медведицы (рис. 29). По двум крайним звездам этого ковша, обозначаемым греческими буквами α и β , найдите Полярную звезду. Она принадлежит к созвездию Малой Медведицы, которое в виде меньшего ковша легко наблюдать в темные ночи (см. карту на стр. 213).

В течение двух-трех часов проследите за перемещением звезд Большой Медведицы. Для этой цели с помощью универсального высотомера измерьте 4—5 раз высоты и азимуты Полярной звезды, а также горизонтальные координаты звезд α Большой Медведицы и β Малой Медведицы. Кроме того, обратите внимание на взаимное расположение звезд в обоих созвездиях.

Из сделанных вами наблюдений вытекают следующие важные выводы: во-первых, взаимное расположение звезд в созвездиях остается неизменным; во-вторых, горизонтальные координаты звезд (кроме Полярной) все время меняются, причем азимуты непрерывно растут, а высоты убывают (или возрастают); и наконец, в-третьих, высота и азимут Полярной звезды остаются почти неизменными. Последнее означает, что весь небосвод, усеянный звездами, вращается, как одно целое, вокруг Полярной звезды.

Если быть точным, следует заметить, что кажущееся вращение звезд происходит не вокруг Полярной звезды, а вокруг некоторой точки, очень близкой к Полярной звезде. Эта точка, отстоящая на расстоянии немногим более 1° от Полярной звезды, называется северным полюсом мира. С помощью фотоаппарата можно получить любопытный снимок суточного движения звезд. Установив аппарат «на бесконечность» и направив его на Полярную звезду, производят снимок звезд. от-

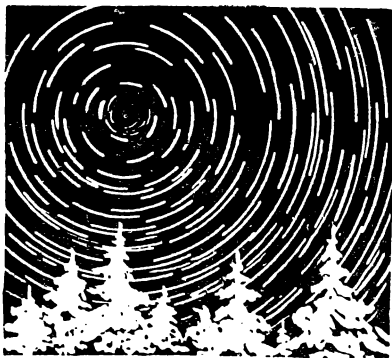


Рис. 30. Фотография движущихся звезд.

крывая объектив аппарата на 20—30 минут. За время съемки звезды заметно переместятся и их изображения прочертят на пластинке дуги (рис. 30), общий центр которых и будет северным полюсом мира.

На южном небе, которое можно наблюдать в южных странах, есть другая неподвижная точка — южный полюс мира. Воображаемая прямая, соединяющая эти две точки, называется осью мира. Действительно, кажется, что Земля неподвижна, а весь необъятный мир, вся вселенная вращается вокруг этой воображаемой оси. На самом деле происходит иное — Земля вращается вокруг своей воображаемой оси, и ее ось направлена почти на Полярную звезду. Именно поэтому Полярная звезда (точнее, полюс мира) кажется неподвижной.

Попробуйте, кружась как в вальсе, смотреть на потолок вашей комнаты. Стол, стулья, шкаф и все предметы в комнате будут казаться мчащимися вокруг вас, но над вашей головой на потолке вы увидите неподвижную точку — ваш «полюс мира». Подобно этому кружится, как нам кажется, и весь небосвод. Светила как будто прикреплены к огромной сфере, а сфера эта, имеющая в своем центре Землю, вращается вокруг нее. Будем считать, что на рисунке 31 изображена небесная сфера. На этой сфере есть две неподвижные точки — «полюсы мира». Они, как нам уже теперь известно, не принимают участия в кажущемся суточном вращении небосвода. Окружность, все точки которой отстоят на одинаковом расстоянии от полюсов мира,

называется небесным экватором. Небесный экватор делит небо на два полушария. То из них, к которому принадлежит Полярная звезда, называется северным, а противоположное — южным.

Кажущиеся суточные пути звезд параллельны небесному экватору и, значит, расстояние звезд от небесного экватора всегда остается неизменным. Вообще из наблюдений вытекает, что звезды так же неподвижны по отношению к небесному экватору, как земные города по отношению к земному экватору. Именно поэтому астрономы предпочитают определять положение звезд по отношению к небесному экватору

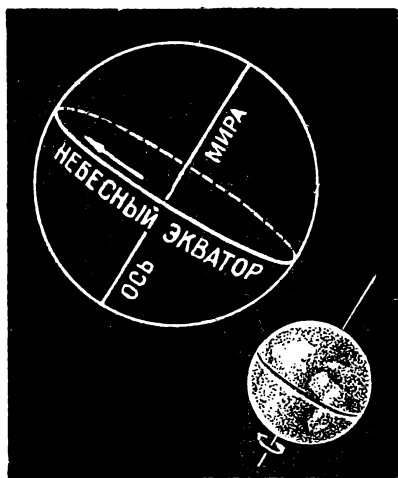


Рис. 31. Небесная сфера и вращение Земли.



Рис. 32. Экваториальные и географические координаты.

и пользуются при этом так называемыми экваториальными координатами.

Экваториальные координаты очень сходны с географическими — широтой и долготой (рис. 32). На Земле положение какого-нибудь пункта определяется двумя координатами — широтой, представляющей собой расстояние в градусах по меридиану от земного экватора до данного пункта, и долготой, то-есть дугой экватора между меридианом этого пункта и условно взятым начальным меридианом, проходящим через английскую Гринвичскую обсерваторию (близ Лондона). Так же и на небе — адрес звезды, ее положение, определяется двумя координатами. Расстояние звезды (в градусах) от небесного экватора астрономы называют склонением звезды (обозначается буквой δ). Склонение похоже на географическую широту и считается положительным к северу от небесного экватора и отрицательным — к югу от него.

Вторая небесная координата, сходная с географической долготой, называется прямым восхождением (обозначается буквой α). Прямое восхождение — это дуга небесного экватора между кругом склонения, проходящим через светило, и некоторой неподвижной начальной точкой на небесном экваторе Υ . Называется она точкой весеннего равноденствия, потому что, как мы узнаем, Солнце бывает в этой точке неба в день весеннего равноденствия — 21 марта.

В отличие от склонения, которое, как и широта, выражается в градусах, минутах и секундах, прямое восхождение измеряет-

ся в так называемой часовой мере. Каждая звезда за сутки, то-есть за 24 часа, опишет на небе полную окружность, иначе говоря, пройдет 360° . Следовательно, угол в 360° соответствует 24 часам; тогда «угол в один час» будет равен углу в 15° , угол в 4 минуты — углу в 1° , и т. д.

Зная величину угла в часах, минутах и секундах, можно выразить его в градусах и долях градуса, а также легко совершить и обратную операцию.

Экваториальные координаты очень удобны для определения положения звезд. Как каждый город на Земле имеет вполне определенные и постоянные широту и долготу, так и каждой звезде на небе соответствуют определенные и неизменные экваториальные координаты.

Посмотрите на звездную карту, данную в Приложении к этой книге. Она, подобно географической карте, покрыта сеткой координат. По окружности карты нанесено прямое восхождение, а вдоль отрезка, соединяющего центр карты с 0 часов прямого восхождения — склонение. Попробуйте по карте (разумеется, приближенно) определить экваториальные координаты нескольких звезд. Обозначение звезды с наименованием созвездия (например, α Лиры) и найденные вами координаты занесите в журнал наблюдений.

Настоящие астрономы, конечно, иначе измеряют прямые восхождения и склонения звезд. У них нет готовой карты с нанесенной координатной сеткой; наоборот, они сами должны на основе наблюдений составить подобную карту. Есть разные способы решения этой задачи. Один из них состоит в том, что, измерив в какой-нибудь момент универсальным инструментом азимут и высоту звезды, астроном по довольно сложным формулам вычисляет на основе этих данных ее экваториальные координаты. Есть и другие, более совершенные приемы.

В географических справочниках указываются широты и долготы различных городов. Точно так же в астрономических справочниках, и в особенности в звездных каталогах, где приводятся сведения о многих тысячах звезд, можно найти и их экваториальные координаты. С другой стороны, наряду со всем известными географическими глобусами, существуют — к сожалению, малораспространенные — звездные глобусы (рис. 33). Ось такого глобуса изображает собой ось мира. На черной или темносиней поверхности глобуса нанесены звезды, а наблюдатель должен представлять себя находящимся в самом центре глобуса. Поскольку фактически мы всегда видим глобус извне, снаружи, фигуры созвездий на звездном глобусе не такие, как на настоящем небе, а зеркально перевернутые. Учтите этот недостаток звездного глобуса, если вам придется им пользоваться.

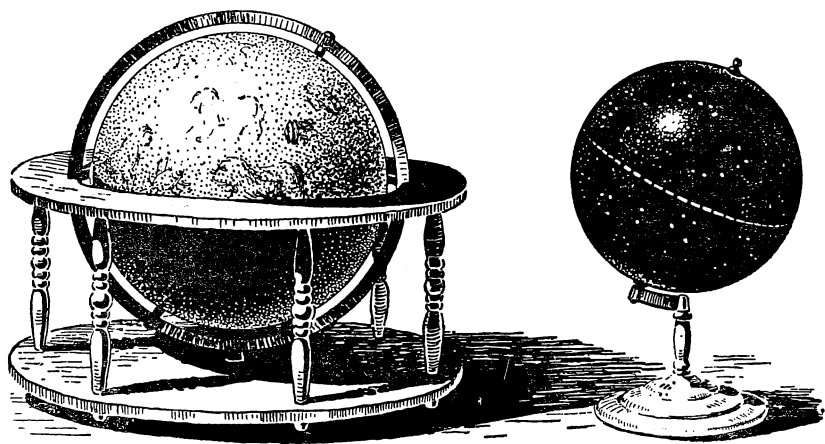


Рис. 33. Звездные глобусы. Слева — фабричный, справа — самодельный.

Для себя вы можете сделать некоторое подобие звездного глобуса (рис. 33). Возьмите обычный географический глобус, покройте его черной краской, проведите белую полосу, изображающую небесный экватор, и у вас получится пособие, очень полезное при изучении астрономии. Если какую-нибудь из точек экватора принять за точку весеннего равноденствия, то, пользуясь измерительной лентой, заранее разделенной на градусы, можно легко нанести изображение любой звезды на поверхность глобуса — для этого надо только знать ее экваториальные координаты. Прodelайте такую работу, и она поможет вам понять, как составляются звездные карты. Координаты звезд даны в конце книги в Приложении, а измерительную ленту легко сделать самим. Для этого берут любую матерчатую или клеенчатую узкую ленту и на ней наносят две черточки, расстояние между которыми равно длине экватора глобуса. После этого с помощью обычной измерительной линейки делят расстояния между черточками на 360 (или меньшее число) равных частей — и измерительная градусная лента готова.

Звездные глобусы — необходимая принадлежность как древних, так и современных астрономических обсерваторий. Но они, разумеется, не инструменты для наблюдений, а наглядные пособия, изображающие звездное небо и суточное движение звезд.

Самый большой из когда-либо существовавших звездных глобусов — это знаменитый «Готторпский глобус», купленный за границей Петром Первым и установленный в Петербурге. Поперечник исполинского глобуса равнялся нескольким мет-

рам. В отличие от всех других звездных глобусов, в Готторпском глобусе звезды были нанесены на внутреннюю поверхность шара, а наблюдатели помещались внутри глобуса. Таким образом, они видели созвездия неискаженными, как и на настоящем небе. Под полом, изображавшим плоскость горизонта, внутри глобуса был установлен механизм, который приводил во вращение весь глобус. Благодаря такому устройству зрители, сидящие в глобусе, могли легко наблюдать восход и заход небесных светил. К сожалению, этот первый русский планетарий не дожился до наших дней. Он сгорел во время одного из пожаров.

В настоящее время все видимые движения небесных светил с большим успехом воспроизводятся аппаратами «планетарий». Внутри больших шаров этих аппаратов помещены сильные электрические лампочки, а в самих шарах сделаны тысячи отверстий, каждое из которых соответствует какой-нибудь определенной звезде. На стены зрительного зала в виде полусферы опирается огромный, изготовленный из полотна, купол-экран. Когда в зале гаснет свет, а внутри шаров аппарата зажигаются лампочки, зрители, сидящие в зале, видят над головой изумительно красивую картину звездного неба.

Аппарат «планетарий» — очень сложная машина. Он показывает не только звездное небо и движение звезд, но и вообще все видимые небесные явления. Под куполом планетария можно увидеть движение Солнца и планет, неожиданное появление хвостатой звезды — кометы, искрящиеся пути падающих звезд — метеоров, солнечные и лунные затмения, полярные сияния и многое, многое другое. По воле лектора сутки в планетарии, а если угодно, и целый год, можно сократить до одной минуты или без всякого труда за какие-нибудь 6—7 минут совершить кругосветное путешествие, посмотреть по пути невидимое в Москве небо южных стран!

Большие аппараты «планетарий» очень сложны и дороги. В Советском Союзе их только два — один в Москве и другой в Сталинграде. Можно, однако, сделать и менее сложные (но, конечно, не такие совершенные) планетарии. В послевоенные годы мастерские Московского планетария изготовили много маленьких планетариев, которые теперь установлены в Горьком, Костроме, Ярославле и ряде других городов Советского Союза.

Представьте себе на минуту, как бы почувствовал себя какой-нибудь древний астроном, попав в Московский планетарий. Его бы, вероятно, охватило чувство глубокого удивления. Все то, что он в течение многих лет наблюдал на настоящем небе, пытаясь разгадать причину происходящих явлений, теперь с огромной точностью воспроизводится созданной человеком

удивительной машиной. А ведь это означает, что мы теперь знаем законы небесных явлений, и то, что казалось древним загадочным и необъяснимым, ныне не только объяснено, но и может быть воспроизведено.

Путешествие вокруг Земли

Интересное это занятие — путешествовать по Земле! В каждой стране свои обычаи, да и жители подчас совсем непохожи на нас с вами. А сколько приключений ждет путешественника на его долгом пути! Впрочем, вы и сами все это хорошо знаете, потому что, наверно, читали увлекательные романы Жюль Верна, Майн-Рида, Джека Лондона; вас захватывала удивительная жизнь таких великих путешественников, как Пржевальский или Миклухо-Маклай. Но обращали ли вы внимание на одно любопытное обстоятельство: путешественники, побывавшие в южных странах, видели там не только другую природу и другие народы, чем в северном полушарии, но и другое небо над головой.

Давно уже установлено, что есть звезды, которые никогда нельзя увидеть в Москве или в других городах северного полушария. С другой стороны, в Антарктике жители поселка Мирный не видят многих звезд, украшающих небо Европы. В чем же причина этих явлений, почему в разных полушариях Земли видны разные звезды? В поисках ответа давайте снова займемся наблюдениями.

В звездную ночь выйдите под открытое небо и выберите в его юго-восточной части какую-нибудь яркую звезду. С помощью высотомера или астролябии через каждые 10 минут измеряйте ее высоту, занося результаты в журнал наблюдений. Параллельно с этим ведите подобные же наблюдения над другой яркой звездой в юго-западной части неба. После пяти-шести измерений высот каждой звезды внимательно просмотрите результаты ваших наблюдений.

Оказывается, высота звезды в юго-восточной части неба непрерывно возрастала. Наоборот, высота второй звезды (в юго-западной части неба) все время уменьшалась. Совершенно очевидно, что где-то в юж-

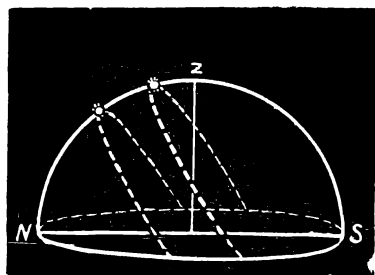


Рис. 34. Звезды, проходя через небесный меридиан, достигают наивысшего положения над горизонтом.

ной части неба звезды должны достигать наибольшей высоты над горизонтом. Можно легко проверить наблюдениями, что это бывает тогда, когда звезды проходят над точкой юга, или, иначе говоря, находятся на небесном меридиане (рис. 34).

Прохождение какого-нибудь светила через небесный меридиан астрономы называют его кульминацией. Отсюда, кстати, вошли в нашу речь такие выражения, как «кульминационный пункт», «кульминационный момент» и им подобные. Мы под «кульминационным» понимаем что-то «наивысшее» в данном явлении. Так, например, проведенные нами наблюдения показали, что в момент кульминации над точкой юга звезды занимают наивысшее положение над горизонтом. Есть, впрочем, кульминации и другого рода.

Пронаблюдайте движение звезд в северной половине неба. Вы легко убедитесь, что на северо-западе высоты всех звезд уменьшаются, а на северо-востоке — возрастают. Можно, далее, установить, что в тот момент, когда звезды проходят между Полярной звездой и точкой севера, они занимают наинизшее положение над горизонтом. Но, с другой стороны, в этот момент они находятся на небесном меридиане, а значит, кульминируют. Отсюда следует, что при одной кульминации звезды проходят через наивысшее положение над горизонтом, при другой кульминации — через наинизшее. Астрономы условились первую из кульминаций называть верхней, а вторую — нижней.

Убедитесь сами, пронаблюдав кульминации различных звезд, что границей областей верхней и нижней кульминаций является Полярная звезда, или точнее — полюс мира. Иначе говоря, звезды, пересекающие небесный меридиан между Полярной звездой и точкой юга, проходят через верхнюю кульминацию, а звезды, кульминирующие между Полярной звездой и точкой севера, находятся в этот момент в нижней кульминации.

Сделайте себе очень простую и в то же время весьма наглядную модель небесной сферы, на которой легко изучать суточное движение звезд. Для этого возьмите большую круглодонную колбу и наполните ее подкрашенной водой. Вода должна быть влита в таком количестве, чтобы при опрокинутой колбе горизонтальная поверхность воды делила шаровую часть колбы пополам (рис. 35). Вы, конечно, уже сообразили, что колба изображает собой небесную сферу, а поверхность воды в колбе — плоскость математического горизонта. Теперь воткните в пробку колбы тонкую спицу или проволоку — она будет изображать ось мира, — а на поверхность колбы наклейте несколько бумажных звездочек.

Вращая колбу вокруг «оси мира», вы можете воспроизвести восход, заход звезд, их движение над горизонтом и различные

кульминации. Для Москвы угол между осью мира и плоскостью горизонта составляет 56° . Вообще заметим, что этот угол всегда равен географической широте того места, где находится наблюдатель.

Вместо стеклянной модели небесной сферы можно пользоваться звездным глобусом несколько усложненной конструкции (рис. 33). Ось глобуса укреплена в металлическом кольце, изображающем небесный меридиан. Кольцо может вращаться в трех пазах, сделанных в подставке глобуса и горизонтальном круге, играющем роль горизонта. С таким глобусом можно не только показывать движение звезд в различных местах Земли, но и решать довольно сложные астрономические задачи¹.

В древние и средние века астрономы нередко пользовались так называемыми армиллярными сферами (рис. 36). В Европе они были изобретены, повидимому, Эратосфеном, жившим в III веке до нашей эры. Встречались армиллярные сферы в Китае и других странах древнего Востока. Армиллярные сферы изображали собой небесную сферу с ее основными кругами (небесным экватором, небесным меридианом, горизонтом и др.). Они во многом заменяли звездный глобус, и к ним прибегали при решении астрономических задач. Конечно, и звездный глобус и армиллярные сферы давали грубо приближенные ответы. Неудивительно поэтому, что с развитием теории и техники астрономических вычислений надобность в этих наглядных пособиях сильно уменьшилась. На современных обсерваториях вы уже не встретите крупных армиллярных сфер или звездных

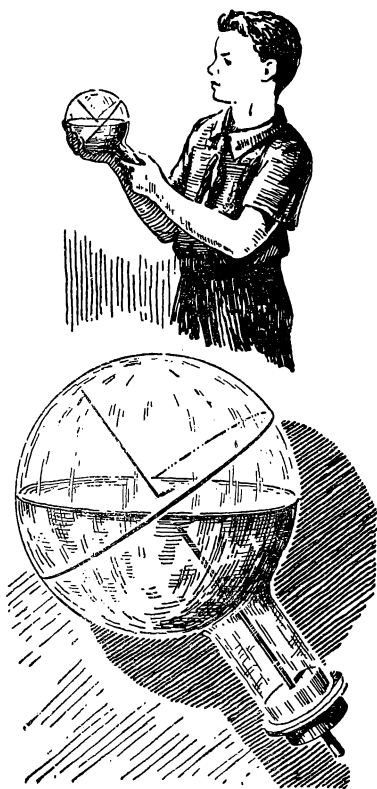


Рис. 35. Модель небесной сферы.

¹ Подробнее об этом можно прочесть в книге Б. А. Воронцова-Вельяминова «Сборник задач и упражнений по астрономии», Гостехиздат, М., 1953, стр. 70.

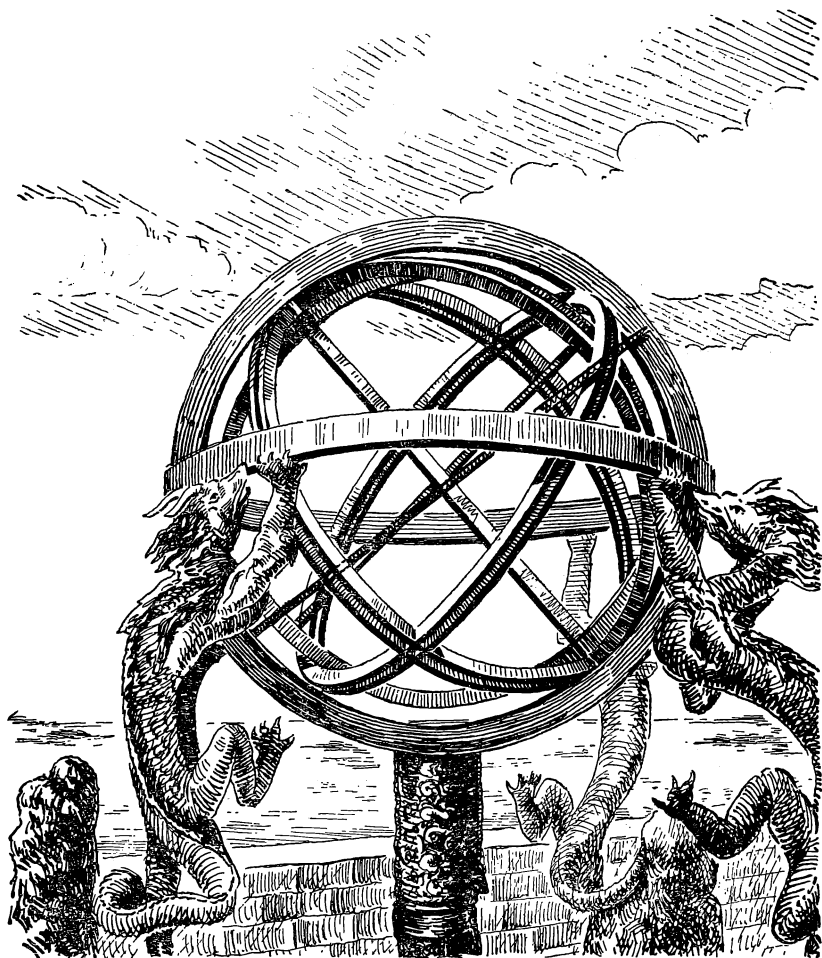


Рис. 36. Армилярная сфера Пекинской обсерватории.

глобусов. В наши дни их употребляют лишь в учебных целях, а различные задачи из области астрономии решают почти исключительно вычислительным путем.

На стеклянной модели небесной сферы легко показать, как восходят и заходят звезды. Но все ли звезды в своем кажущемся суточном движении пересекают горизонт? Легко сообразить, что не все. На рисунке 37 показано, что звезды, близкие к Полярной звезде, никогда не заходят за горизонт Москвы: их нижняя кульминация происходит выше точки севера. К та-

ким не заходящим в Москве звездам принадлежат семи-звездие ковша Большой Медведицы, звезды Малой Медведицы и многие другие. Незаходящие звезды никогда не пересекают горизонт, их можно видеть в любую ясную ночь, так как кажущийся суточный путь этих звезд целиком располагается над горизонтом.

Нетрудно догадаться, что есть звезды, никогда не восходящие над горизонтом Москвы — это те, у которых и верхняя и нижняя кульминации происходят под горизонтом (рис. 37). Так, например, знаменитое созвездие Южного Креста, прекрасно видимое в южных странах, никогда не восходит над горизонтом Москвы.

Между областями незаходящих и невосходящих звезд расположен пояс звезд, восходящих и заходящих в данном пункте Земли. У этих звезд можно наблюдать только верхнюю кульминацию.

Отчего же зависит видимость тех или иных звезд? Как узнать, какие звезды в данном городе всегда видны и какие никогда не появляются над горизонтом?

Вообразите себе, что из Москвы, где были начаты наши наблюдения, мы отправимся в кругосветное путешествие, двигаясь при этом строго на север по Московскому меридиану. В этом случае легко будет заметить, как по мере приближения к Северному полюсу Полярная звезда будет подниматься все выше и выше. Когда мы достигнем полюса, картина неба станет совсем иной, чем в Москве. Прямо над головой, почти в зените, сияет Полярная звезда. Воображаемая земная ось, проходя здесь, на полюсе, «сквозь нас», совпадает с отвесной линией. Что же касается небесного экватора, то на полюсе он неотличим от горизонта.

Попробуйте стеклянную модель небесной сферы расположить так, чтобы она изобразила

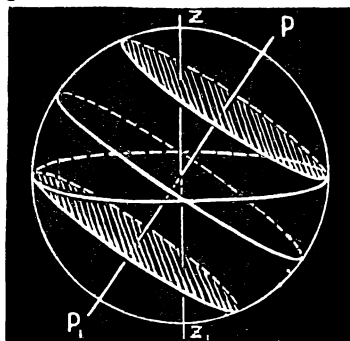
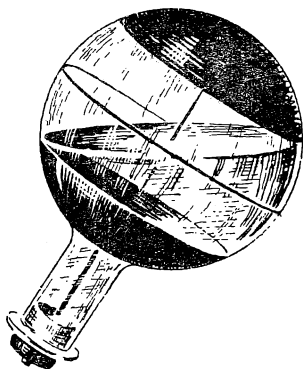


Рис. 37. Незаходящие и невосходящие звезды.

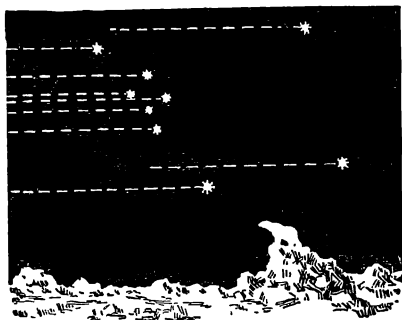
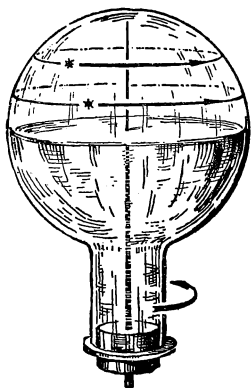


Рис. 38. Движение звезд на Северном полюсе.

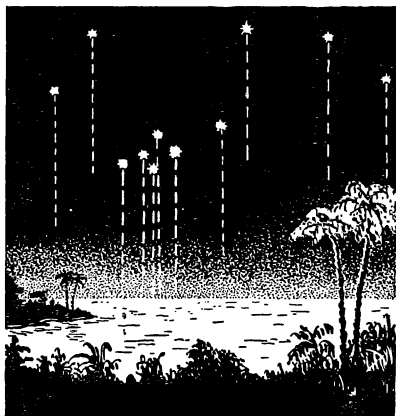
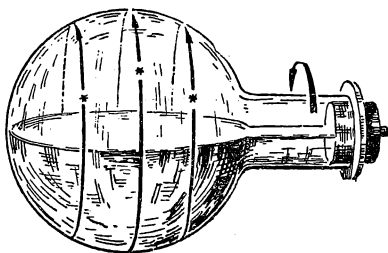


Рис. 39. Движение звезд на земном экваторе.

вид неба на Северном полюсе (рис. 38). Для этого ось колбы надо сделать вертикальной. Вращая колбу вокруг оси, можно обнаружить интересную особенность в движении звезд. Все звезды движутся параллельно горизонту — ни одна звезда не восходит и ни одна не заходит. На Северном полюсе видно одно, а именно северное, полушарие звездного неба; звезды южного полушария здесь никогда не восходят.

Раз на северном полюсе высоты звезд в течение суток не меняются, значит, нет здесь и кульминаций, нет и небесного меридиана. И действительно, куда бы мы ни двинулись с Северного полюса, мы пойдем непременно на юг! Других сторон горизонта на Северном полюсе нет. Здесь дуют только южные ветры, любой дом, построенный здесь, всеми своими четырьмя стенами будет выходить на юг. Ясно, что и мы, продолжив наше путешествие, двинемся теперь прямо на юг.

По мере нашего продвижения к экватору Полярная звезда

неуклонно опускается к горизонту. На земном экваторе, где широта любого пункта равна нулю, Полярная звезда (точнее, полюс мира) оказывается лежащей в плоскости горизонта.

Посмотрите на стеклянной колбе, каким образом здесь, на экваторе, должны двигаться звезды. Ось колбы совпадает с поверхностью воды (рис. 39), и потому при вращении колбы все звезды восходят и заходят по путям, перпендикулярным к горизонту. Здесь нет невосходящих или незаходящих звезд: если бы не мешал дневной свет, то в течение суток мы смогли бы увидеть все звездное небо.

Снова мчимся на юг, стремясь побывать на Южном полюсе. Теперь Полярная звезда уже не видна — в южном полушарии Земли она всегда скрыта под горизонтом. Зато постепенно все выше и выше поднимается над горизонтом южный полюс мира. К сожалению, он не отмечен никакой яркой звездой, и эта замечательная точка южного неба окружена слабосветящимися звездами созвездия Октанта.

Вот и центр Антарктиды — Южный полюс. Над головой — южное звездное небо, совсем незнакомое жителю северных стран. Правда, некоторые из созвездий южного полушария неба наблюдаются и в Москве, но на южном полюсе они видны опрокинутыми и потому кажутся незнакомыми. Движение звезд здесь такое же, как и на Северном полюсе, — все звезды перемещаются параллельно горизонту. Ну и, конечно, отсутствуют все стороны горизонта, кроме единственной — севера.

Возвращаясь в Москву и завершая на этом кругосветное путешествие по меридиану, мы снова наблюдаем непрерывное изменение неба, но происходящее теперь уже в обратном порядке. Причина всех этих изменений — шарообразность Земли. Если бы Земля была плоской и неподвижной, то, путешествуя по ней, мы бы всегда видели над головой одно и то же небо. На самом же деле земной шар, будучи непрозрачным, скрывает от нас часть звезд, и только совершая путешествие по Земле, мы можем увидеть все звездное небо.

Давно уже известно, что высота полюса мира (или, при-

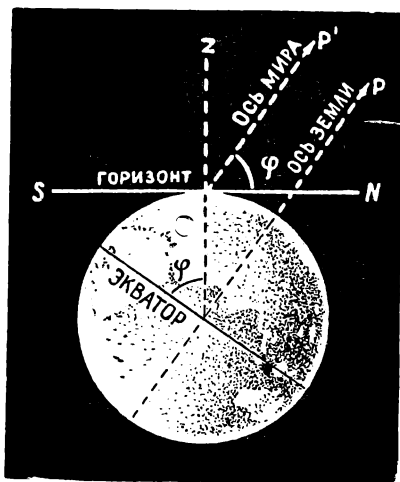


Рис. 40. Высота полюса мира равна географической широте места.

ближенно, Полярной звезды) над горизонтом равна географической широте места наблюдения. Посмотрите на рисунок 40. На нем изображен земной шар в разрезе через меридиан данного места. Направление, параллельное земной оси, есть ось мира. Угол, образуемый этой осью с горизонтом SN , всегда равен широте места φ , как углы со взаимноперпендикулярными сторонами. Так просто доказывается астрономическая теорема о высоте полюса мира.

Практическое значение этой теоремы огромно. Пользуясь ею, моряки и летчики определяют по Солнцу, Луне и звездам положение кораблей и самолетов, а геодезисты и картографы составляют географические карты, без которых была бы немыслима практическая деятельность современного человека. Изучение точной формы Земли, перемещений полюсов по земной поверхности и даже внутреннего строения Земли, оказывается, также связано с этой знаменитой теоремой.

Зная ее, можно легко представить себе вид неба в любом месте Земли и описать наблюдаемые там движения звезд так, как если бы сам был тому свидетелем.

От видимого к истинному

То, что Солнце движется по небу, человек обнаружил, вероятно, еще тогда, когда стал отличать день от ночи. Почти такой же почтенной давностью обладает и другое открытие, сделанное древним человеком. Наблюдая в течение года, как движется Солнце, древние заметили, что в разные времена года видимый путь дневного светила неодинаков. Летом Солнце, сильно грея, высоко поднимается над горизонтом и подолгу видно на небе. В короткие зимние дни путь Солнца над горизонтом невысок, а тепло солнечных лучей малоощутимо.

Замечая из года в год повторение всех этих небесных явлений, древний человек, естественно, связал их с периодической сменой времен года. Зависимость времен года от расположения видимого пути Солнца над горизонтом — факт, хорошо известный всем древним астрономам.

Почему изменяется видимый путь Солнца и в чем причина таких изменений? Давайте сами попробуем в этом разобраться. Повторим некоторые наблюдения древних и затем дадим видимым явлениям их истинное объяснение.

Прежде всего убедимся в том, что Солнце далеко не всегда восходит в точке востока и заходит в точке запада. Для этого надо заметить, в какой точке горизонта Солнце зашло (или взошло) сегодня, а затем повторить такие же наблюдения через 2—3 недели.

На горизонте всегда видны какие-нибудь далекие предметы (дом, деревья, холм и т. п.). Так вот и заметьте, за какими предметами скрывается или восходит Солнце в разные дни. Надо только все наблюдения производить непременно с одного места, чтобы их потом можно было сравнивать друг с другом.

Если эти наблюдения аккуратно вести в течение всего года, легко убедиться, что лишь дважды в году, в дни равноденствий — 21 марта и 23 сентября, — Солнце восходит в точке востока и заходит в точке запада. В остальные же дни года Солнце пересекает горизонт в других точках. Летом оно восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе, а зимой восход Солнца наблюдается на юго-востоке, а заход — на юго-западе. В весенние же и осенние месяцы точки восхода и захода Солнца близки к точкам востока и запада.

Интересно также проследить, как меняется в течение года полуденная высота Солнца. Для таких наблюдений можно использовать гномон или высотомер. Попробуйте ежедневно измерять полуденную высоту Солнца в течение июня и июля, а затем зимой — в декабре и январе. Результаты наблюдений выразите графиком. По горизонтальной оси графика каждое деление соответствует определенному дню указанных месяцев, а деление вертикальной оси соответствует градусам измеренной высоты Солнца.

Посмотрев на график, вы обнаружите то, что еще было открыто древними. Оказывается, из года в год Солнце достигает наибольшей полуденной высоты 22 июня, а наименьшей — 22 декабря. Эти дни называются днями летнего и зимнего солнцестояний. Действительно, достигнув наивысшей или наинизшей точки, Солнце как бы на мгновение останавливается, а затем начинает или опускаться или подниматься к небесному экватору. Высоты этих крайних точек в разных пунктах Земли различны. Ваша задача будет заключаться в том, чтобы установить, чему равны крайние высоты Солнца в вашем месте наблюдения. Кроме того, проверьте еще один интересный факт — в дни равноденствий полуденная высота Солнца равна полусумме его полуденных высот в дни солнцестояний.

Все эти явления были хорошо известны еще китайским астрономам, жившим за три тысячелетия до наших дней. Древние астрономы не только подробно изучили и описали особенности в поведении Солнца. Они сумели связать дневные небесные явления с ночными и установить, что изменчивость в дневном движении Солнца вызвана его перемещением среди звезд.

Солнце, оказывается, одновременно участвует в двух движениях. Оно движется, как любая из звезд — вместе со всем небосводом и, как нам кажется, в течение суток совершает

оборот вокруг Земли. Но есть у него и второе, собственное движение: Солнце медленно в течение года перемещается среди звезд. Первое движение, суточное, известно каждому, потому что оно совершается на наших глазах. Второе, годовое движение Солнца, заметить гораздо труднее. Вот если бы днем были видны звезды, тогда, разумеется, обнаружить годовое движение Солнца мог бы всякий. Не составило бы большого труда заметить, как Солнце медленно в течение года переползает из одного созвездия в другое. На самом же деле воздух в присутствии Солнца скрывает от нас звезды. И все-таки увидеть годовое движение Солнца вполне возможно.

Ясным вечером заметьте ту точку горизонта, где зашло Солнце. Потом отыщите вблизи какую-нибудь яркую звезду и зарисуйте ее расположение по отношению к Солнцу. Через 7—10 дней повторите наблюдения. Результат получится очень интересный — звезда стала ближе к Солнцу. Пройдет еще немного времени, и звезда так близко подойдет к Солнцу, что скроется в его лучах и наблюдения придется прекратить.

В чем же дело?

Ответ вам, конечно, ясен. Не звезда приблизилась к Солнцу (мы знаем, что звезды не меняют своего расположения на небе), а Солнце, перемещаясь среди звезд, подошло к звезде и скрыло ее своими ослепительными лучами.

Ну, а теперь не поленитесь и недели через две встаньте утром пораньше и пронаблюдайте восход Солнца. Незадолго до начала дня в восточной части неба, недалеко от восходящего Солнца, вы заметите вашу старую знакомую — прежнюю звезду. Раньше она была левее Солнца, а теперь стала правее, потому что Солнце, миновав ее, продолжает двигаться дальше, на восток.

Как видите, годовое движение Солнца обнаружить не так уж трудно. Кроме того, мы с вами подметили, куда движется Солнце. Если в суточном движении Солнце восходит в восточной части неба и заходит в западной, то годовое перемещение Солнца происходит в обратном направлении — с запада на восток.

Представьте себе вращающийся звездный глобус и муху на нем, медленно ползущую в направлении, обратном его вращению. Муха, как и Солнце, сразу, одновременно участвует в двух движениях — вместе с глобусом (в одну сторону) и в то же время по поверхности глобуса (в противоположном направлении).

Если бы скорость годового движения Солнца равнялась скорости его суточного движения, то оба движения уничтожили бы друг друга и Солнце неподвижно висело бы на небе.

На самом же деле Солнце за сутки совершает (как нам кажется) полный оборот вокруг Земли, то-есть проходит все 360° . Среди звезд же за сутки Солнце смещается всего лишь на 1° (точнее — на $\frac{360}{365}$ градуса). Таким образом, скорость суточного движения Солнца почти в 360 раз больше скорости его годового перемещения.

Факт годового движения Солнца нами установлен. Мы даже знаем скорость, с которой оно совершается. Остается лишь невыясненным, по какому пути среди звезд странствует Солнце. Узнаем мы это так. В полночь Солнце находится под горизонтом в нижней кульминации. Вообразим себе точку, противоположную Солнцу, и назовем ее «противосолнцем». Когда Солнце проходит через нижнюю кульминацию, наше «противосолнце», естественно, будет находиться в верхней кульминации. Если у Солнца в данный день склонение будет равно δ , то у «противосолнца» оно равно $(-\delta)$. Пусть h_0 — высота Солнца в полдень, h — высота «противосолнца» в полночь, а φ — широта места наблюдения; тогда очевидно, что

$$h_0 = 90 - \varphi + \delta,$$

$$h = 90 - \varphi - \delta,$$

откуда, складывая, получаем:

$$h = 2(90 - \varphi) - h_0.$$

Годовой путь Солнца среди звезд древние называли эклиптикой. Этот же путь за год пройдет и «противосолнце». Определить форму и расположение эклиптики можно так. В течение всего года (желательно каждый день) в полдень измеряют высоту Солнца над горизонтом (h_0). После этого в полночь того же дня с помощью высотомера или астролябии находят на небесном меридиане точку с высотой h , вычисленной по приведенной формуле. Это и будет одна из точек эклиптики. Ее можно нанести на звездную карту или звездный глобус, заметив расположение этой точки относительно звезд.

Вот так, день за днем, находя все новые и новые точки эклиптики, через год приходят к первой точке. Годовой путь Солнца завершен. Теперь через полученные точки проводят плавную, непрерывную кривую. Это и есть эклиптика.

Способ, с которым мы сейчас познакомились, применялся еще тысячи лет назад. Он, конечно, не единственный, были и другие. Древние астрономы с поразительными тщательностью и терпением очень точно определили форму эклиптики. Вряд ли у вас хватит терпения, да и времени, последовать их примеру. Было бы, однако, очень хорошо, если бы описанным способом вы нашли хотя бы часть эклиптики.

Эклиптика — это окружность такого же радиуса, как и небесная сфера. Солнце в дни равноденствий восходит в точке востока и заходит в точке запада. Но как раз через эти же точки проходит и небесный экватор. Отсюда следует, что эклиптика пересекается с небесным экватором в двух точках (рис. 41). С одной из них мы уже знакомы: это точка весеннего равноденствия — начало отсчета экваториальных координат (обозначается значком Υ). Вторая точка, в которой Солнце бывает 23 сентября, называется точкой осеннего равноденствия.

На эклиптике есть еще две примечательные точки — точки солнцестояний. В одной из них — точке летнего солнцестояния — Солнце бывает 22 июня. Из всех точек эклиптики точка летнего солнцестояния — самая близкая к северному полюсу мира. Противоположная ей точка зимнего солнцестояния, которую Солнце проходит 22 декабря, расположена в южном полушарии неба. Угол ϵ , под которым эклиптика пересекает небесный экватор, хорошо запомните — он почти равен $23^{\circ},5$.

Солнце движется по эклиптике. Его расстояние от точки весеннего равноденствия все время меняется. Меняются и экваториальные координаты Солнца — его прямое восхождение и склонение. Проверьте свои знания небесных координат — определите экваториальные координаты Солнца в дни равноденствий и солнцестояний.

Как два скрепленных обруча, движутся эклиптика и небесный экватор вместе со всей небесной сферой. Возьмите снова стеклянную модель небесной сферы. На ней, в виде тонкой бумажной полоски, вами уже нанесен небесный экватор. Добавьте теперь эклиптику. Ее можно изобразить второй бумажной ленточкой, наклоненной к экватору в точках равноденствий под углом $23^{\circ},5$. Еще лучше прочертить эклиптику белой масляной краской.

Теперь на усовершенствованной «небесной сфере» можно легко показать суточное движение Солнца в любой день года и в любом месте Земли.

Положим, нас интересует, как движется Солнце в Ленинграде в самый длинный летний день (22 июня). Наклоняем ось колбы под углом 60° (это широта Ленинграда) к горизонтальной плоскости воды, наклеиваем маленькое изображение Солнца на точку летнего солнцестояния и вращаем колбу вокруг ее оси. Картина движения Солнца, воспроизведенная нами, вполне соответствует действительности.

Наша стеклянная колба превратилась в маленький планетарий. Вы ведь и сами теперь сможете показать движение Солнца для любого дня и места, лишь бы были известны его географическая широта и дата наблюдения. Кстати, если дата

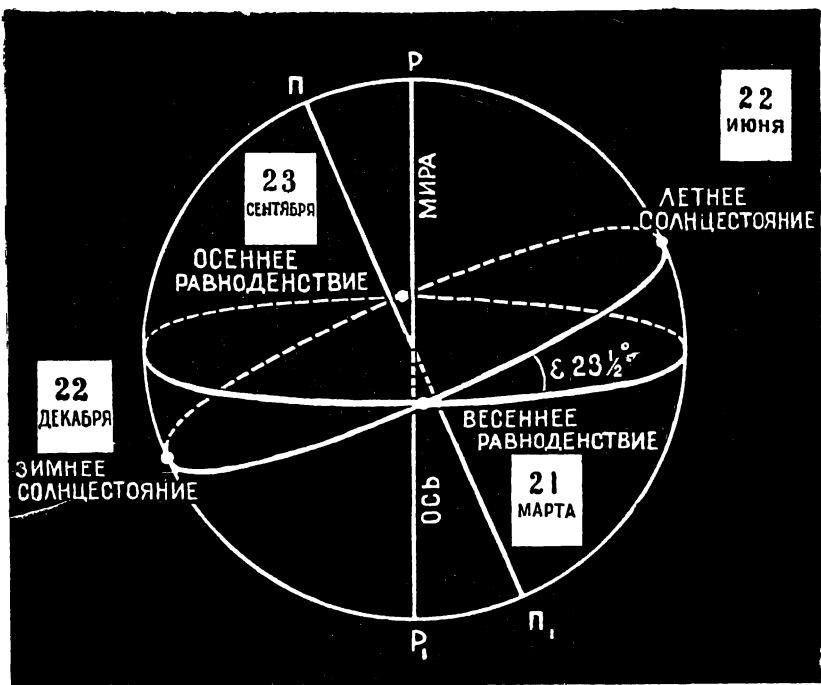


Рис. 41. Расположение эклиптики на небесной сфере.

не принадлежит к дням равноденствий или солнцестояний, точку на эклиптике находят приближенно, разделив предварительно эклиптику на месяцы или декады.

На усовершенствованных звездных глобусах всегда нанесена эклиптика. Значит, и с глобусом можно решать те же задачи, что и со стеклянной моделью небесной сферы. Встречается эклиптика и на многих древних армиллярных сферах.

Вам, наверно, приходилось читать или слышать о том, что на полюсах Земли смена дня и ночи происходит необычно — полгода длится день и полгода ночь. Попробуйте сами с помощью уже хорошо знакомой вам колбы разобраться в причинах этого явления.

Солнце, обегая в течение года всю эклиптику, проходит при этом через двенадцать созвездий, называемых зодиакальными или просто зодиаком. Происходит это название от греческого слова «зоон», что означает «животное».

Действительно, большинству зодиакальных созвездий в древности были присвоены названия различных представителей животного мира: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак,

Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей. Зодиакальных созвездий столько же, сколько месяцев в году, поэтому в каждом из них Солнце находится приблизительно по одному месяцу. В созвездии Рыб Солнце бывает в марте, Овна — в апреле, Тельца — в мае и т. д. Неплохо запомнить те из зодиакальных созвездий, в которых Солнце находится в дни равноденствий и солнцестояний. Выпишите их отдельно в журнал наблюдений и запомните.

Любопытно отметить, что на небе есть еще одно, тринадцатое созвездие, через которое проходит Солнце, но которое не включено в «пояс зодиака». Это — созвездие Змееносца, в котором Солнце бывает в первой половине декабря.

То созвездие, в котором в данный момент находится Солнце, мы, разумеется, не увидим. Оно восходит и движется вместе с Солнцем, и наблюдать его мы смогли бы только днем, но, к сожалению, этому мешает воздух. Не видны, конечно, и многие другие близко расположенные к Солнцу созвездия.

Солнце движется по эклиптике и своим присутствием как бы гасит одно за другим различные созвездия. Зато в течение всей ночи хорошо видны созвездия, в данный момент противоположные Солнцу. Их звезды кульминируют около полуночи. Нетрудно сообразить, что если сегодня в полночь кульминируют одни созвездия, то через месяц, из-за перемещения Солнца, в полночь будут кульминировать другие. Иначе говоря, вид звездного неба непрерывно изменяется, и вызваны эти изменения годовым движением Солнца.

Так, например, созвездие Рыб, в котором Солнце бывает весной, принадлежит к числу осенних созвездий, потому что лучше всего в течение всей ночи оно видно в сентябре. Созвездия Тельца и Близнецов принадлежат к числу зимних созвездий, потому что в это время года Солнце проходит через противоположные им созвездия Стрельца и Скорпиона. Если по вечерам в течение года изучать вид звездного неба, то легко обнаружить, что панорама наблюдаемых созвездий, хотя и очень медленно, но все же изменяется. Все это — следствия годового движения Солнца.

Существует ли, однако, на самом деле это движение или оно, так же как и суточное, является лишь кажущимся? В течение многих веков ответ на поставленный вопрос оставался неясным. До Коперника подавляющее большинство ученых было убеждено, что и в данном случае Солнце обращается вокруг Земли, а не Земля вокруг Солнца. После выхода в свет книги Коперника (1543 год) новое, революционное учение о движении Земли вокруг Солнца постепенно, в процессе жесткой борьбы с церковной реакцией, находило себе все больше и больше сторонников. Были выдвинуты многие убедитель-

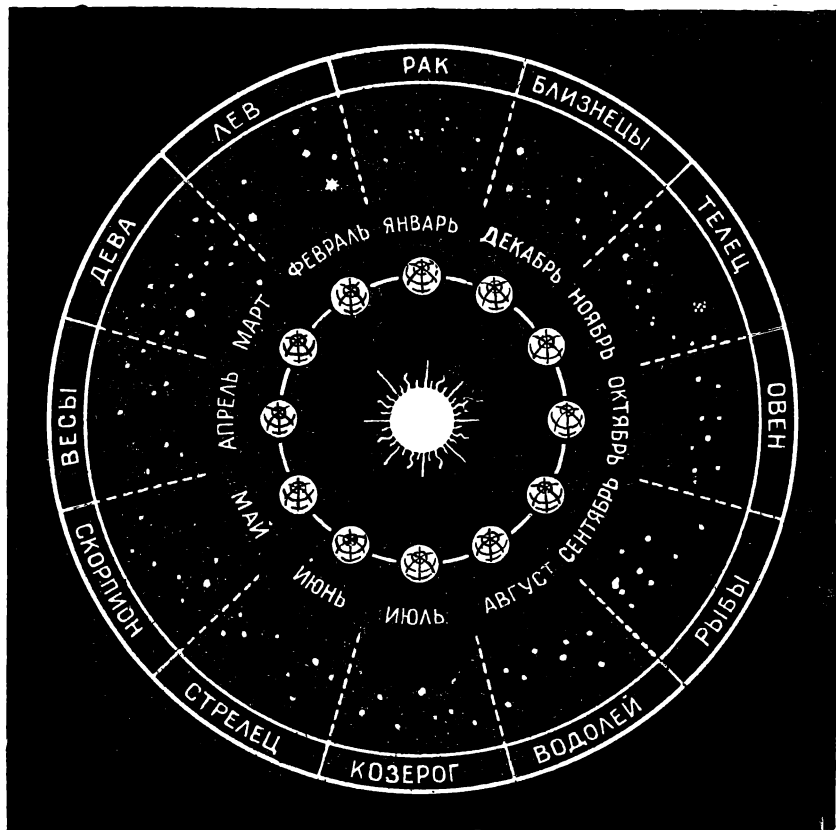


Рис. 42 Годовое движение Земли и зодиакальные созвездия.

ные доказательства правильности учения Коперника, и в конце концов его великое учение стало общепризнанной научной истиной.

Для вас эта истина не нова. Еще в начальной школе вам рассказывали об обращении Земли вокруг Солнца и о вызываемой этим движением смене времен года. Нам остается связать истинное движение Земли с кажущимся годовым перемещением Солнца.

На рисунке 42 изображены положения Земли на ее орбите, а в центре орбиты помещено Солнце. Рассмотрите внимательно этот рисунок. В январе Солнце мы могли бы увидеть в созвездии Козерога, в феврале оно, как нам бы показалось, перешло в созвездие Водолея и т. д. На самом же деле движется Земля, а нам только кажется, что перемещается Солнце.

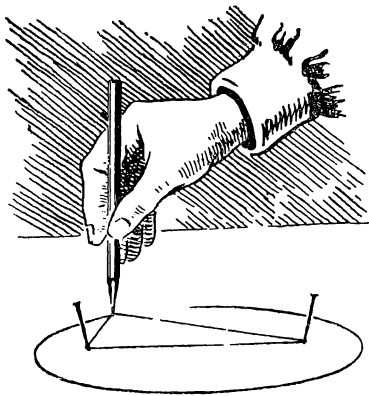


Рис. 43. Как начертить эллипс.

Иллюзия, обман чувств здесь проявляется всегда и для всех людей. Земля несется в мировом пространстве без всяких толчков, остановок, и мы просто не чувствуем этого движения. С другой стороны, наши глаза не ощущают различия расстояний до Солнца и звезд. Нам кажется, что Солнце перемещается среди одинаково с ним удаленных звезд. На самом же деле Солнце несравненно ближе звезд. Поэтому правильное говорить, что оно (как нам кажется) перемещается на фоне далеких созвездий.

Путь Земли вокруг Солнца, или, как говорят астрономы, орбита Земли, очень мало отличается от окружности. Отличия эти все же есть. Земная орбита, строго говоря, не окружность, а эллипс, напоминающий собой слегка вытянутую окружность. Не только Земля, но и все планеты обращаются вокруг Солнца по эллипсам.

Начертить эллипс можно так. Возьмите лист бумаги (рис. 43), воткните в него две булавки, натяните карандашом завязанную между ними нитку и ведите карандаш по бумаге — он опишет эллипс. Точки, куда были воткнуты булавки, называются фокусами эллипса. Знаменитый продолжатель Коперника Иоганн Кеплер открыл, что орбиты всех планет есть эллипсы и что Солнце всегда находится в одном из фокусов этих эллипсов.

Раз Земля обращается вокруг Солнца по эллипсу, а Солнце расположено в одном из его фокусов, расстояние Земли от Солнца все время меняется. Ближайшая к Солнцу точка земной орбиты называется перигелием, а наиболее удаленная — афелием. Расстояние Земли от Солнца колеблется, с первого взгляда, в очень больших пределах. В афелии Земля отстоит от Солнца на 5 миллионов километров дальше, чем в перигелии.

Может быть, от этого зависит смена времен года — когда Земля проходит вблизи афелия, бывает зима, а вблизи перигелия — лето?

Оказывается, такое объяснение невозможно. Во-первых, известно, что когда в одном полушарии Земли лето, то в другом в это время зима. Во-вторых, разница в крайних расстояниях (5 миллионов километров) составляет всего лишь около 3% среднего расстояния от Земли до Солнца (149 500 000 кило-

метров). Эта разница существенно влияет на изменение температуры никак не может.

Настоящая причина смены времен года в другом: Земля, обращаясь вокруг Солнца, сохраняет неизменным направление своей воображаемой оси. Иначе говоря, ось Земли перемещается в пространстве параллельно самой себе, оставаясь все время наклоненной к плоскости земной орбиты под углом $66^{\circ},5$. Плоскость же земного экватора образует с плоскостью земной орбиты угол $23^{\circ},5$. Поэтому и эклиптика пересекает небесный экватор под таким же углом.

Есть хороший прибор, наглядно показывающий смену времен года. Называется он теллурий (рис. 44). Сделать его можно так. Возьмите маленький глобус или просто любой шарик. Шарик укрепите на спице, которая составляет с вертикалью угол $23^{\circ},5$. Спицу вставьте в брусок, соединенный с подвижной рамой из трех планок. При движении рамы планка с глобусом и ось глобуса перемещаются параллельно самим себе. Если над центром нижней доски подвесить лампочку, то в темной комнате можно демонстрировать, как меняется освещение Земли при ее обращении вокруг Солнца. От этих изменений в освещении и происходит всем знакомая смена времен года.

В самом деле, посмотрите на рисунок 44. Крайнее левое положение Земли соответствует 22 июня. Северное полушарие освещено Солнцем больше, чем южное: в северном полуша-

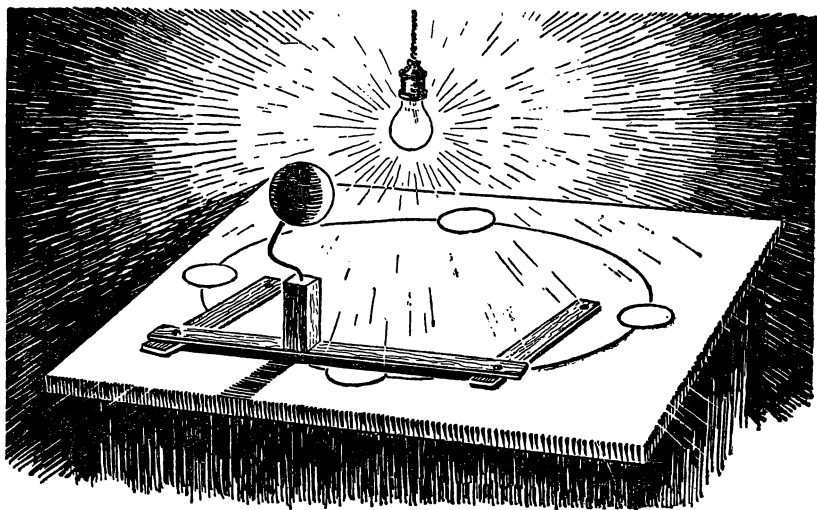


Рис. 44. Устройство теллурия.

рии — лето, в южном — зима. Пройдет полгода, и Земля переместится в крайнее правое положение, соответствующее 22 декабря. Ее ось вращения сохранила прежнее направление в пространстве. Именно поэтому теперь южное полушарие освещается Солнцем больше, чем северное. Понятно, что при таком освещении в южном полушарии будет лето, а в северном — зима.

Когда же граница дня и ночи проходит через полюсы Земли, оба ее полушария освещены Солнцем одинаково и повсюду на Земле день равен ночи. Так бывает в дни равноденствий — 21 марта и 23 сентября.

Поведение Солнца объяснено. Все его перемещения по небу — только кажущиеся. Они вызваны двумя настоящими, истинными движениями Земли — ее вращением вокруг оси и обращением вокруг Солнца.

Как измеряют время

Все, что есть во вселенной, существует не только где-нибудь, но и когда-нибудь, не только в пространстве, но и во времени. Биение нашего сердца, полет реактивного самолета, стремительное падение метеорита и медленный рост цветка — все виды движения совершаются не мгновенно, а имеют некоторую длительность, то-есть занимают, как мы образно выражаемся, некоторый «отрезок времени».

Какой, однако, смысл мы вкладываем в эти слова? Разве время — это дорога, длину которой можно мерить отрезками? Как вообще измеряют время?

Вопрос этот для многих может показаться совсем простым. В самом деле, что же тут неясного? Разве не известно каждому, что время меряют определенными единицами — часами, минутами и секундами? Если же промежуток времени очень велик, то целесообразно выражать его не в секундах и даже не в часах, а, скажем, в годах или месяцах. Ну, а для отсчета единиц времени есть у современного человека прекрасный механизм — часы. Они избавляют человека от непрерывной слежки за трудно уловимым бегом времени. Посмотрел на часы и узнал, который час, — чего же проще?

Да, все бы это действительно было просто, если бы наши часы шли идеально — не убегали вперед и не отставали. А на самом деле этого, как известно, нет. Помните, как один из персонажей знаменитой комедии Грибоедова «Горе от ума» с уверенностью заявляет, что «все врут календари». С ним нельзя не согласиться. Не только любой календарь обязательно ошибается (почему так, мы еще поговорим), но и нет

в мире совершенно точных часов. Даже лучшие современные хронометры и то в какой-то степени идут неравномерно, а значит, грубо говоря, врут. Нет в мире идеально равномерного движения, потому и не может быть идеально точных часов.

Как же быть? Получается, что человек никогда не может узнать совершенно точно, «абсолютно» точно, который час?

Да, не может, но положение человека совсем не так уж печально, как кажется с первого взгляда. Разве нам в практической жизни нужно знать абсолютно точное время? Когда утром в школе начинаются занятия, то стрелки стенных часов показывают девять часов утра. Но ровно ли в девять часов звонит звонок на урок? Нет, конечно. По целому ряду причин электрический звонок может немного отстать и прозвонить позже назначенного момента. Но если, скажем, звонок прозвонит на одну миллиардную долю секунды позже или раньше, то эта ошибка никого не расстроит. Больше того, никто ее даже и не заметит. Такая «убийственная» точность никому в школе не нужна.

Мы подчеркнули слова «в школе» не случайно. Абсолютно точное время человек не знает. Но знать время с определенной степенью точности, чтобы выполнить ту или иную практическую задачу, он должен. Конечно, в разных случаях требуется и разная точность.

Так, например, расписание железнодорожных поездов составляется с точностью до минут — большая точность там пока не требуется. Зато работники московского метрополитена уже не удовлетворяются такой точностью. Поезда в метро идут очень часто, и их движение регулируется с учетом секунд. Не случайно на станциях метро вывешены светящиеся «секундные» часы.

Иногда требуется и еще большая точность. При определении положения самолета или корабля штурман должен знать время с точностью до десятых долей секунды. Когда же геодезисты определяют по звездам географические координаты различных пунктов на Земле с тем, чтобы потом по их данным картографы составили подробную карту, момент времени они хотят знать с точностью до сотых и даже тысячных долей секунды.

Итак, человек не может абсолютно точно измерять время, но он хочет его измерить возможно точнее. Для этого возможно равномернее должен быть ход применяемых им часов.

История борьбы за точное время есть история поисков равномерного движения. Спрос на точность всегда исходит от практической деятельности человека. Чем выше культура человеческого общества, чем сильнее развиты техника и производство, тем более точно надо знать время.

В разные периоды истории человечества люди пользовались различными часами. Самые древние часы не имели ни стрелок, ни циферблата. Не было у них и механизма, который требовал бы завода. Часы эти нам уже знакомы. Речь идет о гномоне. Время дня узнавали по длине тени, отбрасываемой гномоном. Гномоны как часы были очень грубы. Длину тени мерили шагами, то-есть грубо приближенно, а потому ошибка в оценке времени достигала многих минут. Впрочем, гномоны существовали еще тогда, когда сутки не были разделены на двадцать четыре часа, а часы — на минуты и секунды. Практическая жизнь человека в те времена еще не требовала большей точности.

Наряду с гномонами с незапамятных времен употреблялись солнечные часы. Устройство их бывает самым различным. Простейшие, так называемые экваториальные, солнечные часы вы легко сможете сделать сами (рис. 45).

В центре круглого циферблата и перпендикулярно его плоскости укрепляется стержень. Плоскость циферблата скрепляется с горизонтальной подставкой так, чтобы угол между ними был равен углу между плоскостями небесного экватора и горизонтом. Нетрудно сообразить, что он всегда равен $90^\circ - \varphi$, где φ — географическая широта места наблюдателя (для Москвы $90^\circ - \varphi = 34^\circ$). Если теперь направить стержень часов на полюс мира (приближенно на Полярную звезду), тень от стержня часов начнет показывать время.

К сожалению, описанная конструкция имеет один досадный недостаток. Экваториальные солнечные часы будут работать только тогда, когда Солнце находится в северном полушарии неба, то-есть между 21 марта и 23 сентября. В другие дни года Солнце расположено ниже плоскости небесного экватора и стержень часов не отбросит тени.

Исправить этот недостаток можно двояко. Во-первых, если сделать циферблат из прозрачного материала (матового стекла, прозрачной пластмассы), а стержень удлинить под экваториальную плоскость часов, часы будут работать круглый год. Можно, конечно, поступить и проще: оставив прежний непрозрачный материал, нанести снизу второй циферблат и удлинить стержень. Часы будут всегда показывать время, но только нижний циферблат рассматривать неудобно.

Есть еще один выход — сделать циферблат горизонтальным. Такие горизонтальные солнечные часы очень удобны, но изготовить их труднее, чем экваториальные. Циферблат у горизонтальных часов сложный — деления на нем имеют разную величину. Величина этих делений зависит от широты места, а потому для каждого пункта Земли приходится вычерчивать свой циферблат.

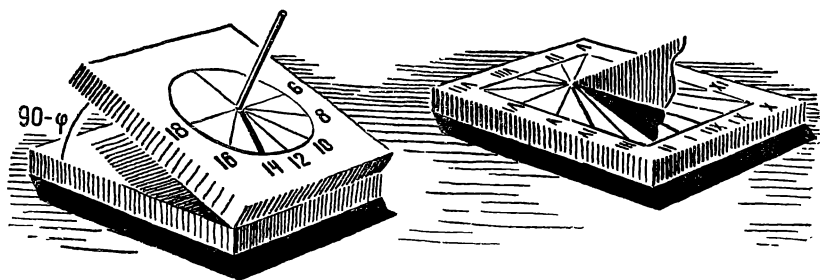


Рис. 45. Экваториальные (слева) и горизонтальные солнечные часы.

Те из читателей, которые знакомы с тригонометрией, могут изготовить горизонтальные солнечные часы следующим образом.

На горизонтальной прямоугольной дощечке (рис. 45) укрепляется перпендикулярно к ней треугольная пластинка с острым углом φ , равным географической широте места. Прямая, проходящая через основание треугольника на горизонтальном циферблате, должна совпадать с полуденной линией. На этой прямой, по которой тень от треугольника направлена в полдень, ставим цифру XII.

При движении Солнца в течение дня граница тени от треугольника скользит по горизонтальному циферблату неравномерно. Поэтому приходится делить циферблат на неравные части. Углы, под которыми наклонены часовые деления к полуденной линии, можно вычислить по формуле $\operatorname{tg} x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} t$, где x — искомый угол, φ — широта места, а t — час, выраженный в градусах (каждый час соответствует 15°).

Приведем пример.

Допустим, что часы устанавливаются в Москве (широта $55^\circ 45'$) и надо определить угол, под которым деление, соответствующее 1 часу дня, наклонено к полуденной линии.

В этом случае $\operatorname{tg} x = \sin 55^\circ 45' \cdot \operatorname{tg} 15^\circ 00'$.

По таблицам находим, что $\sin 55^\circ 45' = 0,827$, $\operatorname{tg} 15^\circ 00' = 0,268$, откуда $\operatorname{tg} x = 0,222$ и $x = 12^\circ,5$.

Вычислив подобным образом деления для одной половины циферблата, вторую его половину делают симметричной (см. рис. 45).

Циферблаты у солнечных часов могут быть весьма различными. На старом здании Московского университета долгое время существовали вертикальные солнечные часы, у которых циферблат был нанесен на стене здания. Были солнечные часы и совсем необычного вида. Посмотрите на рисунок 20: что это за причудливое здание, неужели его архитектор во что бы то

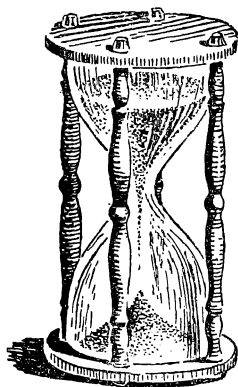


Рис. 46. Песочные часы.

ни стало хотел прослать оригиналом? Нет, оказывается, наши подозрения неосновательны. На рисунке изображена старинная обсерватория в индийском городе Дели, построенная в XVII веке. Здание этой обсерватории одновременно служило и огромными солнечными часами. Тень от треугольной лестницы падает на дугообразную стену, поверхность которой покрыта делениями. Выходит, что это не просто странная по форме стена, а циферблат, положение тени на котором указывает время.

Многое еще можно было бы рассказать о разнообразных, иногда весьма замысловатых конструкциях солнечных часов. Тем не менее как ни усложняли солнечные часы, какую форму им ни придавали, все же они постепенно вышли из употребления. В наши дни никто не измеряет время по солнечным часам. Они стали редкостью. Солнечные часы теперь можно увидеть только у астрономов, да иногда, в виде украшений, на стенах старинных зданий.

Что же заставило человека отказаться от солнечных часов? В чем их главнейшие недостатки? Один из недостатков очевиден: солнечные часы не требуют завода, но зато они и не всегда показывают время. Ночью и в пасмурную погоду солнечные часы бездействуют. Неудивительно поэтому, что наряду с солнечными часами древние пользовались и другими измерителями времени — такими, которые работают, не считаясь с плохой погодой или временем суток. Таковы песочные и водяные часы, употреблявшиеся еще древними жителями Вавилона и Египта (рис. 46 и 47).

Принцип действия у этих часов, в общем, один и тот же. В песочных часах песок пересыпается из одного стеклянного резервуара в другой. Когда пересыплется весь песок, пройдет определенный промежуток времени. До сих пор еще встречаются песочные часы, рассчитанные на 10, 15, 20 минут. Когда пересыплется вниз весь песок, достаточно перевернуть часы, и они снова начнут «ходить». Так же действуют и водяные часы — клепсидры. Разница только в том, что в клепсидрах не песок пересыпается, а вода переливается из одного сосуда в другой. Клепсидры, как и солнечные часы, были разных размеров и конструкций. Некоторые из них рассчитывались на небольшие промежутки времени — 15—20 минут.

В древности был хороший обычай. Ставили перед оратором маленькие клепсидры, и он должен был выговорить все, что

ему хотелось, за то время, пока вода перельется из одного резервуара в другой. Если оратор слишком увлеклся, председатель собрания указывал ему на клепсидру и предупреждал, что его время «истекает». Как часто мы употребляем это выражение, не сознавая, что когда-то оно имело почти буквальный смысл!

И клепсидры и песочные часы могут показывать время днем, ночью и при любой погоде. Этим они выгодно отличаются от солнечных часов. Есть у них, однако, и много недостатков. Главный из них — неравномерность хода. Пересыпание песка или переливание воды не совершаются строго равномерно, поэтому клепсидры и песочные часы измеряют промежутки времени грубо приближенно — с точностью до минут.

Неравномерность хода свойственна и солнечным часам — в этом заключается их второй главнейший недостаток. Причина такой неравномерности совершенно иная, чем у песочных часов или клепсидры.

Договоримся называть промежуток времени между двумя последующими истинными полуднями истинными солнечными сутками. Если бы Земля обращалась вокруг Солнца равномерно и ее ось была бы перпендикулярна к плоскости орбиты, одни истинные солнечные сутки всегда были бы равны любым другим.

На самом же деле происходит иное. Земля, как и все планеты, обходит Солнце по эллипсу. В начале XVII века знаменитый «законодатель неба» Иоганн Кеплер установил, что движение планет по их орбитам неравномерно. Чем ближе планета подходит к Солнцу, тем большей становится ее скорость. Все планеты, в том числе и Земля, наибольшей скорости достигают в перигелии своих орбит, а наименьшей — в афелии. Раз Земля обращается вокруг Солнца с переменной скоростью, то и Солнце по эклиптике движется неравномерно. Из-за этого зимой истинные солнечные сутки длиннее, чем летом, причем разница может достигать многих минут. Кроме того, изменчивость истинных солнечных суток вызывается и другой причиной — наклоном оси Земли к плоскости ее орбиты.

Все это, конечно, очень неудобно. Представьте себе, что вам предложили измерять расстояния линейкой, длина которой сильно бы менялась с изменением температуры. Летом бы

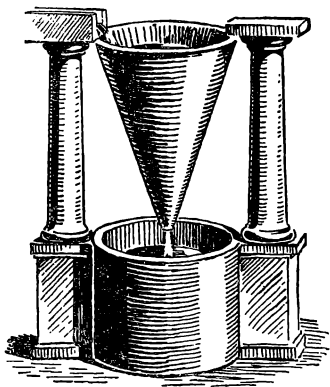


Рис. 47. Водяные часы (клевсидра).

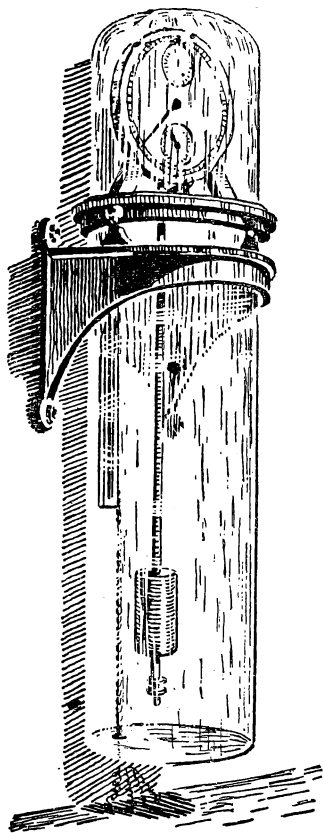


Рис. 48 Современные астрономические часы.

такая линейка удлинялась и ее сантиметровые деления становились бы крупнее, а зимой вам бы пришлось мерить расстояние уменьшенными «зимними» сантиметрами. Согласитесь, что такая изменчивая мерка внесла бы большую путаницу и ошибки в ваши измерения. Так же изменчивы и неточны любые солнечные часы.

С развитием торговли и мореплавания возникла острая необходимость в точных часах, которые, обладая большой равномерностью хода, показывали бы время в любое время суток. Этим условиям в конце концов удовлетворили гиревые и пружинные часы. Такой тип часов ныне распространен повсеместно. Настенные «ходики» и ручные пружинные часы общеизвестны.

Кто был изобретателем часов с гирями, в точности неизвестно. По-видимому, они были изобретены арабами в период их могущества (IX—XI века), но уже семьсот лет назад гиревые часы (правда, как очень большая редкость) появляются в Европе. Пружинные карманные часы изобретены в начале XVI века. Если в гиревых часах движущей силой их механизма был вес гири, то в пружинных часах механизм

приводился в движение силой сжатой пружины. И пружинные и гиревые часы постепенно совершенствовались, причем, изменяя их устройство, изобретатели стремились сделать их ход возможно более равномерным.

Любопытно, что с ростом точности часов менялся внешний вид их циферблата и стрелок. Только около 1700 года стали пользоваться минутной стрелкой, а до этого обходились одной часовой. Секундная стрелка еще моложе — она появилась лет на шестьдесят позже минутной.

Современные точные часы — хронометры — обладают удивительно ровным ходом. Наиболее точные из них уходят вперед или отстают за сутки не более, чем на доли секунды.

В современных обсерваториях имеются специальные сверх-

точные астрономические часы. Их помещают в особые подвалы, где поддерживается постоянная температура. Прибегают и к другим ухищрениям — все только для того, чтобы ход часов был возможно равномернее. В результате наиболее точные из астрономических часов позволяют измерять время с точностью до 0,001 секунды. Однако как ни точны современные часы, их все-таки нужно время от времени с чем-то сравнивать, проверяя правильность хода. Где же такие «главные» часы, по которым равняются все остальные? Есть ли уверен-



Рис. 49. Вращающаяся Земля подобна огромным часам.

ность в том, что их ход вполне равномерен, или, может быть, и они требуют проверки по еще более точным часам?

Главные часы, регулирующие жизнь человека на Земле, — это сама Земля. Установлено, что Земля вращается вокруг своей оси почти идеально равномерно. За сотню лет период вращения Земли изменяется лишь на малые доли секунды. Вы видите, что хотя вращающийся земной шар, как часы, и не идеально точен, но для практических задач вращение Земли можно считать вполне равномерным.

Астрономы называют промежуток времени, за который Земля по отношению к звездам полностью обернется вокруг своей оси, *звездными сутками*. Найти продолжительность звездных суток достаточно просто — она равна промежутку времени между двумя последовательными кульминациями какой-нибудь звезды.

Прodelайте следующие наблюдения. В южной части неба, возможно ближе к небесному меридиану, выберите одну из ярких звезд и заметьте по вашим часам, когда она скроется за выступ дома, верхушку дерева или какой-нибудь другой земной предмет. На следующий вечер с того же самого места повторите описанные наблюдения. Вы обнаружите, что звезда скрылась почти на 4 минуты раньше, чем в предыдущий раз. Выходит, что звездные сутки (то-есть промежуток времени между заходами звезды за земной предмет) по вашим часам равны не 24 часам, а 23 часам 56 минутам.

Причина расхождения в том, что ваши часы показывают не звездное, а солнечное время, потому что практическая жизнь человека связана не со звездами, а с Солнцем, с его восходом и заходом, с продолжительностью дня и ночи.

Вы обнаружили, что солнечные сутки не равны звездным — первые из них почти на 4 минуты длиннее вторых. Это и не удивительно — Солнце, непрерывно перемещаясь по эклипике, каждый раз кульминирует вместе с разными звездами. А так как годовое движение Солнца совершается навстречу суточному, то-есть с запада на восток, то каждый раз Солнце будет отставать в кульминации от тех звезд, с которыми оно кульминировало в предыдущую полночь. Вот почему каждые сутки звездное время на 4 минуты обгоняет солнечное.

Как же узнать, чему равно звездное время в данный момент? Астрономы договорились измерять звездное время по положению точки весеннего равноденствия. На какой угол (выраженный в часовой мере) отклонится эта точка от небесного меридиана, тому и равно звездное время. Так, например, в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия звездное время равно нулю часов. В момент нижней кульми-

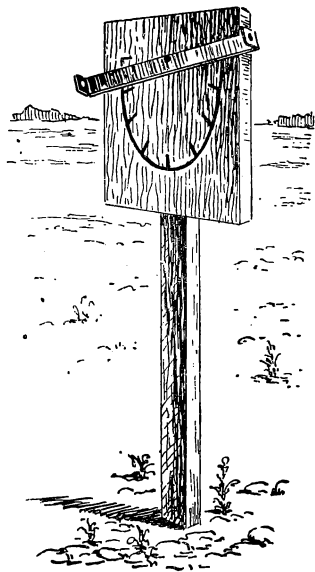
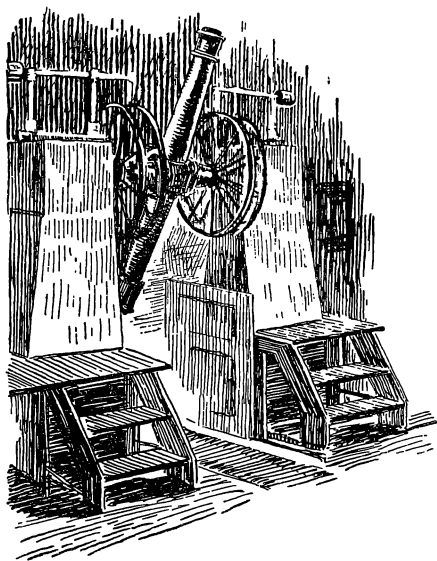


Рис. 50. Фабричный (слева) и самодельный пассажный инструмент.

нации — 12 часам. Когда эта точка заходит, звездные часы показывают 6 часов, когда восходит — 18 часов. Нетрудно сообразить, воспользовавшись звездным глобусом, что звездное время в данный момент всегда равно прямому восхождению кульминирующих звезд. Зная координаты кульминирующих звезд, астрономы и определяют звездное время.

Попробуйте сами проделать подобные наблюдения. Для этой цели изготовьте прибор, похожий на употребляемый астрономами так называемый пассажный инструмент (рис. 50).

На планке укреплены сделанные из жести два визира. В переднем из них натянута нить, концы которой можно закрепить воском или сургучом. Подставка устанавливается так, чтобы планка с визирами могла вращаться в плоскости небесного меридиана. При наблюдении в визир нить в визире должна совпадать с направлением небесного меридиана. Теперь выберите какую-нибудь из ярких звезд, видимых в данный вечер, и с помощью изготовленного вами прибора пронаблюдайте ее верхнюю кульминацию. В этот момент звездное время будет равно прямому восхождению кульминирующей звезды, которое находится в таблице V (см. Приложение).

Настоящий пассажный инструмент, конечно, сложнее (рис. 50). Это — телескоп, труба которого может вращаться только в плоскости небесного меридиана. Наблюдая в пассажный инструмент, астроном очень точно фиксирует кульминации звезд. В ряде советских обсерваторий вместо глаза астронома употребляют «электрический глаз» — прибор, называемый фотоэлементом, который автоматически и с точностью до 0,01 секунды определяет звездное время. Таким образом, звездное время получается из непосредственных наблюдений над звездами. Зная же, как Солнце движется среди звезд, астрономы по звездному времени вычисляют истинное солнечное время, то-есть время, считаемое по настоящему Солнцу.

Слово «настоящему» здесь добавлено не случайно. Дело в том, что астрономы пользуются для измерения времени еще одним, не существующим в действительности и вымышленным ими самими «солнцем». А нужно это воображаемое «солнце» вот для чего. Звездное время хорошо тем, что его легко получить из наблюдений. Кроме того, Земля вращается равномерно, и потому все звездные сутки равны между собой. В этом — превосходство звездного времени перед истинным солнечным.

Но, с другой стороны, по звездному времени жить неудобно, потому что, как мы уже говорили, практическая жизнь человека связана не со звездами, а с Солнцем. В этом недостаток звездного времени. К сожалению, и истинное солнечное время, как мы убедились, не вполне хорошо: его основная мерка, то-есть истинные солнечные сутки, постоянно изменяется. Вот почему астрономы, не удовлетворенные вполне ни звездным, ни истинным солнечным временем, изобрели еще одно, так называемое среднее солнечное время. Это время и показывают все наши часы. Оно отличается и от звездного и от истинного солнечного времени.

В первом мы уже убедились, определяя продолжительность звездных суток. Нетрудно проверить и второе. В момент истинного солнечного полудня посмотрите на ваши часы — их стрелки вовсе не будут указывать на XII. Только четыре раза в год (15 апреля, 14 июня, 1 сентября, 24 декабря) истинное и среднее время совпадают, а в остальные дни они расходятся, но не больше чем на 17 минут в ту или другую сторону¹.

«Среднее солнце», регулирующее ход наших часов, не светит и не греет. Это воображаемая точка, которая, как условились астрономы, движется по небесному экватору, и притом равномерно. Таким образом, средние солнечные сутки — это средняя за год величина изменяющихся истинных солнечных

¹ Есть и другие причины наблюдаемого расхождения — наши часы показывают «декретное», а солнечные часы — «местное» время (см. ниже).

суток. Положение «среднего солнца» по отношению к истинному, настоящему Солнцу астрономы рассчитывают, зная движение Земли вокруг Солнца. Поэтому всегда по истинному солнечному времени можно вычислить, чему равно среднее солнечное время.

Это наиболее совершенный способ измерения времени. Все средние солнечные сутки равны между собой. С другой стороны, среднее время мало отличается от истинного солнечного времени, а потому оно вполне пригодно для практической деятельности человека.

Из трех «времен» — звездного, истинного солнечного и среднего солнечного — первое определяется из наблюдений, а два остальных путем вычислений.

В каждой обсерватории, кроме обычных часов, идущих по среднему солнечному времени, всегда есть и звездные часы, показывающие звездное время. Такие часы весьма удобны, потому что по ним, зная экваториальные координаты светила, легко найти его положение на небе в данный момент.

Звездные часы можно сделать и самому. Для этого с помощью часовщика надо так изменить ход обычных часов, чтобы они уходили вперед на 3 минуты 56 секунд каждые сутки. В полдень 23 сентября звездное время равно 12 часам, а затем оно уходит вперед каждые сутки почти на 4 минуты. Зная это, легко рассчитать звездное время в полдень любого дня и потом поставить на это время стрелки звездных часов. Можно также узнать звездное время из астрономических календарей или ежегодников¹.

Земля — шар, и поэтому в разных ее пунктах время различно. Так, например, когда в Москве полдень, во Владивостоке 7 часов вечера, в Лондоне 10 часов утра. Строго говоря, на каждом меридиане есть свое собственное, местное время.

Такое множество времен, разумеется, практически неудобно. Представьте себе, что каждая деревушка, каждый полустанок живет по своему, местному времени. Какая бы путаница возникла на железных дорогах или при переездах из одного города в другой!

Чтобы избежать всех этих неприятностей, астрономы мысленно разбили земной шар на двадцать четыре пояса, напоминающие апельсиновые дольки. Ширина каждого пояса, считаемая по дуге экватора, равна 15° , что соответствует одному часу. За начальный, или нулевой, пояс приняли тот средний, центральный меридиан которого проходит через Гринвичскую

¹ См., например, «Школьный астрономический календарь» (издается Учпедгизом) на данный год.

обсерваторию вблизи Лондона. Далее, на восток идут I, II, III, IV и т. д. часовые пояса. Москва, как видно на рисунке 51, лежит во втором часовом поясе.

Договорились в пределах каждого часового пояса всюду жить по одному времени и именно по тому, по которому живут жители центрального меридиана этого пояса. Такое общее для всех время называли поясным. Нетрудно сообразить, что местное время какого-нибудь пункта в данном поясе может отличаться от поясного не больше, чем на полчаса в ту или иную сторону¹.

Поясное время очень удобно. Оно мало отличается от местного, и, скажем, в полдень по поясному времени Солнце находится близко от небесного меридиана. Разницу в положении Солнца по поясному и местному времени может заметить только астроном. Зато благодаря поясному времени путешественники переводят стрелки часов не на каждой станции, а только переезжая из одного пояса в другой.

У нас, в Советском Союзе, введено еще одно, так называемое декретное время. Оно равно поясному времени плюс один час. Введен этот счет времени в 1930 году специальным декретом Совнаркома с тем, чтобы летом жители нашей страны ложились раньше спать и гасили свет. Когда же они просыпаются, Солнце уже ярко светит и надобность в искусственном освещении отпадает. Таким образом, декретный счет времени каждое лето экономит большое количество электроэнергии. Практически же декретное время удобно, то-есть не слишком заметно отличается от местного времени.

Теперь мы можем совершенно определенно ответить на вопрос, какое время показывают наши часы. Стрелки употребляемых нами часов всегда показывают декретное средне-солнечное время соответствующего часового пояса.

В заключение скажем несколько слов о календаре. Длительные промежутки времени измеряют, как известно, не секундами, минутами, часами или даже сутками, а годами. Годом астрономы называют время полного обращения Земли вокруг Солнца. Задача любого календаря заключается в том, чтобы выразить продолжительность года в сутках. Но оказывается, что эта задача может быть решена только очень и очень приближенно. Сутки, как говорят математики, несоизмеримы с годом. Год не выражается ни в целых сутках, ни в дробных их частях. Отношение года к суткам есть число

¹ По географическим и политическим причинам границы часовых поясов не всегда совпадают с меридианами, а потому указанная разница может иногда и превышать полчаса.

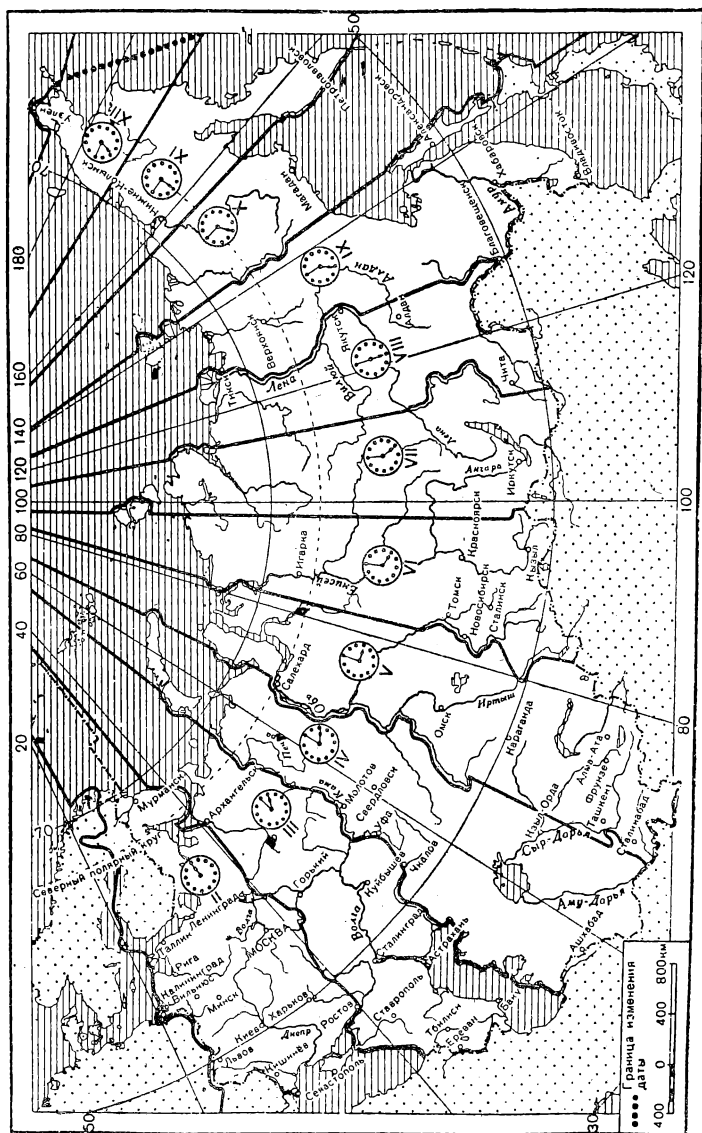


Рис. 51. Часовые пояса в СССР.

иррациональное¹. Вот почему все календари неизбежно врут и могут быть только более или менее (но не абсолютно) точны.

Астрономический год приближенно равен 365 суткам 5 часам 48 минутам 46 секундам. В старом, юлианском календаре, введенном еще во времена Юлия Цезаря, продолжительность года принималась округленно равной 365 суткам 6 часам. Каждые четыре года «довесок» в 6 часов накапливался в сутки (24 часа), которые прибавлялись к году. Так получался «високосный» год, содержащий в феврале 29 дней.

Юлианский календарь был, конечно, неточен. Разница между юлианским годом и астрономическим годом (11 мин. 14 сек.) каждые 128 лет становилась равной одним суткам, и к XVI веку разница между юлианским календарем и астрономическими явлениями стала весьма заметной.

В конце XVI века был введен новый календарь, в котором учитывалась ошибка прежнего, юлианского календаря. В настоящее время разница между новым и старым «стилем» (или календарем составляет, как известно, 13 суток.

Новый стиль безусловно лучше старого. Он правильнее, точнее отражает астрономические явления, но, разумеется, и новый календарь не абсолютно точен. Однако ошибка его невелика и накапливается в одни сутки только за 3300 лет. Такая точность нас пока вполне устраивает.

Мы познакомились (конечно, лишь в самых общих чертах) с тем, как астрономы измеряют время. Теперь, когда вы услышите передаваемые по радио сигналы точного времени, знайте, что эти сигналы исходят из астрономических обсерваторий, где определяют, хранят и передают для всеобщего пользования точное время. Время это действительно очень точное. Астрономы научились определять его с точностью до 0,01 секунды. Но это, конечно, не предел возможной точности. Борьба за точность продолжается.

Несколько лет назад ученые изобрели часы еще более точные, еще более «равномерные», чем земной шар. Называются эти удивительные часы кварцевыми часами. Роль маятника в них выполняет пластинка минерала кварца, которая под действием электрических сил приводится в быстрое колебательное движение. Период этих колебаний удивительно постоянен — за сутки кварцевые часы уходят вперед или отстают не более чем на тысячную долю секунды. Сравнивая ход кварцевых часов с вращением земного шара, астрономы обнаружили некоторую неравномерность этого вращения, связанную с пере-

¹ Иррациональные числа — числа, несоизмеримые с единицей и какими бы то ни было ее частями, а потому не могущие быть точно выраженными ни целыми, ни дробными числами (например, квадратный корень из числа 3).

мещением воздушных масс, приливами, движением воды в реках и другими причинами.

Как ни точны кварцевые часы, все же человек стремится изобрести еще более точные измерители времени. Так, например, уже сейчас разрабатываются проекты «атомных часов», в которых предполагается использовать колебания мельчайших частиц вещества — молекул. Поиски все более и более точных часов будут продолжены и в дальнейшем.

Звездное небо в мифах и легендах

Редкое зрелище по своей красоте может сравниться со звездным небом. Часто сравнивают небо, усеянное звездами, с черным бархатом, по которому рассыпаны разноцветные бриллианты. Как ни красиво такое сравнение, все же оно не может передать неопишемую красоту звездной ночи. Недаром когда-то древнеримский философ Сенека сказал, что если бы звезды были видны только в каком-нибудь одном месте Земли, то к этому месту непрерывно бы шли толпы людей, жаждущих полюбоваться великолепным зрелищем.

К счастью, звездное небо видно повсюду и доступно каждому. Есть, однако, большая разница между тем, кто просто любит звезды, и тем, кто стремится их изучить. В первом случае зрителя не интересует расположение звезд, их движение, их природа. Зритель смотрит на звездное небо просто как на красивый ландшафт или панораму. Что же касается астронома, то он всегда бывает не только зрителем, но и наблюдателем. Он хорошо знает созвездия и отдельные звезды и, понимая, что над его головой не просто какие-то маленькие мерцающие огоньки, а далекие солнца, огромные миры, подобные нашему Солнцу, астроном глубже и полнее ощущает величественную красоту звездной ночи.

Вряд ли можно назвать географом человека, не знающего географическую карту. Точно так же нельзя считать астрономом того, кто незнаком с созвездиями и главнейшими из звезд. Знание звездного неба, умение пользоваться звездной картой — это первый и необходимый шаг на пути познания далеких звездных миров. Хорошо знать звездное небо должен и юный астроном.

С первого взгляда подробное знакомство со звездным небом может показаться очень сложной, почти непосильной задачей. Ведь звезд так много, что разобраться в них, пожалуй, не легче, чем пересчитать песчинки на морском берегу. На самом же деле все обстоит гораздо проще.

Астрономов не зря иногда называют «звездочетами». Они

действительно умеют считать звезды, и все звезды, которые видны невооруженным глазом на всем небе, ими уже давным-давно сосчитаны. Результат получился несколько неожиданным: оказывается, в самую темную ночь самый зоркий человек может насчитать в обоих полушариях неба всего только около шести тысяч звезд. В обычную же звездную ночь в наших северных широтах видно сразу две-три тысячи звезд. Согласитесь, что подсчет всех видимых глазом звезд совсем не такая уж сложная задача — их общее число приблизительно равно числу букв на трех страницах этой книжки.

Звезды, видимые невооруженным глазом, не только сосчитаны, но и подробно, всесторонне изучены. За последние два-три века астрономы определили их расстояние, размеры, цвет, температуру, химический состав и ряд других свойств. Что же касается видимой яркости или блеска звезд, а также их распределения на небе, то изучение этих особенностей звезд началось еще в глубокой древности.

Есть сведения, что еще в IV веке до нашей эры китайский астроном Ши-Шен составил первый звездный каталог, первую перепись звезд. Два века спустя появился дошедший до нас второй каталог, составленный древнегреческим астрономом Гиппархом. Хотя в каталоге Гиппарха содержалось лишь 1022 звезды, работа, проделанная им, по тому времени казалась грандиозной. «Он осмелился, — с восторгом писал древний историк Плиний, — сосчитать звезды и передать имена их потомству, что было бы смелою мыслью даже для кого-нибудь из богов!» Что бы сказал Плиний, если бы ему показали современный звездный каталог, где зарегистрированы сотни тысяч звезд!

В каталоге Гиппарха отмечено не только положение звезд, то-есть, иначе говоря, указаны их координаты. Там же можно найти числа, впервые в истории астрономии характеризующие яркость звезд. Самые яркие из звезд Гиппарх назвал звездами 1-й величины, а самые слабые из тех, которые доступны невооруженному глазу, звездами 6-й величины. Тем же из звезд, которые были ярче звезд 6-й величины, но слабее звезд 1-й величины, Гиппарх приписал промежуточные звездные величины — 2-ю, 3-ю, 4-ю и 5-ю.

Сортировка звезд по их блеску была выполнена Гиппархом, конечно, грубо приближенно. Много веков спустя астрономы научились гораздо точнее измерять яркость звезд. Тогда были введены дробные звездные величины. Так, например, звезду, которая по блеску занимала среднее положение между звездами 1-й и 2-й звездной величины, стали считать звездой 1,5 звездной величины.

В прошлом веке было установлено, что сортировка звезд по

звездным величинам совсем не такая уж произвольная операция, как может показаться с первого взгляда. Оказалось, что она связана с некоторыми психофизиологическими особенностями человеческого зрения. В связи с этим старые звездные величины были пересмотрены, уточнены, а также заново измерен блеск нескольких тысяч звезд. В результате появилась новая классификация звезд по их блеску. В ней наиболее ярким звездам и другим небесным светилам были приписаны нулевые и даже отрицательные звездные величины. Так, например, ярчайшая из звезд, Сириус, является звездой минус 1,6 звездной величины, звезда Вега из созвездия Лиры — это звезда 0,1 звездной величины и т. д.

В новой классификации нашлось место и для таких светил, как Солнце, Луна и планеты. Например, Луна — это светило минус 13-й звездной величины, а Солнце — светило минус 27-й звездной величины. Не сделайте отсюда вывод, что Солнце только в два раза ярче Луны. Это будет ошибкой. Установлено, что звезды соседних звездных величин по яркости, по блеску в 2,5 раза отличаются друг от друга. Скажем, звезда 3-й величины ярче звезды 4-й величины в 2,5 раза и слабее звезды 1-й величины в $2,5 \cdot 2,5 = 6,25$ раза. Отсюда следует, что Солнце ярче Луны в $2,5^{14}$, то-есть в 150 тысяч раз! Подсчитайте сами, во сколько раз звезды 6-й величины слабее звезд 1-й величины. Окажется, что они различаются в блеске ровно в 100 раз.

Еще задолго до того, как были составлены первые звездные каталоги, древние наблюдатели неба объединили наиболее яркие и заметные группы звезд в созвездия, дав им различные наименования. В причудливых очертаниях созвездий древние видели фигуры мифических героев или животных. Человеческая фантазия запечатлела на небе персонажи различных легенд и сказаний.

Каждый народ складывал о небе легенды в соответствии со своим общественным и культурным уровнем развития. Одни и те же созвездия у разных народов имели различные наименования. Так, например, семизвездие ковш Большой Медведицы у киргизов называлось «Конь на привязи», у египтян — «Гиппопотамом», а у древних китайцев — «Пе-теу» (хлебной меркой в форме кастрюли). Большинство из названий, окончательно утвердившихся за созвездиями, греческого происхождения. Они постоянно напоминают нам о никогда не существовавших легендарных героях древнегреческих мифов.

В древности, когда далеко не все небо было разбито на созвездия, а координаты отдельных звезд в созвездиях еще не были определены, подавляющее большинство звезд не имело наименований. В древнейшем дошедшем до нас описании неба, составленном в 368 году до нашей эры Евдоксом, отдельные



Рис. 52. Фигура Большой Медведицы из старинного звездного атласа.

звезды отмечались, как «голова Дракона», «грудь Цефея», «сердце Льва» или «клюв Лебедя». Такие указания были весьма неопределенны, так как нередко «на груди Цефея» или «в ногах Кассиопеи» виднелось несколько ярких звезд.

Постепенно астрономы навели порядок в своем небесном хозяйстве. В эпоху средневековья арабские астрономы дали имена наиболее ярким из звезд, а в 1603 году астроном Байер ввел стандартные обозначения звезд в каждом из созвездий. По его предложению, ярчай-

шая из звезд в данном созвездии обозначалась буквой «альфа» (α) — начальной буквой греческого алфавита, вторая по яркости звезда — буквой «бета» (β) и т. д. Правда, такой порядок не всегда соблюдался и иногда более слабая звезда обозначалась буквой, предшествующей букве более яркой звезды, но в основном порядок обозначений, предложенных Байером, сохранился до наших дней.

Давайте раскроем старинный звездный атлас Байера на той странице, где изображена Большая Медведица (рис. 52). Прежде всего бросается в глаза сама медведица, косящаяся на вас своим по-человечески серьезным глазом. На современных звездных картах таких картинок вы уже не увидите — их не рисуют, так как они мешают рассматривать сами звезды. В старинных же звездных атласах всегда изображались, нередко весьма искусно выполненные, медведицы, львы, орлы и другие обитатели звездного неба.

Обратите внимание на обозначения звезд ковша Большой Медведицы. Альфу (α) и бету (β) вы легко нашли. Остальные звезды обозначаются так: гамма (γ), дельта (δ), эпсилон (ϵ) дзета (ζ) и эта (η). Впрочем, средневековые арабы присвоили им и собственные имена: Дубге (α), Мерак (β), Фегда (γ), Мегрец (δ), Алиот (ϵ), Мицар (ζ), Бенетнаш (η). Запоминать эти имена не имеет смысла — все они (кроме Мицара), уже давно вышли из употребления. А вот хорошо знать греческий алфавит и твердо помнить написание отдельных его букв — для астронома необходимо (см. стр. 185).

Иногда на звездных картах некоторые из звезд обозначаются номерами. Запомните, что под таким номером данная звезда была занесена в какой-нибудь из звездных каталогов.

Так, например, в созвездии Малой Медведицы есть две небольшие звездочки, обозначенные цифрами 4 и 5. Оказывается, под такими номерами они встречаются в каталоге Флемстида — первом звездном каталоге, составленном при помощи телескопа в 1725 году. Недалеко от них есть звезда с номером 4506, взятым из английского каталога XIX века.

Некоторые наиболее яркие звезды наряду с буквенным обозначением до сих пор носят данные им много веков назад имена. Так, например, α Малой Медведицы — это всем знакомая Полярная звезда, α Лебедя носит имя Денеб, α Орла — Альтаир и т. д.

Прежде чем продолжить наше знакомство с созвездиями и происхождением их наименований, заглянем в Приложение (стр. 185). Там дано описание подвижной карты звездного неба и самая эта карта. Внимательно прочтите описание и сделайте то, что там сказано. После того как подвижная звездная карта будет готова, установите ее на 21 час 1 сентября. В отверстие карты видно звездное небо первого осеннего вечера. С него мы и начнем наше знакомство с созвездиями.

На северо-западе в лучах вечерней зари легко отыскать семизвездие ковша Большой Медведицы. Когда вы сравните настоящее созвездие с его изображением на звездной карте, вам оно покажется гораздо большим, чем вы ожидали. Такой же «обман чувств» вы будете испытывать и при разыскивании других созвездий, что надо иметь в виду.

В ковше Большой Медведицы не все звезды одинаковы по своему блеску. Звезда δ слабее остальных. Она 3-й звездной величины, между тем как другие звезды ковша принадлежат к звездам 2-й величины. Когда закончатся астрономические сумерки и фон неба повсюду станет равномерно темным, удастся различить и остальные звезды Большой Медведицы. Все они гораздо слабее звезд ковша, и потому при первоначальном знакомстве с небом нет нужды разбираться в их взаимном расположении. Научимся пока различать лишь главнейшие, наиболее яркие звезды каждого созвездия.

Если через две крайние звезды в ковше Большой Медведицы (α и β) провести вверх прямую и на ней мысленно отложить пять раз расстояние между этими звездами, мы встретим Полярную звезду — главную из звезд Малой Медведицы. Как уже говорилось, Малая Медведица менее эффектна, чем Большая. Ее ковш, уступая в размерах ковшу Большой Медведицы, состоит из звезд 3-й и 4-й звездной величины, а остальные звезды этого созвездия еще слабее. Обе небесные Медведицы принадлежат к числу общеизвестных созвездий. Гораздо менее известно близкое к ним созвездие Волопаса.

Посмотрите снова на карту. Представьте себе дугу окруж-

ности, проходящую через звезды хвоста Большой Медведицы (ϵ , ζ и η). Эта дуга указывает на очень яркую звезду Арктур — главную из созвездия Волопаса. Она весьма ярка (нулевой звездной величины), желтовато-оранжевого цвета, и ее легко отыскать в западной части неба. Здесь, как и всегда, взаимное расположение звезд на карте надо сравнивать с их расположением на небе. Кроме Арктура, в созвездии Волопаса выделяются звезды ϵ , δ , β и γ . Они образуют вытянутый многоугольник, характерный для этого созвездия, причем полезно запомнить, что звезда ϵ в осенние вечера находится прямо над Арктуром.

Древние греки рассказывали про обеих Медведиц и Волопаса следующую легенду. Когда-то, в незапамятные времена, у царя Ликоаона, правившего Аркадией, была дочь-красавица Каллисто. Она считалась не только красивейшей из смертных, но и соперничала по красоте даже с прекрасной богиней Герой — супругой всемогущего бога Зевса. Ревнивая богиня в конце концов отомстила сопернице — она превратила Каллисто в безобразную медведицу. Когда сын Каллисто, юный Аркас, возвращаясь с охоты, увидел у дверей дома дикого зверя, он, ничего не подозревая, хотел убить свою мать-медведицу. Но всемогущий Зевс не допустил преступления. Он удержал руку Аркаса, а Каллисто взял на небо, превратив в красивое созвездие. Согласно легенде, Зевс тащил медведицу на небо, держа ее за хвост. Тяжесть медведицы и дальность пути привели к тому, что хвост сильно вытянулся и стал совсем непохожим на коротенькие хвосты земных медведей.

Юный Аркас также не остался на Земле. При содействии Зевса он переселился на небо и в качестве Волопаса навеки был обречен сторожить свою мать. Кстати, слово «Арктур» произошло от слова «арктофилакс», что по-гречески означало «страж» или «хранитель».

Обратим теперь наше внимание на южную часть неба. Высоко над головой и близко от зенита видны две яркие звезды. Правая из них, более яркая и с голубоватым оттенком, называется Вегой, а левая — Денебом. На полпути между горизонтом и зенитом, почти над точкой юга, сияет еще одна яркая голубовато-белая звезда. Это — Альтаир, который вместе с Вегой и Денебом образует так называемый «летний треугольник».

Каждая из перечисленных звезд возглавляет определенное созвездие, и потому на карте они обозначаются буквой α . Вега — главная звезда в небольшом созвездии Лиры, для которого, кроме Веги, характерен близкий к ней маленький параллелограмм из четырех звезд. Если Вега — ярчайшая из звезд северного полушария неба (не считая Сириуса) и ее звездная величина равна 0,1, то сопровождающая ее свита из четырех

звездочек включает в себя звезды не ярче 3-й звездной величины.

Гораздо более крупно и ярко созвездие Лебеда, где наиболее яркой звездой является Денеб. Главные звезды этого созвездия — α , β , γ , δ и ϵ — образуют характерный крест, легко различимый на небе. Сам Денеб принадлежит к звездам 1-й звездной величины, а остальные звезды креста — 2-й и 3-й величины. Для созвездия Орла, возглавляемого Альтаиром, характерна Т-образная фигура, образованная звездами α , β , γ и δ . Первая из них, Альтаир — это звезда 1-й величины, а остальные — звезды 2-й и 3-й звездной величины.

Названия всех трех созвездий связаны с древнегреческими мифами. Лира — это якобы тот самый музыкальный инструмент, на котором когда-то играл «божественный» Орфей. Музыка этого никогда не существовавшего музыканта, по рассказам греков, была так прекрасна, что ее слушали как зачарованные не только люди и животные, но даже растения.

Что касается Орла, то, согласно легендам, это тот самый Орел, который, по повелению Зевса, в течение 30 тысяч лет клевал печень мифического героя Прометея. Такая мучительная казнь была придумана могущественнейшим из богов не случайно: Прометей глубоко оскорбил богов, живших, по преданию, в Греции на вершине горы Олимп. Он украл с вершины Олимпа божественный «огонь знания», чтобы принести этот светоч людям.

Наконец, Лебедь — это сам всемогущий Зевс, летящий на Землю в образе лебеда для одного из своих любовных похождения.

Левее и ниже Лебеда, в восточной части неба, выделяется огромный квадрат из звезд 2-й величины, которые образуют главную часть созвездия Пегаса. Впрочем, звезда в левом верхнем углу квадрата относится не к Пегасу, а к созвездию Андромеды, для которого характерна цепочка из трех одинаковых по яркости звезд — α , β и γ .

Главные звезды Андромеды и Пегаса образуют фигуру, напоминающую огромный ковш или кастрюлю. Этот ковш гораздо больше ковша Большой Медведицы, а «ручка» у него



Рис. 53. В вышине летнего неба парит созвездие Лебеда.

короче и слегка выгнута к зениту. Левее Андромеды, на северо-востоке, низко над горизонтом можно легко различить равнобедренный треугольник, образованный звездами α , β и δ из созвездия Персея. Первая из них продолжает цепочку звезд Андромеды, что облегчает ее отыскание.

В перечисленных трех созвездиях нет ни одной звезды 1-й величины. Может быть, поэтому имена, данные арабами главнейшим из звезд этих созвездий, ныне вышли из употребления. Однако фигуры, образуемые главными звездами Пегаса, Андромеды и Персея, настолько заметны, что все три созвездия принадлежат к числу главнейших.

Выше и правее Персея бросается в глаза характерная группа звезд, напоминающая опрокинутую и растянутую букву «М». Перед нашими глазами созвездие Кассиопея. Его найти очень легко, помня, что оно расположено симметрично с Большой Медведицей по отношению к Полярной звезде. Кассиопея, как и обе Медведицы, принадлежит к числу созвездий, не заходящих в наших широтах. Вы, наверно, уже разглядели на карте, что главные звезды Кассиопеи 2-й и 3-й звездной величины.

Найдите теперь по карте созвездие Цефея. Оно находится правее и выше Кассиопеи, почти в зените, так что в осенние вечера его приходится наблюдать, закинув голову. Звезды в нем слабые, какой-нибудь характерной фигуры они не образуют, и мы упомянули о Цефее лишь потому, что это созвездие связано с Кассиопеей, Персеем, Андромедой и Пегасом одной красивой древней легендой.

Когда-то Эфиопией правил царь Цефей. Однажды его супруга, царица Кассиопея, имела неосторожность похвастаться своей красотой перед обитательницами моря — nereидами. Последние, обидевшись, пожаловались богу моря Посейдону, и разгневанный дерзостью Кассиопеи властитель морей напустил на берега Эфиопии морское чудовище — Кита. Чтобы избавить свое царство от разрушения, Цефей, по совету оракула¹, решил принести жертву чудовищу и отдать ему на съедение свою любимую дочь — Андромеду. Он приковал Андромеду к прибрежной скале и оставил ее в ожидании решения своей участи.

А в это время на другом краю света мифический герой Персей совершил смелый подвиг. Он проник на уединенный остров, где жили горгоны — удивительные чудовища в образе женщин, у которых на головах вместо волос кишели змеи. Взгляд горгон был так ужасен, что каждый, на кого они смотрели, мгновенно окаменевал.

Воспользовавшись сном горгон, Персей отсек голову одной из них — горгоне Медузе. В этот момент из отрубленного тела

¹ О р а к у л — предсказатель судьбы.

Медузы выпорхнул крылатый конь Пегас. Персей схватил голову Медузы, вскочил на Пегаса и по воздуху помчался к себе на родину. Когда он пролетал над Эфиопией, то увидел прикованную к скале Андромеду. В этот момент Кит уже вынырнул из морских пучин, готовясь проглотить свою жертву. Но Персей, ринувшись в смертельный бой с Китом, победил чудовище. Он показал Киту еще не потерявшую волшебной силы голову Медузы, и чудовище окаменело, превратившись в остров. Что же касается Персея, то, расковав Андромеду, он вернул ее отцу, а растроганный от счастья Цефей отдал Андромеду в жены Персею. Так благополучно закончилась эта история, главные герои которой были помещены древними греками на небо.

На звездной карте можно найти не только Андромеду с ее отцом, матерью и мужем, но и волшебного коня Пегаса и виновника всех бед — чудовищного Кита. Созвездие Кита расположено ниже Пегаса и Андромеды. К сожалению, оно не отмечено какими-нибудь характерными яркими звездами и потому принадлежит к числу второстепенных созвездий.

Чтобы закончить знакомство с главнейшими звездами осеннего неба, обратите внимание на очень яркую желтоватую звезду Капеллу. Она видна левее и ниже Персея, соперничая в своем блеске с Арктуром и Вегой. Это — пятая из звезд 1-й величины, доступных для наблюдения в осенние вечера.

Снова возьмем подвижную звездную карту и поставим ее на 21 час 1 января. В отверстие карты теперь уже видно зимнее звездное небо. Посмотрите, как сильно изменился вид неба за четыре месяца. Мы наблюдаем звезды в тот же час суток, что и 1 сентября, но теперь их расположение совсем иное.

Вега и Денеб, блиставшие над головой, сильно опустились к северо-западной части горизонта, а третья вершина «летнего треугольника» и вовсе не видна — Альтаир скрылся под горизонт. Пегас и Андромеда, видневшиеся в восточной части неба, теперь перешли в западную его часть. Зато Персей очутился близко от зенита и рядом с ним сияет лучезарная Капелла. Вращаясь вокруг Полярной звезды, Большая Медведица и Кассиопея поменялись местами — теперь Кассиопея начинает опускаться к горизонту, а Большая Медведица с каждым вечером восходит все выше и выше.

Все эти созвездия — наши старые знакомые. Но вот зато в южной и юго-восточной части неба видны какие-то яркие, незнакомые звезды. Высоко над горизонтом, близко от небесного меридиана, сверкает красноватый Альдебаран — главная звезда созвездия Тельца. Он окружен роем гораздо более слабых звезд, называемых Гиадами. Правее и выше Альдебарана

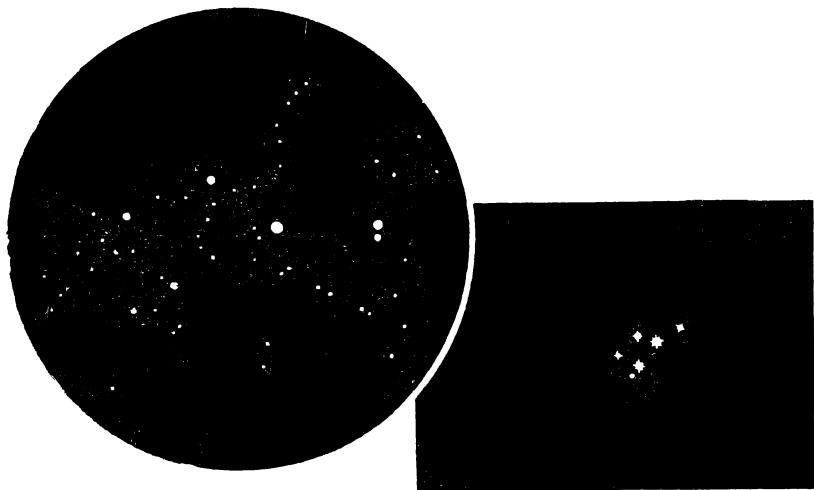


Рис. 54. Вид Плеяд невооруженным глазом (слева) и в бинокль.

зоркий глаз различает маленькую группку слабосветящихся звездочек. Это звездное скопление древние греки называли Плеядами, а у нас, в народе, оно зовется Стожарами. Проверьте ваше зрение — если оно у вас хорошее, вы легко различите в Плеядах 5—6 звезд. Плеяды принадлежат к созвездию Тельца.

Левее и ниже Альдебарана видно красивейшее созвездие зимнего неба — Орион. В нем три звезды первой величины — Бетельгейзе (α), Ригель (β) и Беллатрикс (γ). Между ними видна характерная цепочка из трех одинаковых по яркости звезд — так называемый «пояс Ориона». Левее Ригеля виднеется еще одна яркая звезда, обозначаемая буквой каппа (κ).

Если через три звезды «пояса Ориона» провести в направлении к горизонту прямую, то эта прямая упрется в ярчайшую из звезд — Сириус, принадлежащую к созвездию Большого Пса. Сириус так ярок (его звездная величина минус 1,4) и так красиво мерцает, переливаясь всеми цветами радуги, что эту звезду по справедливости можно считать красивейшей из звезд нашего неба.

Левее и выше Сириуса, почти на прямой, проходящей через Бетельгейзе и Беллатрикс, видна еще одна звезда 0,5 звездной величины. Она носит имя Процион и возглавляет созвездие Малого Пса. Как Большой, так и Малый Пес выделяются лишь своими главными звездами, и для остальных звезд этих созвездий трудно указать какую-нибудь характерную фигуру. В этом отношении более заметно созвездие Близнецов.



Лунное затмение.

Найти Близнецов очень просто — они находятся между Капеллой (α Возничего) и Проционом, почти на полпути между ними. В Близнецах выделяются две звезды — Кастор (α) и Поллукс (β). Обе весьма ярки: Кастор 2-й величины, Поллукс несколько ярче: 1, 2 величины. Почти равные по блеску и рядом расположенные, они составляют единственную в своем роде пару звезд-близнецов. Кроме Кастора и Поллукса, в Близнецах можно легко отыскать еще несколько звезд 2-й и 3-й величины, образующих вместе с главными звездами вытянутую прямоугольную фигуру.

Мы уже упоминали, что над всем этим собранием ярких зимних созвездий, близко от зенита, сияет главная звезда в созвездии Возничего — золотисто-желтая Капелла. Это восьмая по счету звезда 1-й величины очень богатого яркими звездами зимнего неба. Главнейшие звезды Возничего (α , ϵ , ζ , η , θ и β) образуют характерный для созвездия пятиугольник. Они сравнительно ярки (2-й и 3-й величины), а потому могут быть легко найдены на небе.

Яркие зимние созвездия, обратившие на себя внимание еще в глубокой древности, так же, как и осенне-летние созвездия, имеют мифологическое происхождение. Орион — это легендарный охотник, отличавшийся необыкновенной силой и бесстрашием (рис. 55). Он хочет ударить дубинкой бросившегося на него быка — Тельца. Бык очень разъярен — в глазу у него горит яркокрасный Альдебаран, похожий на налившийся кровью глаз. Но охотника охраняют его верные помощники — Большой и Малый Псы. Картина жестокого боя навсегда запечатлена в фигурах созвездий.

Два небесных близнеца — Кастор и Поллукс, по преданию, были сыновьями Зевса и красавицы Леды. К ней и летел Зевс в образе Лебеда, спускаясь с вышины летнего неба. Следует заметить, что различные похождения верховного бога древних греков были ими щедро отображены на небе. Мы уже встречались со свидетельствами легкомыслия и жестокости этого бога. Есть на небе и следы его невинного детства.



Рис. 55. Небесный охотник Орион.

По легендам древних греков, звезда Капелла¹ изображает собой ту мифическую козочку Амалфею, которая когда-то вскормила юного Зевса. В группе звезд, окруживших Капеллу, греки видели легендарного изобретателя колесниц «возничего» Эрихтона. На старинных звездных картах родоначальник всех извозчиков («возничих») держит в своих руках козочку Амалфею.

Интересно отметить, что приятное для школьника слово «каникулы» связано с главным украшением зимнего звездного неба блестящим Сириусом. Когда-то в древнем Риме период летнего отдыха связывали с первым появлением Сириуса в лучах утренней зари. После того как эту звезду впервые в данный год удавалось разыскать в лучах восходящего Солнца, у римлян наступала жаркая пора, и тогда прекращались всякие занятия. Римляне называли Сириус «Песьей звездой», что на латинском языке звучало, как «каникула», то-есть «собачка» или «песик». Вот почему приятный период отдыха — «каникулы» в буквальном переводе с латинского на русский язык означает «собачьи дни», что, конечно, совсем не соответствует русскому смыслу этого выражения.

Если зимнее небо наиболее богато яркими звездами, то весеннее небо составляет с ним резкий контраст. Весенними вечерами в южной и юго-восточной частях неба видны лишь три звезды 1-й величины и очень небольшое число звезд 2-й величины. В этом нетрудно убедиться, поставив подвижную звездную карту на 21 час 1 апреля. В западной половине неба видны опускающиеся к горизонту зимние созвездия. На юге, близко от меридиана и сравнительно высоко над горизонтом, выделяется главная звезда весеннего созвездия Льва — голубовато-белый Регул. Созвездие Льва хотя и не имеет других ярких звезд, подобных Регулу, но его легко рассмотреть, так как звезды в этом участке неба действительно образуют фигуру, напоминающую лежащего Льва. Между созвездиями Льва и Близнецов вклинилось созвездие Рака, замечательное тем, что в нем находится доступное невооруженному глазу звездное скопление Ясли. В остальном же созвездие Рака внешне ничем не характерно и его можно отнести к числу второстепенных.

Второе крупное весеннее созвездие — это созвездие Девы. Главная его звезда Спика принадлежит к звездам 1-й величины и легко может быть найдена в юго-восточной части неба, низко над горизонтом. В созвездии Девы выделяется четырехугольник, образованный Спикой и звездами γ , δ и ζ . Левее и выше Девы находится уже знакомый нам Арктур из весеннего созвездия Волопаса.

¹ «Капелла» в переводе означает «козочка».

Перечисленные три созвездия — Лев, Дева, Волопас — и составляют главную часть весеннего звездного неба. О мифическом происхождении Волопаса мы уже говорили. Что касается Льва, то, согласно древнегреческим легендам, это тот самый грозный Немейский Лев, которого убил, совершая свои знаменитые двенадцать подвигов, сильнейший из мифических героев — Геркулес. Менее ясно происхождение созвездия Девы. На старинных картах оно изображалось в виде молодой женщины, держащей в руке спелый колос ржи (звезда Спика). Древние греки считали Деву одной из своих богинь — впрочем, какой именно, так и осталось неясным.

Нам остается теперь, завершая обзор звездного неба, поставить карту на 23 часа 1 июля. Мы изменили обычный час наблюдения не случайно. В конце июня и начале июля в северных широтах наступает период белых ночей. Только к 11 часам вечера на серовато-синем и еще светлом фоне летнего неба удастся различить главнейшие звезды и созвездия.

Высоко над головой, близко от зенита, сияет царица летнего неба — голубоватая Вега. Легко увидеть и другие две звезды летнего треугольника — Денеб и Альтаир. На востоке выползают из-за горизонта наши старые знакомые — Пегас и Андромеда, а на севере, в лучах вечерней зари, можно различить «верхушку» зимнего неба — яркую Капеллу. В западной части неба виден Арктур и заходящая за горизонт Спика. Все эти созвездия и звезды нам уже знакомы. Кроме них, на летнем небе, в его юго-западной части, можно рассмотреть три летних созвездия — Геркулес, Змееносец и Северную Корону.

Первое из них находится справа от Лиры и состоит из звезд 2-й величины. Шесть из них (β , δ , ϵ , π , η и ζ) образуют фигуру, отдаленно напоминающую туловище гиганта, стянутое поясом (звезды ϵ и ζ). На старинных картах сильнейший из мифических героев изображен опрокинутым. На его спине трофей — шкура убитого Немейского Льва, а в руке, как у Ориона, мощная дубина.

Главная звезда созвездия — α Геркулеса не входит в эту фигуру: она расположена ниже ее. Рядом с α Геркулеса видна самая яркая звезда другого созвездия — Змееносца. Между Геркулесом и Арктуром бросается в глаза красивая полукруглая цепочка из звезд 3-й и 4-й величины. Это северная Корона, с главной звездой Геммой, или Жемчужиной (обозначена, как обычно, буквой α). Наконец, низко над горизонтом в южной части летнего неба сияет яркокрасный Антарес — главная звезда в ярком, но трудном для наблюдения в северных широтах созвездии Скорпиона.

Мы уже говорили, что Геркулес, один из мифических сыновей Зевса, считался величайшим из героев. Неудивительно, что

греки поместили на небо не только этого героя, но и предметы его подвигов — побежденного Немейского Льва, Дракона, извивающегося между небесными Медведицами, змееобразную Гидру, петляющую свои кольца под весенними созвездиями Льва и Девы. О бесчисленных приключениях и подвигах Геркулеса можно было бы написать целую книгу. К сожалению, в противоположность этому, ничего нельзя сказать о Змееносце. С созвездием Змееносца не связано никакого мифа, и оно просто изображает собой человека, несущего в руках Змею — кстати сказать, единственное созвездие, рассеченное на две части другим созвездием.

Зато Северная Корона, как и большинство созвездий, имеет мифологическое происхождение. Древние греки рассказывали о красавице Ариадне, которая была похищена легендарным героем Тезеем и брошена им затем на берегу моря. Тронутый воплями Ариадны, бог Бахус явился к ней на помощь. Чтобы увековечить красоту страдальцы, он снял с ее головы венок и бросил к небу. Пока венок летел на небо, его цветы превратились в драгоценные камни, а потом заблистали на небе венцом, или короной, из цепочки звезд.

Грозой всех мифических героев считался небесный Скорпион. Он ужалил в пятку непобедимого Ориона и так напугал катавшегося по небу сына бога Солнца, Фазтона, что последний упал с неба в виде стремительной «падающей звезды».

В южных областях нашей страны (на Кавказе, в Крыму и Средней Азии), где созвездие Скорпиона восходит выше, чем в средней полосе, можно увидеть и цепочку ярких звезд, образующих хвост Скорпиона и его клешни. Там же хорошо видны соседи Скорпиона — летние созвездия Стрельца и Козерога (см. карту). Первое из них изображается обычно в виде Центавра — фантастического соединения коня и человека, а второе — это мифическое животное с головой барана и хвостом рыбы.

Мы закончим на этом предварительное знакомство со звездным небом. Созвездий очень много — на всем небе их 88, но, конечно, далеко не все из них такие яркие и заметные, как те, о которых шла речь.

Посмотрите на звездную карту — на ней границы созвездий отмечены пунктиром. Но вот что любопытно: внутри многих созвездий нет ни одной звезды. Таковы, например, созвездия Рысь, Жираф, Эридан, Печь, Скульптор, Волосы Вероники и ряд других. Все они состоят из звезд слабее 3-й величины, а на карте указаны лишь более яркие звезды.

Звездное небо заселялось созвездиями постепенно. Самые яркие и заметные из них обратили на себя внимание еще в глубокой древности. Менее заметные появились в позднейшие

эпохи. Так, например, созвездие Жирафа было введено в начале XVII века, а до того пространство между Возничим и Полярной звездой оставалось свободным, не принадлежащим к какому-либо созвездию. Еще в XVII и XVIII веках таких незанятых участков неба было немало. В конце концов все они заполнились малозаметными созвездиями. В XVII веке под Большой Медведицей появились Гончие Псы, а справа от ее морды — созвездие Рыси. В том же веке список созвездий пополнился такими созвездиями, как Лисичка, Единорог, Ящерица, Щит и другие.

Если фигуры древних созвездий в какой-то степени напоминали своими очертаниями то, о чем говорили их названия, то у новейших созвездий такое сходство полностью отсутствует. Даже при самой богатой фантазии невозможно в беспорядочно разбросанной группе слабосветящихся звездочек увидеть рысь, ящерицу или стаю гончих псов. Названия новейших созвездий давались астрономами совершенно произвольно, и ничто не мешало созвездие Рыси назвать Жирафом, а созвездие Гончих Псов — Лисицей.

С другой стороны, новейшие созвездия, в отличие от древних, не связывались с какими-нибудь мифами или легендами. Напротив, многие из них носят наименование точных приборов, не знакомых древним. Таковы, например, введенные в XVII—XVIII веках созвездия Секстант, Компас, Телескоп, Микроскоп и др. Большинство новых созвездий можно встретить на карте южного полушария звездного неба, что, конечно, не случайно. Южное небо было изучено европейцами значительно позже северного. Правда, в странах северного полушария южное небо частично видно и поэтому некоторые из южных созвездий, — такие, например, как Южный Крест, Центавр, Корабль Арго, Эридан и Алтарь, — упоминаются еще древнегреческими астрономами. Области же, близкие к южному полюсу мира, были заполнены созвездиями лишь в XVII—XVIII веках.

К концу XVIII века на небе почти не оставалось места для новых созвездий. Тем не менее некоторые увлекшиеся астрономы не постеснялись отхватить куски от древних созвездий, чтобы поместить на небо изобретенное ими созвездие. Нередко эти «реформы» порождались верноподданическими или националистическими настроениями. Еще Флемстид в начале XVIII века назвал главную звезду в созвездии Гончих Псов «Сердцем Карла II». Следуя его примеру, другой, английский, астроном поместил на небо «Арфу Георга», а немецкий исследователь неба Боде решил запечатлеть среди созвездий «Регалии Фридриха II». Кстати сказать, чтобы найти место для регалий прусского короля, Боде «отодвинул» руку Андромеды, которая держала ее протянутой в течение трех тысяч лет!

Последнее из созвездий, Кошка, было помещено на небо известным французским астрономом Лаландом в 1799 году. В оправдание своего поступка он писал: «Я люблю кошек, я обожаю их; надеюсь, что мне простят, если я, после моих шестидесятилетних неослабных трудов, помещу одну из них на небо».

Все же современные астрономы не простили Лаланду его легкомыслия. Они спустили на Землю его Кошку, а также заодно очистили небо от Регалий Фридриха, Арфы Георга и других столь же неудачных созвездий. Отмели астрономы и попытки церковников заменить языческие созвездия христианскими. А такие попытки предпринимались неоднократно.

Еще в первые века нашей эры «отцы церкви» называли древние мифологические созвездия «дьявольским соблазном рода человеческого», а их героев посылали в ад. В начале XVII века представителями церкви было предложено языческие созвездия, «противоречащие христианским чувствам», заменить другими, «вполне христианскими» созвездиями. Так, например, авторы этого проекта предлагали Солнце называть «Иисусом Христом», Луну — «Девой Марией», а двенадцать зодиакальных созвездий — именами двенадцати апостолов.

Астрономы, конечно, не пошли на эту «реформу». С другой стороны, ее очевидная нелепость была замечена и наиболее мыслящими из церковников. Ведь пришлось бы, введя новые названия, произносить иногда не просто бессмысленные, но и, с точки зрения церковников, «богохульные» фразы, как, например: «Иисус Христос закатился за горизонт», или «Произошло затмение Христа девой Марией»!

В конце концов порядок на небе все же был установлен. В 1922 году состоялся Международный астрономический съезд, который убрал с неба 29 неудачных созвездий, а также уточнил границы оставшихся 88 созвездий, придав этим границам правильную прямолинейную форму. Посмотрите на звездную карту: пунктирные границы созвездий идут теперь по отрезкам координатных линий — небесных «параллелей» и «меридианов».

Некоторые из астрономов, присутствовавших на съезде, предлагали вовсе упразднить созвездия, заменив их четырехугольными участками стандартных размеров. Большинство астрономов, однако, не согласилось с этим предложением. Правда, современный исследователь вселенной в своей работе почти не пользуется созвездиями. Он находит звезды не по созвездиям, а по их координатам, приводимым в звездных каталогах. Но, с другой стороны, созвездия — это памятники древней культуры, отражающие отдельные этапы развития астрономической науки.

Созвездия помогали древним путешественникам находить правильный путь по Земле. По ним приближенно ориентируются и современные летчики, разведчики, моряки. Нужны созвездия и тем, кто приступает к изучению вселенной. Они облегчают знакомство с отдельными звездами и другими достопримечательностями звездного неба.

Спутник Земли

Главное светило наших ночей — Луна издавна воспевалась многими поэтами. Вы, вероятно, помните знаменитые пушкинские строки:

За хором звезд луна восходит.
Она с безоблачных небес
На доли, на холмы, на лес
Сиянье томное наводит.

Занимая промежуточное положение между ослепительным блеском Солнца и слабым светом звезд, «томное сияние» Луны имеет отличное от них происхождение. Если и Солнце и звезды — тела сильно раскаленные и потому самосветящиеся, то Луна — это холодный, темный шар, сияющий лишь отраженным солнечным светом. Погасни Солнце — и прекратились бы лунные ночи: не имея собственного света, Луна стала бы невидимой.

Из всех небесных тел Луна наиболее близка к Земле. Расстояние до нее равно 384 403 километрам; в сравнении с удаленностью Солнца и звезд оно кажется ничтожным. На небе Луна по своим видимым размерам почти равна Солнцу. На самом же деле Солнце, находящееся от Земли на среднем расстоянии в 149,5 миллиона километров, то-есть почти в 400 раз дальше Луны, в такое же число раз превосходит ее по поперечнику. Если Солнце — это исполинский раскаленный газовый шар, в 1300 тысяч раз по своему объему больший земного шара, то Луна значительно уступает Земле и в объеме и в массе. По объему Луна в 49 раз меньше нашей планеты, а вся ее поверхность по площади близка к площади Европы. Что же касается массы Луны, то она в 81 раз меньше массы Земли.

Луна — спутник Земли. Это единственное небесное тело, обращающееся вокруг Земли под действием земного притяжения. Орбита Луны мало отличается от окружности, и потому при движении Луны вокруг Земли ее расстояние от Земли почти не меняется. Двигается Луна сравнительно быстро — она завершает свой обход Земли за $27\frac{1}{3}$ суток.

Обнаружить движение Луны вокруг Земли легко из наблю-

дений. В лунную ночь выйдите под открытое небо и заметьте расположение Луны по отношению к двум-трем ярким звездам. Отыщите эти звезды на подвижной карте звездного неба и нанесите на карту Луну в виде маленького условного кружочка. Следите при этом, чтобы взаимное расположение звезд и Луны было на карте таким же, как и на небе.

На следующий день или в ближайшую ясную лунную ночь повторите наблюдения. Вы теперь уже не найдете Луну среди прежних звезд — она заметно сместилась к востоку. Значит, Луна перемещается среди звезд, и это перемещение вызвано обращением Луны вокруг Земли.

Попробуйте определить, на сколько градусов сместится Луна за одни сутки. Для этого возьмите угломер (стр. 41) и измерьте угол между направлением на точку, где Луна была в предыдущую ночь, когда велись наблюдения, и направлением на Луну в данный момент наблюдения. Разделив этот угол на число часов, протекших между первым и вторым наблюдениями, вы найдете, на сколько градусов Луна передвигается за час, а отсюда можно вычислить и ее смещение за сутки.

Оказывается, каждые сутки Луна, передвигаясь среди звезд, смещается к востоку приблизительно на 13° . Из-за этого ежедневно Луна запаздывает в восходе почти на 50 минут, что тоже легко проверить наблюдениями. Таким образом, Луна одновременно участвует в двух движениях — в кажущемся суточном вращении всего небосвода и в настоящем, действительном обращении вокруг Земли.

Найдите теперь путь, по которому перемещается Луна среди звезд. Для этого в течение месяца аккуратно каждую ясную ночь заносите на звездную карту положение Луны среди звезд. Хорошо, если удастся сделать 10—15 наблюдений. Тогда через полученные точки можно провести плавную кривую, которая и изобразит собой видимый путь Луны среди звезд.

Этот путь, как указывают наблюдения, проходит по зодиакальным созвездиям, но в то же время не совпадает с эклиптической. Отсюда следует, что плоскость лунной орбиты несколько наклонена к плоскости земной орбиты; по современным данным, этот угол близок к $5^\circ 09'$.

Видимый путь Луны среди звезд пересекает эклиптику в двух точках, которые называются узлами. Попробуйте из наблюдений определить, в каких созвездиях находятся узлы лунной орбиты. Для этой цели надо поточнее нанести на карту с изображением эклиптики 15—20 положений Луны среди звезд, а затем, проведя через них плавную кривую, найти по карте точки ее пересечения с эклипстикой.

Эклиптика, как и небесный экватор, делит небо на два полушария. Проходя через один из узлов, Луна попадает в то полу-

шарие, к которому принадлежит Полярная звезда. Этот узел договорились называть *в о с х о д я щ и м* узлом, а второй, противоположный узел — *н и с х о д я щ и м*.

Еще в древности было замечено, что узлы не находятся в покое. Под действием притяжения Солнца и планет плоскость лунной орбиты медленно поворачивается. Из-за этого и узлы перемещаются по эклиптике, совершая полный оборот за $18\frac{2}{3}$ лет. Легко подсчитать, что за месяц узлы смещаются на $\frac{1}{7}$ градуса, и, следовательно, их перемещение через 5—6 месяцев наблюдений вы сможете обнаружить сами.

О движении Луны среди звезд многие и не подозревают. Зато изменчивость видимой формы Луны известна каждому. В разные ночи Луна видна по-разному — то серпиком, то полукругом, то полным кругом. Бывают и такие ночи, когда Луны и вовсе не видно. Все эти изменения видимой формы Луны астрономы называют сменой лунных фаз. Давайте проследим, в каком порядке меняются лунные фазы.

По отрывному календарю вы легко узнаете, когда будет ближайшее новолуние. Так называется период, когда Луна, располагаясь на небе рядом с Солнцем, скрывается в его ослепительных лучах. Дня через два после новолуния в западной части горизонта, вскоре после захода Солнца, попытайтесь отыскать Луну. В этот период Луна будет видна в форме серпика, с горбом, обращенным в сторону Солнца.

В журнале наблюдений заранее нарисуйте окружность радиусом 2—3 сантиметра. В нее врисуйте наблюдаемую вами фазу Луны, отметив день и час наблюдения. Такие же наблюдения повторите в течение месяца и во все последующие лунные ночи. Помните, что с каждым днем Луна будет восходить все позже и позже, так что, недели три спустя после новолуния, Луну придется наблюдать поздней ночью. Если для юного астронома такие ночные наблюдения почему-либо неудобны, есть хороший выход — наблюдать Луну *д н е м*, когда она, как маленькое белое облачко, будет видна *с п р а в а* от Солнца.

Через месяц, закончив наблюдения, просмотрите журнал наблюдений. Вы ясно себе представите, как и в какой последовательности сменяются лунные фазы (рис. 56). После новолуния серп Луны с каждым днем растет и примерно через неделю превращается в половину круга, с горбиком, обращенным вправо. Такая фаза Луны называется первой четвертью.

Рост Луны на этом не прекращается — через неделю после первой четверти наступает полнолуние, когда Луна в виде полного круга сияет на небе. После полнолуния Луна начинает убывать, причем с противоположной, западной стороны диска. Спустя неделю после полнолуния наступает последняя четверть, а затем Луна превращается в серпик с горбиком, обра-

щенным влево, который, уменьшаясь с каждым днем, наконец исчезает в лучах восходящего Солнца.

Наблюдения показывают, что от новолуния до следующего новолуния проходит около $29\frac{1}{2}$ суток, то-есть немногим меньше одного календарного месяца. Кстати сказать, и самое название «месяц» и продолжительность этой календарной единицы времени обязаны своим происхождением периоду смены лунных фаз. Луну до полнолуния условились называть «молодой», растущей Луной, а после полнолуния — «старой». Любопытно отметить, что «старый Месяц» (или Луна), по своей форме похож на букву «С», что всегда позволяет узнать, «старая» или «молодая» Луна видна на небе.

В чем же причина смены лунных фаз и почему они периодически повторяются? Луна — шар, и поэтому Солнце освещает не всю Луну сразу, а лишь одно из ее полушарий. Это освещенное полушарие Луны при ее движении вокруг Земли мы видим по-разному. Если Луна находится в области неба, прямо противоположной Солнцу, то к земному наблюдателю будет обращено все освещенное полушарие Луны. Через две недели Луна пройдет половину своей орбиты и очутится между Землей и Солнцем. Ясно, что в этот момент к Земле повернется темное, неосвещенное полушарие Луны. В промежуточных положениях

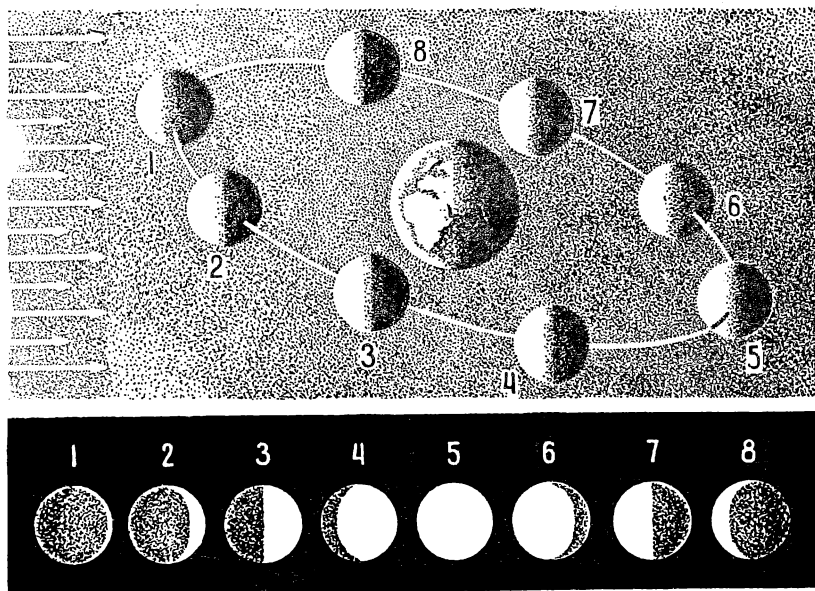


Рис. 56. Причина смены лунных фаз.

земной наблюдатель увидит другие, уже знакомые нам лунные фазы (рис. 56).

Смена лунных фаз есть неизбежное следствие того, что Луна не имеет собственного света. Можно легко воспроизвести любую лунную фазу с помощью лампы, изображающей Солнце, белого шарика, выполняющего роль Луны, и наблюдателя, голова которого в этом опыте заменяет земной шар (рис. 57). Запомните, что край Луны называется *лимбом*, а граница света и тени, изменяющаяся при смене лунных фаз, — *терминатором*. Вы, наверно, уже убедились из наблюдений, что терминатор — это вовсе не дуга окружности. Он имеет более сложную форму, являясь на самом деле дугой эллипса.



Рис. 57. Опыт, объясняющий лунные фазы.

Когда серпик Луны бывает узким, легко заметить, что остальная часть Луны также освещена. Ее слабый свет отдаленно напоминает свечение тлеющего уголька, покрытого пеплом, почему описываемое явление и получило наименование «пепельного света» Луны.

Что же порождает этот слабый свет, что может освещать скрытую от солнечных лучей темную часть Луны? Ответ несколько неожиданный: оказывается, Луну освещает... наша Земля!

Нет нужды долго говорить о красоте лунных ночей. Всем известно, как ярко освещает полная Луна темную земную поверхность. Нечто подобное есть и на Луне. Если бы мы смогли перенестись на поверхность нашего спутника и очутиться в том месте, где мы видим «пепельный свет», то, взглянув оттуда на небо, мы увидели бы новое, незнакомое светило — нашу Землю. Она казалась бы нам в 14 раз больше, чем Луна с Земли. Что же удивительного, если в земные ночи лунная поверхность так сильно освещена Землей, что это своеобразное отражение Земли в «лунном зеркале» мы легко обнаруживаем с расстояния в сотни тысяч километров?

Зарисуйте молодой месяц и дополняющий его «пепельный свет». Попробуйте подметить окраску этого света. Когда к Луне обращен Тихий океан, «пепельный свет» становится голубоватым, а когда материковое полушарие Земли (Евразия, Африка и Австралия), — то желтоватым.

Интересно, конечно, самому побывать на Луне, посмотреть оттуда на Землю, на смену ее фаз (с Луны будет наблюдаться и «полноземелие», и «новоземелие», и другие земные фазы!). Самое же интересное — исследовать поверхность Луны, определить ее состав, строение и другие свойства. Все это будет возможным в сравнительно недалеком будущем, когда полеты на Луну станут таким же повседневным событием, как регулярное воздушное сообщение между земными городами. А пока приходится изучать Луну с весьма почтенного расстояния. Впрочем, кое-что о ее поверхности можно узнать и из наблюдений невооруженным глазом.

Видели ли вы серовато-темные пятна на Луне? На них обращали внимание еще древние астрономы, но до изобретения телескопа природа темных лунных пятен оставалась неясной.

В начале XVII века эти пятна были названы «морями», причем каждому из них астрономы присвоили определенное наименование. Позже было доказано, что лунные моря не имеют ничего общего с земными морями и океанами.

Дело в том, что из-за небольших размеров и массы Луна притягивает к себе все предметы в шесть раз слабее Земли. Из-за слабого притяжения Луна никогда не могла удержать вокруг себя атмосферы. Наш спутник — это мертвый мир, лишенный и атмосферы, и воды, и жизни. Лунные моря, по современным данным, представляют собой не обширные водохранилища, а области с более темными, чем остальная поверхность Луны, вулканическими породами.

Знать главнейшие из лунных морей для юного астронома так же необходимо, как и знание созвездий. На рис. 58 вы видите лунную карту. На ней изображены лунные океаны, моря и заливы. Полную Луну часто сравнивают с толстой, добродушной физиономией. Если употребить такое сравнение, то тогда легко разобраться в расположении лунных морей (см. рис. 58). Левый «глаз» лунной физиономии — это Море Спокойствия с двумя отростками — Морем Изобилия и Морем Нектара. Над «глазом» видна «бровь» — овальное темное пятно, именуемое Морем Кризисов.

«Переносицу» Луны образует Море Ясности, а искривленный лунный «нос» — Море Паров, Залив Зноя, Центральный Залив и Море Облаков. Огромное Море Дождей с Заливом Радуги изображает собой правый «глаз» Луны, а тонкая узкая «бровь» над ним — это наименее заметное из лунных морей — Море Холода. Правая «щека» Луны как будто вся в синяках и кровоподтеках. Называется она Океаном Бурь, залив которого в нижнем левом углу получил наименование Моря Влажности.

Отыщите на настоящей Луне все эти моря и попробуйте сделать 5—6 рисунков Луны в разных фазах с наблюдаемыми

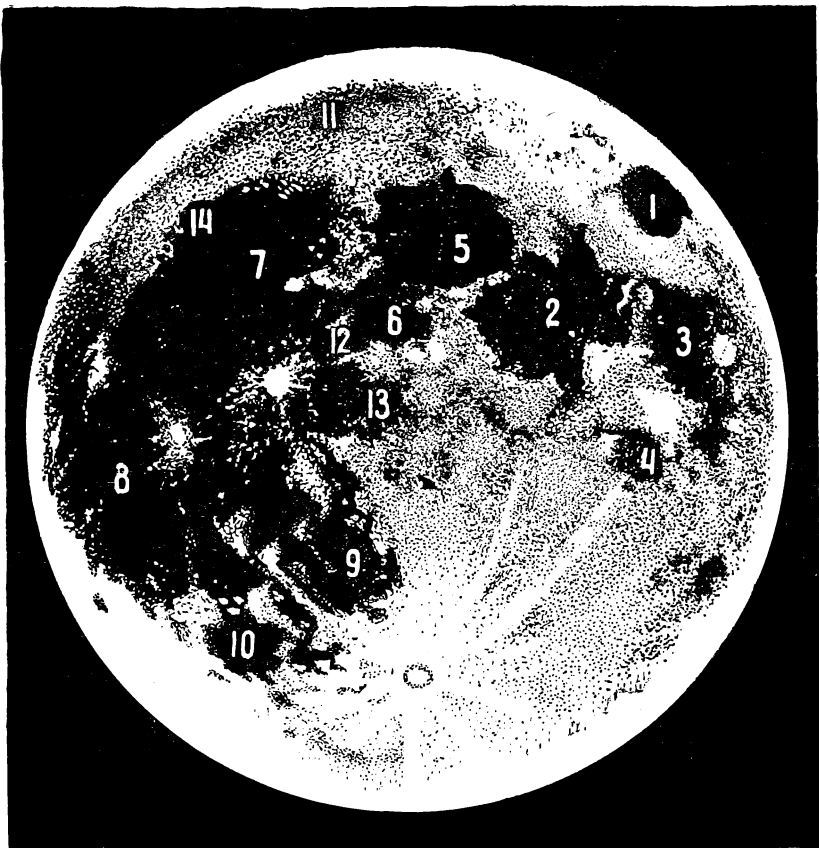


Рис. 58. Лунные моря и их заливы: 1) Море Кризисов; 2) Море Спокойствия; 3) Море Изобилия; 4) Море Нектара; 5) Море Ясности; 6) Море Паров; 7) Море Дождей; 8) Океан Бурь; 9) Море Облаков; 10) Море Влажности; 11) Море Холода; 12) Залив Зноя; 13) Центральный Залив; 14) Залив Радуги.

в эти моменты морями. Старайтесь возможно точнее передать на рисунке не только очертания морей, но и черноту различных их деталей. Лучше всего рисовать мягким карандашом, стремясь, как и всегда, не к внешней красочности рисунка, а к наиболее точному копированию оригинала.

Из наблюдений лунных морей можно сделать один важный вывод. В какой бы фазе ни находилась Луна, моря на ее поверхности всегда одни и те же. Это означает, что при движении вокруг Земли Луна всегда остается обращенной к Земле одной стороной. «Затылок» Луны постоянно скрыт от наших

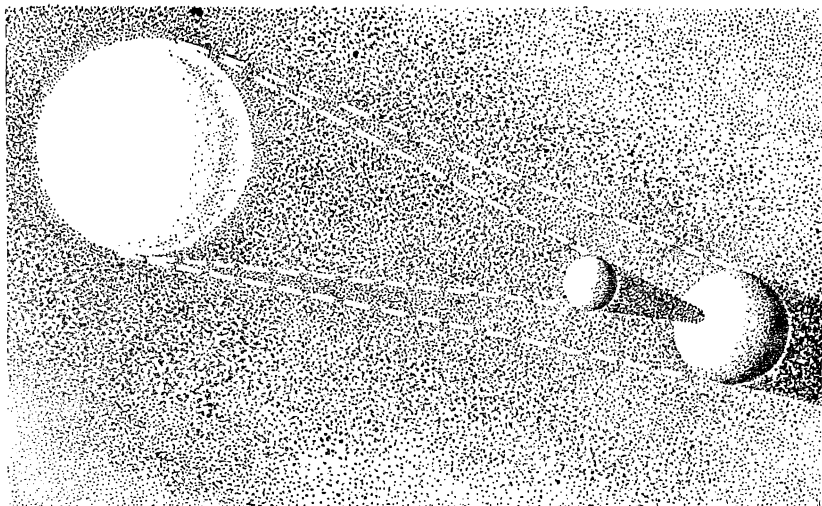


Рис. 59 Схема, объясняющая причину солнечных затмений.

любопытных глаз. Впрочем, ряд данных свидетельствует о том, что невидимая сторона Луны по своей физической природе мало чем отличается от того полушария, которое доступно наблюдению.

Некоторые делают из этого факта неверный вывод: они полагают, что Луна не вращается вокруг своей оси. На самом же деле осевое вращение есть и у Луны, но только полный оборот вокруг своей оси Луна совершает в точности за то же время, как и вокруг Земли. Именно поэтому мы и видим только одно полушарие нашего спутника.

Чтобы разобраться в этом вопросе, сделайте простой опыт. Поставьте стул, который будет изображать Землю, а сами, в качестве Луны, обходите стул, все время держась к нему лицом. Легко заметить, что при этом вы вращаетесь и вокруг себя — то вы видели перед собой одну стену комнаты, то другую. Совершив обход стула, вы постепенно обернетесь лицом ко всем четырем стенам, то-есть совершите полный оборот вокруг своей «оси».

При движении Луны вокруг Земли иногда происходят солнечные и лунные затмения (рис. 59 и 60). В первом случае тень от Луны падает на земную поверхность, и в том месте, куда упала лунная тень, наступает полное солнечное затмение. В течение нескольких десятков минут Луна, как черная круглая заслонка, постепенно закрывает солнечный диск.

Когда исчезает последний солнечный луч и Солнце пол-

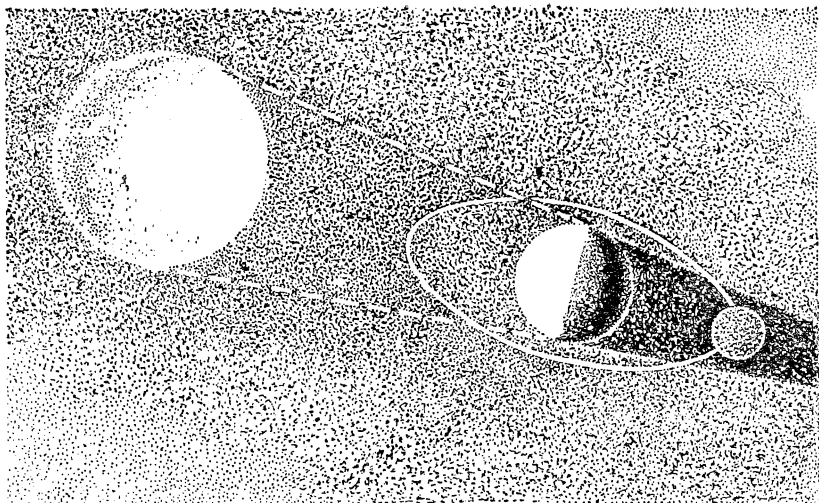


Рис. 60. Чертеж, поясняющий, отчего происходят лунные затмения.

ностью покрывается Луной, вокруг затмившегося Солнца вспыхивает жемчужно-серебристое сияние — так называемая солнечная корона. Кроме того, Солнце окаймляется ярким оранжево-красным кольцом с отдельными выступами, напоминающими язычки пламени. Эта красноватая оболочка Солнца называется хромосферой, а выступы из нее — протуберанцами.

Солнечная корона, хромосфера и протуберанцы являются частями солнечной атмосферы. В нижних своих слоях хромосфера состоит из нескольких десятков различных веществ, находящихся в раскаленном, газообразном состоянии. Верхние слои хромосферы и протуберанцы включают в себя главным образом водород, гелий и кальций. Что же касается солнечной короны, то, кроме мелкой твердой пыли и очень разреженного газа, в этом верхнем этаже солнечной атмосферы встречаются стремительно разлетающиеся от Солнца мельчайшие электрически заряженные частицы — корпускулы. Солнечные лучи, рассеиваясь на корпускулах, и создают впечатление косматого, жемчужно-серебристого ореола.

В старину солнечные затмения вызывали суеверный страх и их считали грозным «знамением» божьего гнева. На самом же деле это интересное и совершенно безобидное явление природы. Во время полных солнечных затмений особенно удобно изучать солнечную атмосферу. Поэтому астрономы и проявляют большой интерес к наблюдению солнечных затмений.

Когда Луна при движении вокруг Земли сама попадет в тень, отбрасываемую Землей в мировое пространство, наступает лунное затмение. Часть солнечных лучей, преломившись в земной атмосфере, входит внутрь конуса земной тени. Из-за них в момент полного затмения Луна все же остается видимой. Земная тень на Луне имеет хорошо заметный красновато-бурый оттенок. Когда-то, не зная истинной причины лунных затмений, суеверные люди думали, что Луна заливается кровью. В наши дни во время лунных затмений астрономы тщательно изучают яркость и цвет различных частей земной тени,— оказывается, такие наблюдения позволяют узнать некоторые свойства земной атмосферы.

Если бы Луна обращалась вокруг Земли точно в плоскости земной орбиты, затмения были бы частым и потому обыкновенным небесным явлением. Каждое новолуние сопровождалось бы солнечным затмением, а каждое полнолуние — лунным. На самом же деле из-за наклона плоскости лунной орбиты к плоскости земной орбиты затмения сравнительно редки.

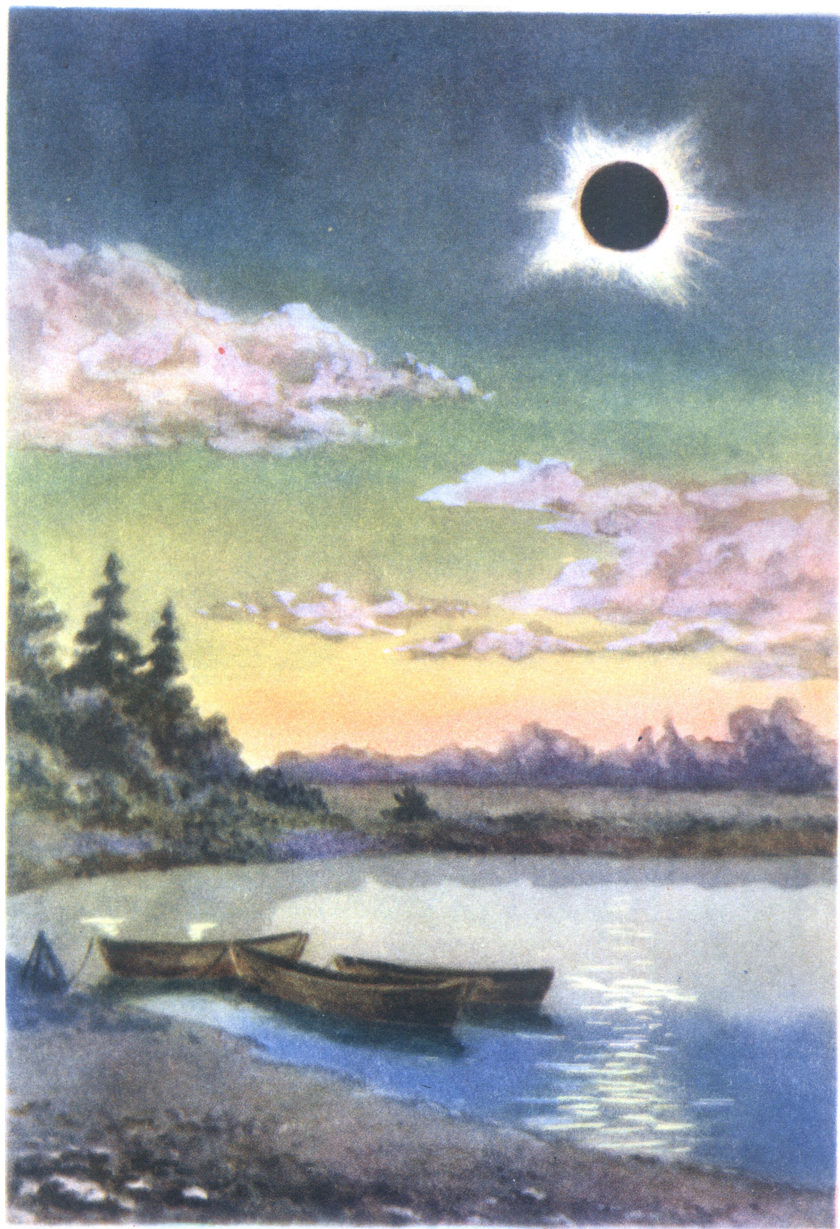
Прямая, соединяющая узлы лунной орбиты, носит название *линии узлов*. Узлы движутся, и линия узлов поворачивается, совершая полный оборот за $18\frac{2}{3}$ лет. Когда же могут произойти затмения? Очевидно, что только тогда, когда Луна находится вблизи какого-нибудь из узлов, а линия узлов направлена на Солнце.

Зная движение Луны и Земли, можно заранее рассчитать моменты наступления солнечных и лунных затмений. Для таких расчетов разработана специальная теория затмений. Предсказания этой теории, сделанные на десятки лет вперед, сбываются с точностью до долей секунды. Значит, астрономам хорошо известны законы движения небесных тел и их предсказания — это не беспочвенные гадания, а основанное на точном знании научное предвидение.

В Приложении (стр. 186) вы найдете список тех предстоящих солнечных и лунных затмений, которые будут удобными для наблюдений в СССР. Постарайтесь непременно пронаблюдать эти редкие явления природы.

Во время солнечного затмения зарисуйте ход затмения, то-есть вид Солнца, закрытого Луной, в различные моменты времени. Помните, что на Солнце смотрят лишь сквозь защитное темное стекло, так как иначе можно ослепнуть. В момент полного солнечного затмения повнимательнее рассмотрите корону, хромосферу и протуберанцы, а если успеете, то и зарисуйте вид полностью затмившегося Солнца.

Лунные затмения продолжаются гораздо дольше солнечных. Если полная фаза солнечного затмения никогда не превышает 7 минут, то полное лунное затмение нередко длится более часа.



Полное солнечное затмение

За это время можно подробно рассмотреть окраску лунной тени. Кроме того, полезно зарисовать, пользуясь цветными карандашами, весь ход лунного затмения.

Наш спутник — Луна во многом отличается от Земли. Мы перейдем теперь к небесным телам, гораздо более сходным с нашей планетой¹.

Блуждающие светила

Еще в глубокой древности было замечено, что, кроме так называемых «неподвижных звезд», на небе есть особые блуждающие светила, названные планетами. Внешне они напоминают обычные яркие звезды. Существуют, однако, два признака, позволяющие различить планету среди звезд. Во-первых, в отличие от постоянно мерцающих звезд планеты выделяются спокойным, немерцающим блеском. Во-вторых, планеты хотя и медленно, но все же непрерывно перемещаются на фоне звездного неба, переходя из одного созвездия в другое. Некоторые из планет обладают такой большой скоростью движения, что заметить их смещение удастся за несколько дней.

Уже древним астрономам было известно, что планеты выбирают тот же путь, ту же «большую небесную дорогу», что и Солнце и Луна. Они движутся по зодиакальным созвездиям, мало уклоняясь от эклиптики.

В древности было известно пять планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Все они получили имена древнеримских богов и богинь. Самая быстрая из планет — Меркурий носит имя пронзливой и шустрого бога торговли. Ярчайшая и наиболее красивая планета Венера была посвящена богине любви и красоты. Красноватый Марс, напоминающий по своему цвету капельку крови, олицетворял кровожадного бога войны. Медленный и яркий Юпитер, величественно перемещающийся среди звезд, был назван так в честь верховного бога древних римлян. Наконец, тусклый желтоватый блеск последней из планет — Сатурна побудил древних римлян присвоить этой мрачной планете имя бога смерти и «потустороннего» мира.

Переходя из одного созвездия в другое, планеты иногда останавливаются, начинают пятиться назад, но затем, как бы одумавшись, снова продолжают начатое движение (рис. 61). Загадочные петли, выписываемые планетами на звездном небе, способствовали распространению самых нелепых суеверий. В древности и в средние века многие серьезно верили, что пла-

¹ Название «планета» происходит от греческого слова «планетес», что значит «блуждающий».



Рис. 61. Петля, описанная планетой Марс.

дей всяких занятий, совершаемых при помощи огня. Те, кто находится под влиянием Марса, бывают людьми суровыми, жестокосердыми, наглыми, буйными. Они обыкновенно много едят, сильны, крепки, с налитыми кровью глазами и рыжими волосами».

Под влиянием Венеры, как полагали астрологи, рождались аптекари, портные, легкомысленные женщины и пьяницы. Меркурий покровительствовал вора и фальшивомонетчикам.

Астрологическое мракобесие не умерло и в наши дни. В буржуазных странах, в особенности в США, астрологам предоставляются для пропаганды их бредовых идей печать, кино, радио. Неудивительно, что, в угоду своим хозяевам, современные «звездочеты» предсказывают процветание странам капитала и «неизбежную гибель» Советскому Союзу и странам народной демократии. Как сообщала сравнительно недавно газета «Правда», один из буржуазных астрологов поспешил оповестить мир о важном открытии: по его «наблюдениям», открытая в конце XVIII века планета Уран оказалась «планетой революционной диктатуры», но, к счастью, созвездие Близнецов все же «благоприятствовало заключению Северо-Атлантического пакта» (!?).

Все эти факты свидетельствуют только об одном — о глубоком загнивании капиталистического общества, чувствующего неизбежность своего конца и потому не брезгающего никакими средствами для одурманивания трудящихся масс.

Астрономия, как и любая наука, всегда боролась и борется с любыми формами суеверий и мракобесия. Великое открытие Николая Коперника позволило правильно оценить место и роль планет во вселенной. Не указатели человеческой судьбы, а «небесные земли», спутники Солнца, более или менее сходные

неты оказывают влияние на судьбы людей. Более того, была создана лженаука астрология, представители которой (разумеется, за особую плату) брались по расположению на небе планет предсказывать судьбу того или иного человека.

Вот что, например, писалось в одной из старинных астрологических книг о «влиянии» планеты Марс:

«В первом знаке зодиака Марс производит военных, убийц, медиков, мясников, псаров, булочников, то-есть лю-

с нашим земным миром, — вот что такое планеты в свете современной астрономии.

Посмотрите на рисунок 62. На нем приведены сравнительные размеры Солнца и главнейших из планет. В настоящее время, кроме перечисленных пяти ярких планет, известны еще три — Уран, Нептун и Плутон. Первая из них была открыта случайно в 1781 году. Она на небе кажется звездочкой 5-й величины, так что, если знать участок неба, где находится в данный момент Уран, то эту планету можно увидеть и невооруженным глазом. Открытые в 1846 году Нептун и в 1930 году

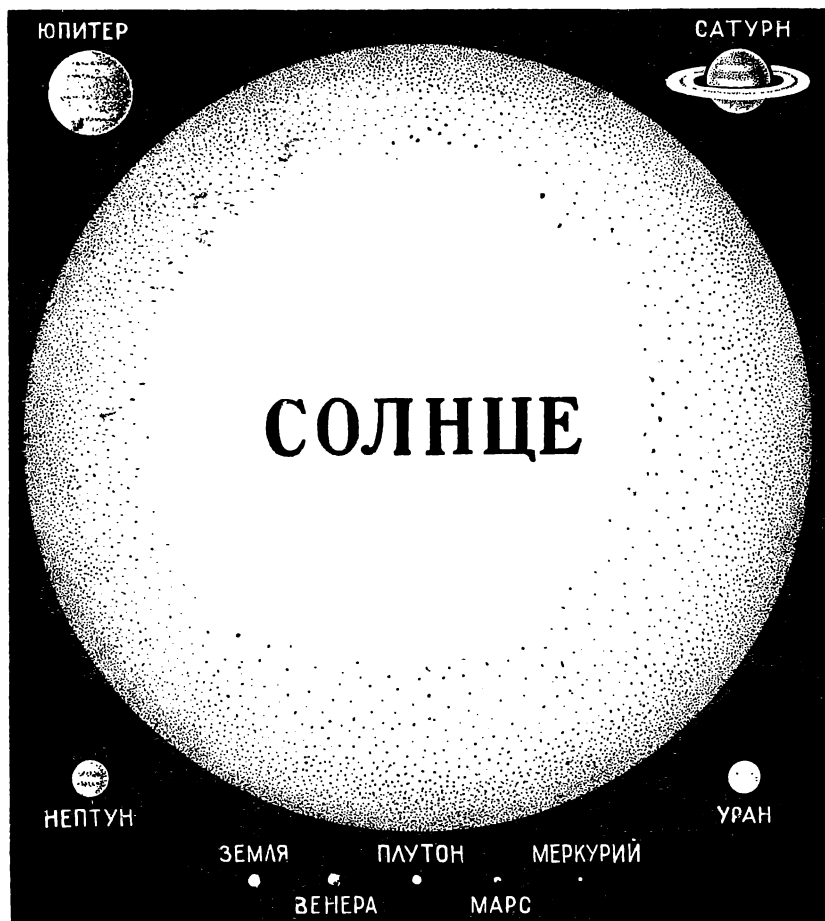


Рис. 62. Сравнительные размеры Солнца и планет.

Плутон являются самыми далекими от Солнца планетами. Нептун недоступен невооруженному глазу, но в бинокль его можно разглядеть, как звездочку 8-й величины. Что же касается Плутона, то, являясь светилом 15-й величины, эта планета доступна для наблюдений только в мощные современные телескопы.

Все планеты, даже вместе взятые, и по объему и по массе гораздо меньше Солнца. По физической природе планеты можно разделить на три группы. Первая из них возглавляется Землей и включает в себя планеты «земного типа» — Меркурий, Венера, Марс. Все они, как и Земля, состоят в основном из тугоплавких каменных веществ и окружены сравнительно небольшими разреженными атмосферами, причем у Меркурия, по новейшим данным, плотность его атмосферы в несколько тысяч раз меньше плотности атмосферы Земли.

Вторая группа планет — это планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Они в десятки или сотни раз по объему превышают Землю, имеют очень небольшие твердые ядра, а их мощные атмосферы в основном состоят из водорода, метана и аммиака. Наконец, на границе солнечной системы движется последняя из известных планет — Плутон. По своим размерам эта планета сходна с Землей, но из-за огромной удаленности от Солнца температура на поверхности Плутона близка к -210° . При такой температуре атмосфера отсутствует, а газы, которые могли бы ее составлять, в виде льдов покрывают поверхность Плутона. Возможно, что, кроме Плутона, к третьей группе далеких планет прибавятся и другие, пока не открытые спутники Солнца. В последние годы ряд фактов заставил астрономов высказать предположение, что за Плутоном есть еще более далекая планета, которую называли пока Трансплутоном. Сейчас пытаются рассчитать, каков путь этой планеты, чтобы в дальнейшем можно было организовать ее систематические поиски.

На рисунке 63 изображен план солнечной системы: в центре — Солнце, а вокруг — пути различных планет. На чертеже солнечная система кажется маленькой, но на самом деле ее поперечник близок к 12 миллиардам километров. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении и по орбитам, мало отличающимся от окружностей. Только у Плутона орбита настолько вытянута, что кажется пересекающейся с орбитой Нептуна. На самом же деле пути этих планет лежат в разных плоскостях, и потому их катастрофическое столкновение невозможно.

Если посмотреть на солнечную систему сбоку (то-есть в плоскости чертежа), то легко убедиться, что все планеты обращаются вокруг Солнца почти в одной плоскости — кроме Плутона, плоскость орбиты которого наклонена к плоскостям орбит остальных планет под углом в 17° .

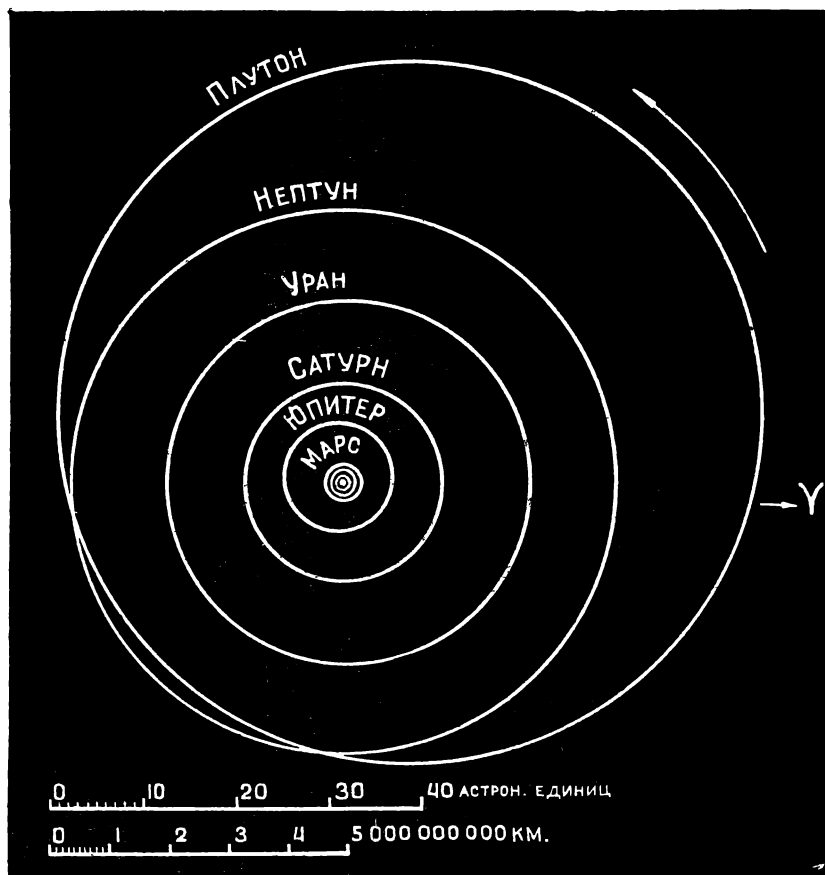


Рис. 63. План солнечной системы.

Чем дальше планета от Солнца, тем больше продолжительность ее «года», то-есть периода оборота вокруг Солнца. У ближайшей к Солнцу планеты Меркурий самый короткий «год» — он длится всего 88 земных суток. По меркуриальному календарю юный читатель этой книги имел бы уже почтенный возраст в 50—60 лет. Зато на Плуtone он оказался бы новорожденным младенцем, так как год на этой планете продолжается 249 земных лет.

В таблице на стр. 191 вы найдете все основные сведения о планетах, а сейчас перейдем к наблюдениям.

Чтобы отыскать планеты на небе, надо знать их внешние отличия и хотя бы созвездие, в котором они в данный момент

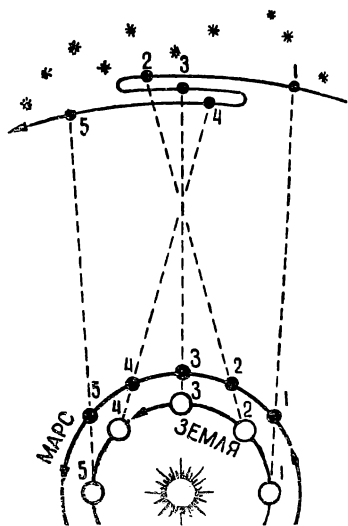


Рис. 64. Чертеж, объясняющий петлеобразное движение планет.

находятся. Мы уже упоминали о характерных особенностях внешнего вида каждой из планет. Сведения о видимости планет на ближайший месяц можно найти как в отрывном календаре, так и в специальных астрономических календарях и таблицах (см., например, «Школьный астрономический календарь» на данный год).

Из всех планет труднее всего наблюдать Меркурий. Из-за близости к Солнцу эта планета почти всегда скрывается в солнечных лучах и никогда не отходит от Солнца дальше, чем на 28° . По преданию, даже великому Копернику за всю свою долгую жизнь не удалось ни разу увидеть Меркурий. Не смущаясь этим, попробуйте все же оказаться счастливее Коперника.

Узнав, когда наступит наибольшее удаление Меркурия от Солнца, попытайтесь отыскать планету в лучах вечерней или утренней зари.

Несравненно удобнее для наблюдений Венера. Даже когда эта ярчайшая из планет (ее наибольший блеск соответствует звезде — 4,3 величины) находится близко к Солнцу, ее все же легко заметить, как очень яркую белую звезду. Венера может отходить от Солнца на 48° , и тогда в периоды таких наибольших удалений, или элонгаций, Венера обращает на себя внимание каждого, кто посмотрит на небо. В этот период ее видно даже днем при полном солнечном свете.

И Венера и Меркурий — внутренние планеты. Они обходят Солнце на расстоянии меньшем, чем Земля, и потому видимы лишь по утрам или вечерам. Остальные планеты могут наблюдаться в любой час ночи.

Марс, Юпитер и Сатурн легко отыскать, зная их окраску и созвездия, в которых эти планеты в данный момент находятся. Самая яркая из них — Юпитер. В момент наибольшего сближения с Землей Юпитер имеет блеск, равный — 2,5 звездной величины, Марс — несколько меньше (— 1,9)¹, а Сатурн кажется звездой 0-й величины. Отсутствие мерцания, большая яркость

¹ В моменты так называемых «великих противостояний», повторяющихся через каждые 15—17 лет, блеск Марса достигает минус 2,6 звездной величины.

и характерный цвет сильно облегчают отыскание всех трех планет.

Найдя планеты на небе, займемся изучением их движений. Прежде всего надо возможно точнее нанести планету на звездную карту. Для этого замечают, как расположена планета по отношению к ближайшим ярким звездам. Затем, найдя эти звезды на карте, наносят среди них карандашом кружочек, изображающий планету, а рядом с ним — дату наблюдений. Такие наблюдения повторяют примерно раз в неделю в течение всего периода видимости планеты.

Если вы аккуратно выполните всю программу наблюдений, то через полученные точки нетрудно будет провести кривую — путь планеты среди звезд. Вы обнаружите, что все планеты

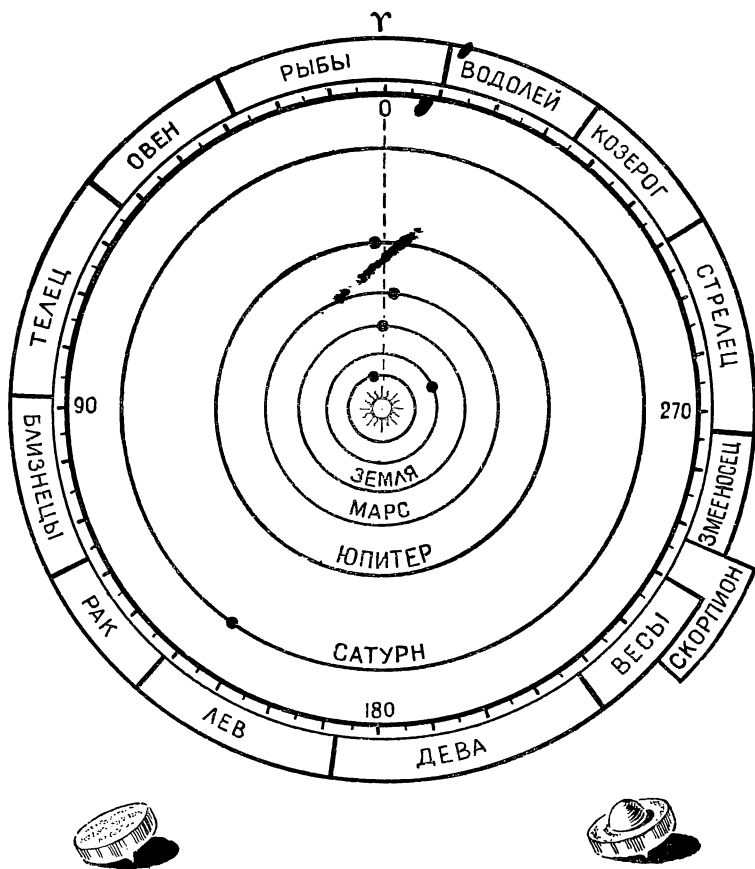


Рис. 65. Стенной планетарий,

движутся с запада на восток. Такое движение планет называется прямым. Если планета описывает петлю, ее прямое движение временно сменяется попятным, а при смене направлений движения планета некоторое время остается неподвижной в точках стояния.

Разгадку петлеобразных движений планет дал еще Коперник. Все дело в том, что мы наблюдаем планеты не с неподвижной, а с движущейся Земли. Кроме того, плоскости планетных орбит несколько наклонены к плоскости земной орбиты. В результате, как показано на рисунке 64, земному наблюдателю будет казаться, что планеты описывают на небе петли.

От наблюдений видимого положения планеты среди звезд можно перейти к изображению ее действительного положения в солнечной системе. Для этого сделайте предварительно интересное наглядное пособие, которое условно назовем «стенным планетарием» (рис. 65).

На большом (1×1 метр) квадратном листе фанеры или плотного картона наносят, соблюдая относительный масштаб, орбиты Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Сатурна. Радиусы этих орбит легко найти по таблице на странице 191, где радиус земной орбиты принят за единицу. За орбитой Сатурна условно изображают область зодиакальных созвездий в виде окружности, разделенной на градусы, с резко выделенными границами каждого созвездия. Кроме того, специально выделяется точка весеннего равноденствия Υ .

Для каждой из планет изготавливают фанерный или картонный кружок с гвоздиком. На кружке рисуют условное изображение планеты. В центре планетных орбит помещают лучезарное Солнце. Стенной планетарий готов — остается лишь укрепить на соответствующие места Землю и планеты. Делается это так: известно, что Солнце бывает в точке осеннего равноденствия 23 сентября. Зная, что за сутки Земля проходит по орбите около градуса, можно легко подсчитать, какой путь проделала Земля с 23 сентября до данного дня. Эту дугу λ_0 и откладывают, хотя бы с помощью транспортира, на изображении земной орбиты от точки B в сторону против часовой стрелки (рис. 66).

Чтобы нанести на «планетарий» планеты, надо предварительно отыскать их на небе и нанести на карту (стр. 215, 217, 219), где эклиптика разделена на градусы. По этим делениям можно узнать так называемую геоцентрическую долготу планеты λ , то-есть угол между направлениями с Земли на планету и на точку весеннего равноденствия. Допустим, что планета оказалась на 30-м делении эклиптики, то-есть, иначе говоря, ее геоцентрическая долгота равна 30° .

Найдя этот угол, его затем откладывают на чертеже солнеч-

ной системы. Так как точка весеннего равноденствия, как и звезды, практически находится в бесконечности, то с Земли направление на точку весеннего равноденствия будет параллельно направлению на ту же точку из центра Солнца (рис. 66). Отложив от направления $З \Upsilon$ в сторону против часовой стрелки угол, равный долготе планеты (в нашем примере 30°), находят точку пересечения второй стороны угла ($ЗП$) с орбитой планеты. В этой точке $П$ солнечной системы и будет находиться наблюдаемая вами планета. Таким же способом можно найти действительное расположение и остальных планет.

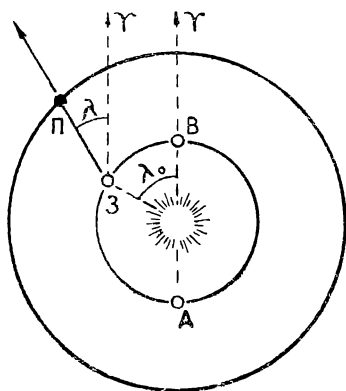


Рис. 66. Чертеж, поясняющий, как найти положение планеты на ее орбите.

Каждая из планет проходит за сутки определенную часть своей орбиты, которую можно приближенно выразить в градусах и их долях. Вот таблица, из которой видно, на сколько градусов каждая из планет перемещается по своей орбите за сутки:

Меркурий	$4^\circ,1$
Венера	$1^\circ,6$
Земля	$1^\circ,0$
Марс	$0^\circ,5$
Юпитер	$0^\circ,08$
Сатурн	$0^\circ,03$

Зная эти величины и определив из наблюдений расположение планет на их орбитах для какого-нибудь момента времени, можно легко рассчитать их взаимное расположение для любого другого момента.

Допустим, вас интересует, где будут находиться планеты через месяц (30 дней). Для этого вы вычисляете, сколько градусов пройдет за месяц каждая планета по своей орбите, а затем полученные дуги откладываете от прежних, известных вам положений планет.

Получив новое расположение планет, вы на «планетарии» легко увидите, какие из планет будут наблюдаться ночью, какие по утрам и вечерам, а какие и вовсе скроются в солнечных лучах. Так, например, о расположении планет на рисунке 65

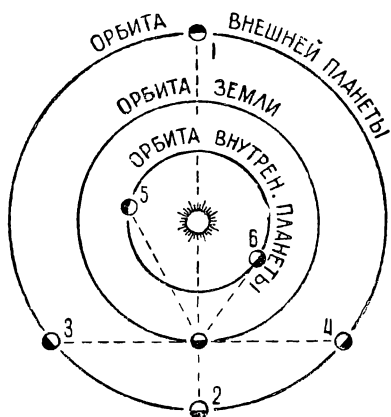


Рис. 67. Конфигурации планет.

дует, что обе планеты видны ночью, причем кульминируют они около полуночи. Наконец, Сатурн имеет западную элонгацию, равную 30° , и потому его следует искать на фоне утренней зари.

По стенному «планетарию» можно также (правда, грубо приближенно) узнать, в каком созвездии находится та или иная планета. Это будет созвездие, на которое с Земли проектируется изображение планеты. Так, например, на рисунке 65 Марс и Юпитер видны с Земли в созвездии Рыб, а Сатурн — в созвездии Льва.

Взаимные расположения планет и Земли на их орбитах называются *конфигурациями планет* (рис. 67). Когда планета находится в точке, прямо противоположной Солнцу, то такая конфигурация называется *противостоянием*. В этот момент планета наиболее близка к Земле. В момент, когда планета окажется за Солнцем в наибольшем удалении от Земли и элонгация ее станет равной нулю, наступает *верхнее соединение* планеты с Солнцем. У внутренних планет, Меркурия и Венеры, бывают еще *нижние соединения*, когда эти планеты находятся перед Солнцем. Наконец, положения, при которых элонгация планеты становится равной 90° или 270° , носят названия *восточной* и *западной квадратур*.

Стенной «планетарий» в сочетании с наблюдениями планет на настоящем небе поможет вам хорошо разобраться в различных конфигурациях планет, особенностях их движения вокруг Солнца и условиях видимости этих «блуждающих светил» с нашей планеты — Земли.

можно сказать следующее: элонгация Меркурия (то-есть угол между направлениями с Земли на Меркурий и Солнце) очень мала, и потому Меркурий, скрываясь в солнечных лучах, окажется недоступным для наблюдений. Зато Венера находится в наибольшей элонгации к востоку от Солнца и, следовательно, прекрасно видна по вечерам. Марс, как и Юпитер, имеют почти одинаковые элонгации, близкие к 180° . Они будут наблюдаться в одном созвездии близко друг от друга в области неба, прямо противоположной Солнцу. Отсюда сле-

Кометы и метеориты

Мало кто из обитателей Земли может похвастаться тем, что ему удалось наблюдать большую, яркую комету. Такие хвостатые звезды — редкие гости на небе. Хотя в среднем каждое столетие появляются десять ярких комет, большинство из них хорошо видимы только в некоторых областях земного шара, да и то лишь на короткое время.

Многие читатели, вероятно, будут удивлены, узнав, что в 1947 и 1948 годах на небе наблюдались огромные, яркие кометы. Почему же они их не видели, почему об этих необыкновенных светилах не сообщали наши газеты? Все дело в том, что обе кометы перемещались по южным созвездиям и только жители Южного полушария Земли в полной мере могли любоваться небесными странниками. Впрочем, в южных областях Советского Союза кометы эти наблюдались астрономами и даже обращали на себя внимание лиц, далеких от астрономии.

В 1927 году жители Восточной Сибири заметили днем, недалеко от Солнца, еще одну очень яркую хвостатую звезду. К сожалению, комета Скъелеруппа — так называли эту комету — вскоре скрылась в солнечных лучах и стала неудобной для наблюдений.

Может быть, ваш дедушка помнит, как в 1910 году на небе появилась знаменитая комета Галлея. В России, в особенности в ее южных областях, комета была видна очень хорошо и привлекала всеобщее внимание. Любопытно отметить, что в январе того же 1910 года на небе виднелась еще одна яркая комета.

И все же большие кометы редки и редкость их появления создает впечатление о редкости комет вообще. Такое заключение неверно. Кометы — это очень многочисленный тип небесных тел, но только большинство из них проходят вдалеке от Земли и потому могут наблюдаться лишь в телескоп или, в лучшем случае, в бинокль. Далеких, слабосветящихся «телескопических» комет — великое множество. Каждый год астрономы открывают по несколько таких комет, а в иные годы их появляется больше десятка. Можно смело

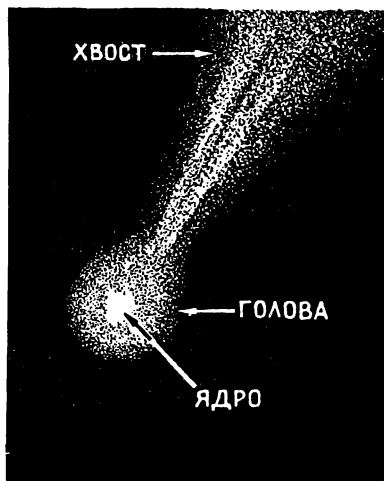


Рис 68. Строение кометы.

утверждать, что редко выпадают дни, когда на небе не виднелась бы в телескоп какая-нибудь комета.

Впрочем, внешность таких «телескопических» комет очень скромна. Маленькая расплывчатая звездочка, окруженная круглым светящимся облачком, из которого иногда высовывается, как из луковицы ростки, прозрачный, струйчатый хвост, — таков внешний вид типичной кометы.

Зато когда кометы проносятся близко от Земли, они являются собой великолепное зрелище. Вначале, когда комета еще находится на значительном расстоянии от Земли (300—400 миллионов километров), астрономы обнаруживают ее как маленькое туманное пятнышко. С каждым днем, приближаясь к Земле и Солнцу, комета растет и в размерах и в яркости.

Из звездообразного ядра кометы появляются светящиеся истечения, которые затем образуют один или несколько хвостов кометы. В период наибольшего сближения с Землей комета раскидывает пышный хвост, тянущийся по небу иногда на десятки градусов. В этот период большая комета становится наиболее замечательным светилом на звездном небе. Она своей необычной формой и сравнительно быстрыми изменениями невольно привлекает всеобщее внимание. Так проходит неделя, а иногда и месяц, после чего комета заметно тускнеет, постепенно уменьшается в размерах и снова превращается в туманное пятнышко, тающее на черном фоне звездного неба.

Когда-то комет боялись. Не зная природы комет, причин различных кометных явлений, суеверные люди считали хвостатые звезды грозными провозвестницами всевозможных несчастий — голода, болезней, смертей и войн. Даже совсем недавно, в 1910 году, комета Галлея вызвала панику во многих странах. Прохождение Земли 19 мая 1910 года через крайне разреженный хвост кометы многие люди, далекие от науки, расценили как «кончину мира». Церковники воспользовались суеверными страхами отсталой, темной части населения. Они организовали многочисленные молебствия о даровании спасения Земле, а у нас в России монахи распространяли в виде листовок даже специальное «заклятье против встречи с кометой Галлея».

Наполненное изобретательной руганью в адрес ни в чем не повинной кометы, это «заклятие» должно было спасти от гибели «грешный человеческий род»!

Суеверные страхи, связанные с кометами, лишены всяких оснований. Кометы — это небесные тела, подчиненные естественным законам природы. Под действием притяжения к Солнцу кометы обращаются вокруг него по очень вытянутым эллиптическим орбитам, которые по своей форме сильно отличаются от почти круговых планетных орбит. Кометы обходят Солнце в различных направлениях и разных плоскостях, причем

периоды их обращения заключены в очень широких пределах — от двух-трех до сотен тысяч и миллионов лет.

Некоторые из комет могут уходить от Солнца во много тысяч раз дальше Плутона, и с наиболее далеких от Солнца точек их орбит наше ослепительно яркое дневное светило кажется обычной звездой.

Кометы часто называют «видимым ничто», и это справедливо. Хотя головы комет по своему поперечнику нередко превышают Солнце, а хвосты тянутся на миллиарды километров, вещества в кометах очень мало. В любой из комет его в миллиарды раз меньше, чем в Земле. Немудрено, что кометы почти не притягивают планет и не оказывают на их движение заметного влияния.

Главная часть вещества кометы заключена в кометном ядре. По новейшим данным, кометные ядра представляют собой глыбы затвердевших газов (паров воды, аммиака, метана и др.), обволакивающих твердые каменные частицы разных размеров. Кометные ядра очень невелики. Их поперечник, по видимому, не превышает нескольких километров, а поверхность покрыта толстым слоем твердой пыли.

Когда кометное ядро приближается к Солнцу, оно нагревается, а затвердевшие газы, испаряясь, образуют голову и газовые хвосты кометы. Струи испаряющихся газов увлекают за собой частички покрывающей ядро пыли, которая, покинув почти не притягивающее ее (из-за малой массы) кометное ядро, образует пылевые кометные хвосты.

Пыль отражает солнечные лучи, а газы кометы под действием Солнца светятся холодным светом, как и газы всем известным рекламным трубок.

Частицы, покинувшие кометное ядро, не только притягиваются к Солнцу по закону тяготения, но и отталкиваются его лучами. Вот это отталкивательное воздействие светового давления со стороны Солнца и есть причина давно известного факта: хвосты комет всегда направлены в сторону, противоположную Солнцу.

Облетев Солнце, комета удаляется в глубины мирового пространства. Ядро ее охлаждается, выделение газов и пыли постепенно ослабевает, и наконец комета снова надолго исчезает.

Астрономы изучили движение многих комет. Они могут предсказывать, когда и какие кометы появятся на небосводе. Надо заметить, что из комет, обладающих сравнительно небольшим периодом обращения, только комета Галлея будет удобна для наблюдений. Ее ближайшее появление произойдет в 1986 году. Остальные кометы сравнительно слабы и малозаметны. Правда, весьма вероятно, что до появления кометы Галлея из глубин мирового пространства может вынырнуть какая-

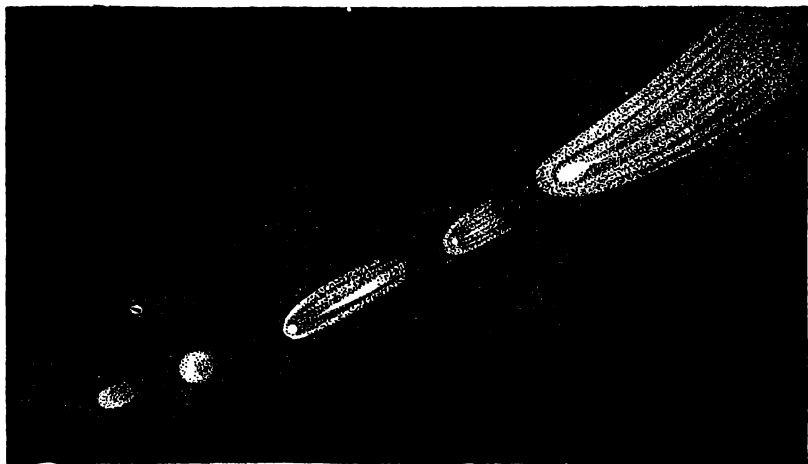


Рис. 69. Распад кометы 1889 года.

нибудь неизвестная яркая комета, как это было не раз и, в частности, в 1947—1948 годах. Вот тогда не пропускайте ни одной ясной ночи: наблюдайте комету, зарисовывайте ее форму, детали, положение среди звезд. К тому времени вы, вероятно, будете больше знать о кометах, чем теперь, так как прочтете по крайней мере указанные в Приложении книги (стр. 184). Следует также специально подготовиться к наблюдениям яркой кометы по инструкциям в книгах В. П. Цесевича или П. Г. Куликовского (стр. 184).

Появление на небе большой, яркой кометы — редкое событие, и о нем вы узнаете по радио и из газет. Если же вас интересуют слабые кометы, доступные для наблюдения в бинокль, то о них вы можете узнать из астрономических календарей и ежегодников или сделав запрос по адресу: Москва, п/я 1268, Всесоюзное астрономо-геодезическое общество.

Кометы — это непрерывно разрушающиеся небесные тела. Странствуя в мировом пространстве, ядра комет сталкиваются с небесными камнями — метеоритами, при столкновении дробятся, и в конце концов комета превращается в рой мелких осколков, рассеянных вдоль орбиты распавшейся кометы (рис. 69).

Если наша Земля столкнется с такой «бывшей» кометой, множество осколков ее ядра врежутся в земную атмосферу и произведут красивое явление «звездного дождя». В этот период сотни «падающих звезд» будут во всех направлениях бороздить небо. К настоящим звездам — далеким солнцам — «падающие

звезды» никакого отношения, конечно, не имеют. На самом деле это маленькие твердые частицы весом в граммы или доли грамма. Влетая в атмосферу со скоростью в десятки километров в секунду, эти, как их называют, «метеорные тела» сжимают перед собой воздух, заставляя его ярко светиться, а сами, побежденные сопротивлением атмосферы, полностью разрушаются на высоте около 80 километров, создавая впечатление упавшей звезды. Некоторые из метеорных тел — остатки распавшихся кометных ядер, другие представляют собой маленькие метеоритики, то-есть самостоятельные спутники Солнца, как бы сверхкарликовые планетки.

Каждую ночь на небе можно наблюдать десяток-другой одиночных «падающих звезд», или, как называют это явление астрономы, метеоров. Когда же Земля проходит сквозь метеорный поток, то-есть остатки какой-нибудь распавшейся кометы, метеоров видно особенно много и все они кажутся вылетающими из одной точки неба, называемой радиантом. На самом деле метеорные тела летят параллельно друг другу, но вследствие перспективы их пути кажутся пересекающимися (рис. 71).

У каждого метеорного потока есть определенный, свой радиант. По созвездию, где расположен этот радиант, получает наименование и самый поток. Так, например, в десятых числах августа много падающих звезд вылетает из созвездия Персея, а потому и порождающий их метеорный поток получил название «персеид». В таблице вы найдете сведения о главнейших метеорных потоках, которые ежегодно можно наблюдать.

Наблюдения метеоров надо проводить так. В те дни, когда Земля пересекает какой-нибудь из метеорных потоков, выйдите под открытое звездное небо, отыщите созвездие, в котором находится радиант, расположитесь поудобнее и ожидайте появления метеоров. Перед вами должна быть снятая на прозрачную бумагу копия того уча-

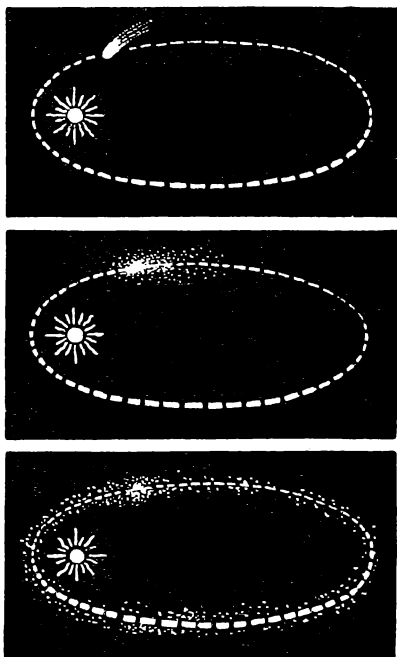


Рис. 70. Постепенное превращение кометы в метеорный поток.

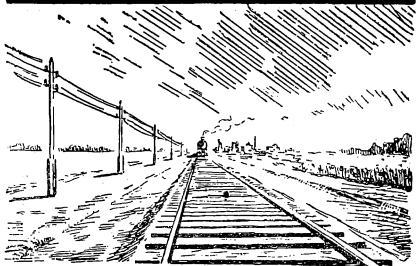
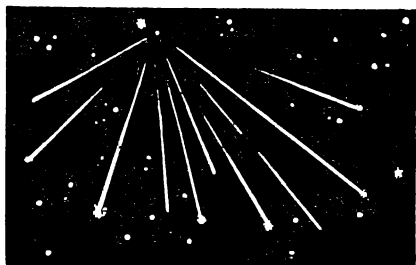


Рис. 71. Пути метеоров кажутся сходящимися подобно железнодорожным рельсам

стка звездной карты, в котором находится радиант и окружающие его созвездия. Еще за несколько дней до наблюдений надо так хорошо изучить расположение звезд на этом участке, чтобы быстро и легко находить любую яркую звезду как на небе, так и на карте. Карту освещают по мере надобности фонариком, причем свет его должен быть очень слабым, чтобы не слепить глаза наблюдателя.

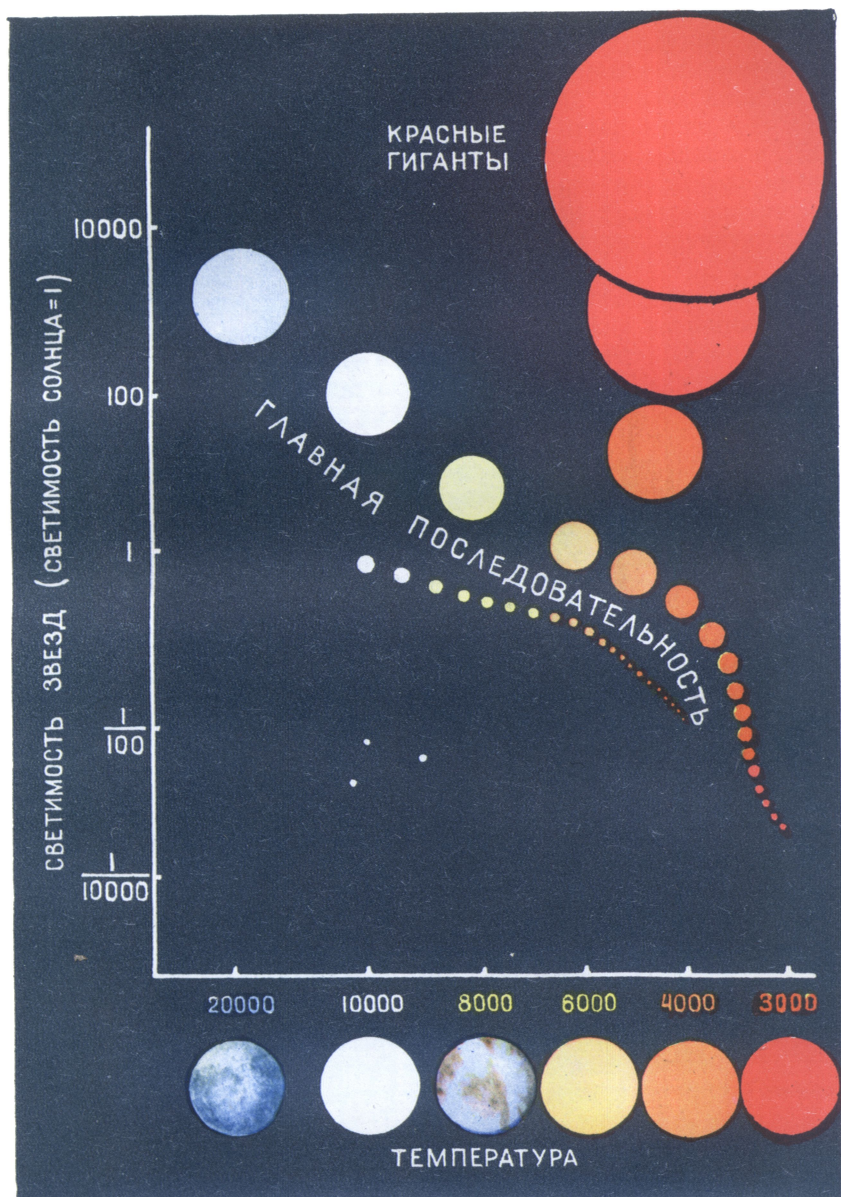
Когда появится метеор, постарайтесь заметить, в каком месте он появился и в каком погас, а также каков был цвет метеора. Продолжительность его полета лучше всего определять, отсчитывая от момента появления метеора секунды. Можно при

этом произносить несколько раз «двадцать два», так как произнесение в обычном темпе этих двух слов занимает промежуток времени, близкий к секунде. Момент появления метеора замечают по часам с точностью до минуты, что не представляет затруднений, а его яркость оценивают в звездных величинах, сравнивая метеор с окружающими звездами. Наконец, на звездную карту наносят точки возгорания и погасания метеора, соединив которые и отметив стрелкой направление полета метеора, получают изображение его пути среди звезд.

Все результаты наблюдений заносятся в журнал наблюдений в форме следующей таблицы:

Дата	Момент появления метеора	Продолжительность полета	Яркость	Цвет
10 августа 1956 года	22 час. 53 мин., Московское время	0,7 сек.	1-й звездной величины	Желтовато- белый

Когда на звездной карте появятся изображения многих метеоров, можно приблизительно определить положение наблюдаемого радианта. Для этого пути метеоров продолжают в сторону,



Основные типы звезд.

(К главе «В мире звезд»)

противоположную направлению их движения, и получают несколько точек пересечения. Все они образуют «площадь радиации», центр которой принимается условно за радиант. Найдя радиант, надо снять по карте его экваториальные координаты, а полученный результат занести в журнал наблюдений. Так определяют радиант для каждой ночи в отдельности, так как положение радианта от ночи к ночи несколько изменяется. Несмотря на простоту, описанные наблюдения не только интересны и полезны для юного астронома, но, будучи аккуратно выполненными, они представляют и некоторую научную ценность.

Еще более ценны фотографические наблюдения метеоров. Так как яркость метеоров очень невелика, для их фотографирования следует применять наиболее чувствительные пластинки и пленки. Направив объектив фотоаппарата на радиант, открывают затвор и производят снимок звездного неба с экспозицией 40—50 минут (фокусировка — на «бесконечность»). Если за время съемки среди звезд пролетит яркий метеор, он изобразится на негативе черной узенькой полоской, пересекающей пути звезд. Попутно с фотографированием надо вести и обычные наблюдения невооруженным глазом, с тем чтобы потом иметь все необходимые сведения о сфотографированном метеоре.

Наблюдение метеоров — это область астрономии, в которой юный исследователь неба может оказать помощь науке. После пробных учебных наблюдений было бы очень хорошо, если бы вы занялись более серьезными наблюдениями метеоров, имеющими научную ценность. О том, как такие наблюдения производить и к каким результатам они приведут, вы сможете прочесть в «Справочнике астронома-любителя» П. Г. Куликовского или в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе».

Среди великого множества космических твердых частиц, непрерывно бомбардирующих Землю, иногда встречаются сравнительно крупные небесные камни — метеориты. Если вес метеорита исчисляется килограммами или десятками килограммов, то атмосфера не в состоянии уничтожить этого пришельца. Лишь частично разрушенные земной воздушной броней, такие «небесные камни» достигают Земли и с большей или меньшей скоростью врезаются в ее поверхность.

Установлено, что метеориты обращаются вокруг Солнца наподобие планет и комет. Только тогда, когда путь этих самостоятельных спутников Солнца пересекается с Землей, они, подобно снаряду, пробивают толщу атмосферы и падают на поверхность Земли.

Размеры и вес метеоритов различны. Из найденных на Земле небесных камней самым крупным является метеорит

«Гоба», обнаруженный в 1920 году в юго-западной Африке и весящий 60 тонн. Недавно, в 1947 году, на Дальнем Востоке в районе Сихотэ-Алиньского хребта упал огромный метеорит, вес которого до влета в атмосферу достигал 1500 тонн. Очень редко, примерно раз в тысячелетие, с Землей сталкиваются исполинские метеориты, весом в сотни тысяч и миллионы тонн. Таким небесным гигантом был знаменитый Тунгусский метеорит, вызвавший в тунгусской тайге при своем падении в 1908 году огромные разрушения. Астрономы исследовали метеориты и убедились, что небесные камни имеют такой же состав, что и земные породы. Значит, вопреки религиозным сказкам о коренном различии «земного» и «небесного», метеориты принесли нам весть о полном сходстве состава небесных тел и Земли.

Есть в метеоритах и некоторые особенности, отличающие их от земных камней. Так, например, метеоритное железо, в отличие от земного, легко куется в холодном состоянии. В каменных метеоритах встречаются особые стекловидные шарики — хондры, которых нет внутри земных камней.

Каждый найденный метеорит представляет собой огромную ценность для науки. Поэтому очень важны наблюдения падения метеоритов. Когда в земной атмосфере пролетает метеорит, то он производит те же явления, что и его маленькое подобие — метеорное тело, но только, разумеется, в несравненно больших масштабах. Метеориты весом в килограмм создают впечатление очень яркой падающей звезды, превышающей по блеску даже наиболее яркие из звезд. Более крупные метеориты при падении порождают явление, называемое **б о л и д о м**. На глазах наблюдателя ослепительно яркий метеорит нередко раскалывается на части, а ухо наблюдателя улавливает шум, напоминающий отдаленные раскаты грома.

Если вам посчастливится стать свидетелем падения метеорита, постарайтесь хорошо запомнить его путь на звездном небе, яркость, цвет и все замеченные вами явления (распад метеорита, шум при его полете и т. д.).

О падении крупных метеоритов надо немедленно сообщить в Комитет по метеоритам при Академии Наук СССР (Москва, ул. Осипенко, д. 52), приложив в письменной форме результаты ваших наблюдений. В случае, когда метеорит упал поблизости от вас, можно предпринять розыски упавшего небесного камня. Надо при этом иметь в виду, что железоникелевые метеориты внешне похожи на осколки снарядов, а каменные метеориты обычно покрыты темной корой плавления и в остальном мало чем отличаются от земных камней.

Найти упавший метеорит очень трудно, и лучше всего воспользоваться для этого помощью специалистов. Если же все-

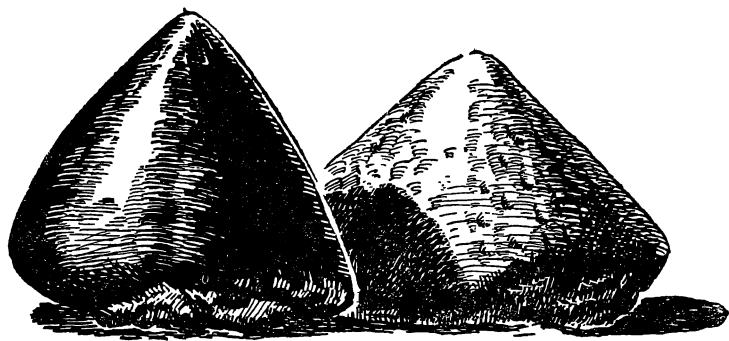


Рис. 72. Внешний вид метеоритов.

таки (что крайне редко бывает) вам самому удастся найти метеорит, оставьте его лежать в том месте и положении, где вы его нашли. По обстановке, окружающей упавший метеорит, вызванные вами специалисты сумеют узнать важные для науки обстоятельства его падения.

Луна, планеты, кометы и метеориты — все это небесные тела, сравнительно близкие к Земле и входящие в состав того маленького островка вселенной, который мы называем солнечной системой. Нам предстоит теперь, покинув пределы солнечных владений, перенестись в окружающий их бесконечный мир звезд.

В мире звезд

То, что звезды на самом деле представляют собой далекие солнца, об этом догадывался еще Коперник. Он же впервые пытался определить расстояния до звезд. Рассуждал он при этом так: если Земля не покоится в центре вселенной, а обращается вокруг Солнца, то нам должно казаться, что ближние звезды при движении Земли смещаются на фоне более далеких. Так, например, проезжая в поезде, вы всегда наблюдали, как близкие к дороге телеграфные столбы бежали на фоне более далекого леса. Поскольку Земля обходит Солнце по замкнутой, почти круговой орбите, земным наблюдателям должно казаться, что звезды описывают на небе крошечные эллипсы — отражение годового пути Земли вокруг Солнца.

Чем дальше звезда, тем меньше ее кажущееся «параллактическое» смещение, тем меньших размеров эллипс описывает она на небе. Измерив угол, под которым виден с Земли наибольший диаметр такого эллипса, и зная поперечник земной орбиты, легко вычислить расстояние до звезды.

Угломерные инструменты, которыми пользовался Коперник, были очень грубы и поэтому, несмотря на неоднократные попытки, великому астроному так и не удалось узнать, как далеки звезды. Только спустя три века, в 1835—1837 годах, выдающийся русский астроном Василий Струве сумел обнаружить и измерить параллактическое смещение Веги. Об этом исключительном событии писали, что «впервые лот, закинутый в глубины мироздания, достал дно». Дно это оказалось, однако, очень глубоким. Луч света пролетает за секунду 300 тысяч километров, и все же ему нужно 27 лет, чтобы преодолеть путь от Веги до глаза земного наблюдателя.

Почти одновременно со Струве другие астрономы измерили расстояние до Альфы Центавра, оказавшейся ближайшей к нам звездой. Однако и от ближайшей из звезд лучу света требуется четыре с третью года, чтобы дойти до Земли.

Бессмысленно выражать расстояния даже до ближайших из звезд в километрах — получаются слишком большие числа с 13 и большим числом нулей (десятки и сотни биллионов километров). Астрономы пользуются другой, несравненно более крупной мерой расстояний — световым годом. Так называют расстояние, которое луч света проходит за один год. Оно огромно — около $9\frac{1}{2}$ биллионов километров. Говорят, что до Альфы Центавра расстояние равно $4\frac{1}{3}$ светового года, а до Веги — 27 световых лет.

В настоящее время астрономам известны расстояния до многих тысяч звезд. Они сумели измерить и их размеры, массу, плотность. Чувствительнейшие приборы — термометры и радиометры, улавливая ничтожное количество тепла, которое звезды посылают на Землю, позволяют узнать температуру звезд. Разлагая с помощью спектрографов свет далеких звезд, астрономы узнали их химический состав, строение, движение в пространстве и многие другие свойства. Вооруженные всеми этими сведениями, мы теперь смотрим на звездное небо иными глазами, чем наши предки. Мы понимаем, что над нашими головами не маленькие мерцающие огоньки, а далекие солнца, многие из которых, вероятно, окружены планетами, как и наше Солнце.

Давайте же совершим прогулку по этому необъятному звездному миру.

Среди наиболее ярких звезд есть как сравнительно близкие к Земле, так и очень удаленные. Ярчайшая из звезд — Сириус — одновременно является и одной из ближайших: расстояние до нее равно 9 световым годам. Немногим дальше отстоит Прокцион (α Малого Пса) — луч света летит от этой звезды до нас 11 лет.

На летнем небе ближайшими из ярких звезд являются Альтаир (17 св. лет) и Арктур (36 св. лет). Несколько дальше

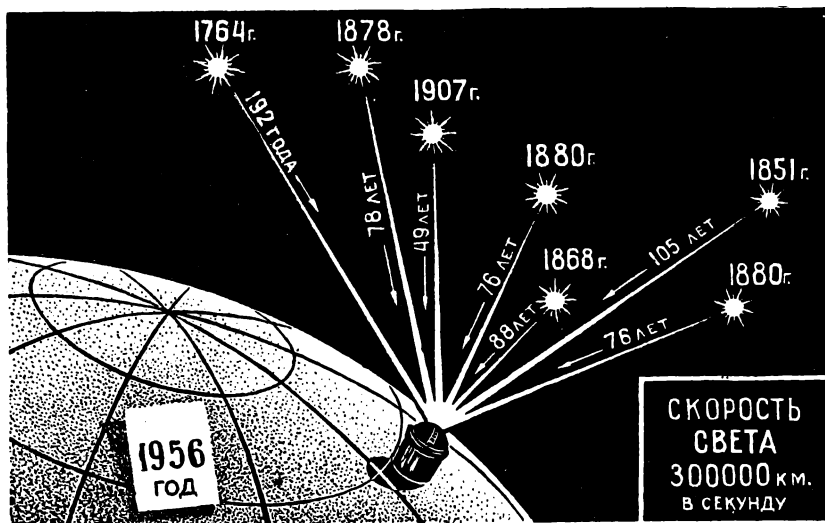


Рис. 73. Время, за которое луч света доходит от звезд ковша Большой Медведицы до Земли.

Капелла (45 св. лет) и очень далек Денеб. От этой третьей вершины «летнего треугольника» луч света должен лететь 540 лет! Из ярких звезд только Бетельгейзе и Беллатрикс дальше Денеба — расстояние до обеих звезд одинаково и равно 650 световым годам.

Укажем для сведения удаленность других ярчайших звезд, наблюдаемых в СССР.

Фомальгаут (α Южной Рыбы)	23	световых	года
Поллукс (β Близнецов)	35	"	лет
Альдебаран (α Тельца)	68	"	"
Регул (α Льва)	84	"	года
Спика (α Девы)	160	"	лет
Антарес (α Скорпиона)	170	"	"

Вы видите, что звезды, почти одинаковые по яркости, как, например, Альтаир и Денеб, могут находиться от нас на весьма различных расстояниях. С другой стороны, созвездия — это только кажущиеся группировки звезд. На самом деле звезды одного и того же созвездия находятся от нас на самых разных расстояниях.

Вот, например, ковш Большой Медведицы (рис. 73). Люди, незнакомые с астрономией, убеждены, что все звезды, составляющие ковш, равно удалены от Земли. На самом деле расстояния до этих звезд весьма различны.

Яркие звезды, в общем, сравнительно близки к Земле. Что же касается слабосветящихся звезд, то до большинства из них расстояния измеряются тысячами и десятками тысяч световых лет! Кстати сказать, откуда вытекает, что все звезды мы видим в прошлом, то-есть не такими, какие они есть в момент наблюдения, а какими они были в тот момент, когда попавший в наш глаз луч звезды покинул их поверхность. Так, например, Альфу Центавра мы всегда видим с опозданием на 4 года, Вега такой, какой она была 27 лет назад, а любясь Денебом, мы уносимся в прошлое на 540 лет. Да, над нашими головами каждую звездную ночь раскрывается «живое» прошлое, то, что было, но не то, что есть! Впрочем, сразу оговоримся: сроки в сотни, тысячи и даже миллионы лет для звезд так же малы, как для человека секунды, часы или сутки. За такие сроки звезды почти не меняются, а потому их наблюдаемое «прошлое» и их действительное «настоящее» почти неотличимы.

Мы убедились, что по видимому блеску звезды еще ничего нельзя сказать о ее расстоянии. Так, например, Бетельгейзе (0,9 звездной величины) ярче Денеба (1,3 звездной величины), но тем не менее первая из этих звезд на сто с лишним световых лет дальше второй. Подобно этому, и размеры звезды не связаны непосредственно с ее видимым блеском.

Из ярких звезд самая крупная — это Альфа Геркулеса. По поперечнику она в 800 раз, а по объему в 512 миллионов раз превышает Солнце! Наше Солнце в сравнении с этой звездой все равно, что пылинка в сравнении с крупным арбузом. Недаром Альфа Геркулеса считается одной из величайших звезд вселенной. По сравнению с ней гигант Бетельгейзе выглядит скромно — его поперечник «всего только» в 400 раз превышает диаметр Солнца.

Далее следуют:

Названия звезд	Диаметр их в поперечни- ках Солнца
Антарес	300
Канопус	40
Альдебаран	38
Арктур	27
Денеб	19
Капелла	16

Все эти звезды относятся к числу гигантов, а наиболее крупным из них присвоено даже название сверхгигантов (рис. 74). Есть, однако, в мире звезд и такие, которые по своим размерам мало отличаются от Солнца. Таковы Сириус, Альфа Центавра, Вега, Процион, Альтаир и другие.

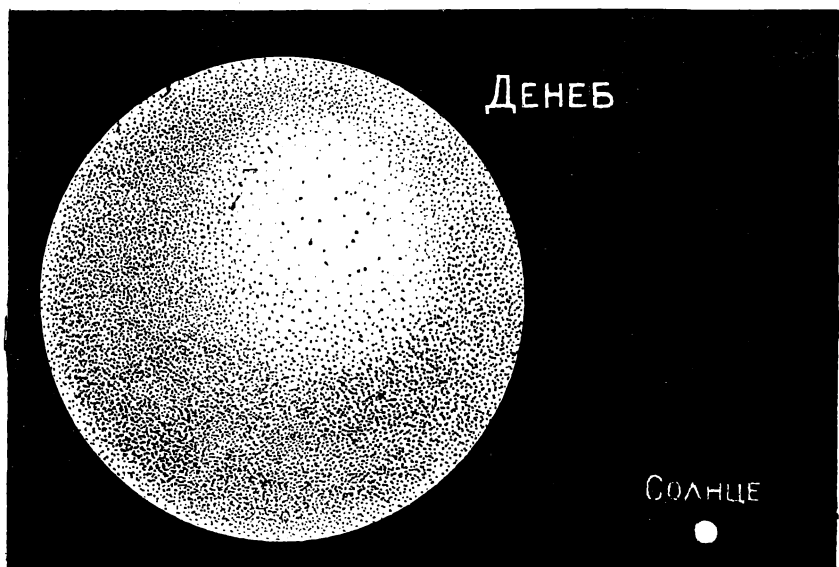
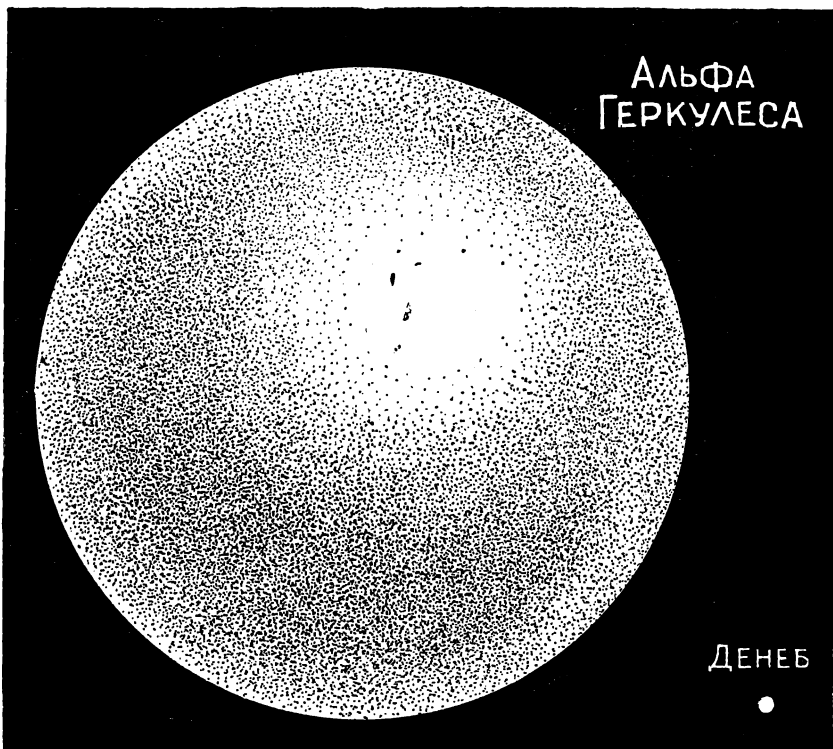


Рис. 74. Звезды-гиганты и Солнце.

Встречаются в мире звезд и карлики, по сравнению с которыми наше Солнце выглядит гигантом. К сожалению, все они светятся очень слабо и потому невооруженному глазу недоступны.

Несмотря на огромные различия в размерах звезд, их массы, то-есть количества вещества, в них заключенные, у всех звезд почти одинаковы. Редко встречаются звезды, отличающиеся от Солнца по массе в десятки раз. Но все же такие есть, и даже среди ярчайших. Вот, например, Антарес — 50 Солнц потребовалось бы для того, чтобы уравновесить этого небесного тяжеловеса! Лишь немногим легче Ригель (40 солнечных масс) и Денеб (35 солнечных масс). С другой стороны, массы Альфы Центавра, Прокциона, Альтаира и Веги мало отличаются от солнечной.

Чем меньше масса звезды, тем меньше испускает она света. Вот почему очень легкие звезды, массы которых в десятки раз меньше массы Солнца, можно увидеть только в бинокль или телескоп.

Из того, что размеры звезд весьма различны, а массы почти одинаковы, следует, что по плотности звезды сильно отличаются друг от друга. И действительно, средняя плотность звезд-гигантов в десятки тысяч раз меньше плотности комнатного воздуха. Зато среди карликовых звезд встречаются такие, у которых вещество в объеме наперстка весит больше, чем 100-тонный паровоз! Недаром звезды называют «небесными лабораториями» — состояние вещества в звездах сильно отличается от состояния веществ, которые мы видим вокруг себя. Поэтому изучение звезд представляет огромный интерес и для астрономии и для физики.

Наш глаз не может правильно оценить расстояния до звезд, не воспринимает их действительных размеров, но зато ему вполне доступна одна важная характеристика звезды — ее цвет, окраска. При знакомстве с созвездиями вы уже обращали внимание на цвета отдельных ярких звезд. Оказывается, по цвету звезды можно судить о температуре ее поверхности.

Наиболее холодны красные звезды — температура их поверхности не превышает 2—3 тысяч градусов. Далее идут: оранжевые звезды (4500°), желтые звезды, к числу которых принадлежит и наше Солнце (6000°), белые (7500°), голубовато-белые (10 000°) и голубые (15 000—20 000°). Существует, наконец, редкий класс очень горячих звезд, которые также можно отнести к числу «голубых». Температура их поверхности измеряется 25 000—30 000°.

Из приведенной здесь таблицы вы узнаете температуры и цвета различных звезд. Найдите их типичных представителей

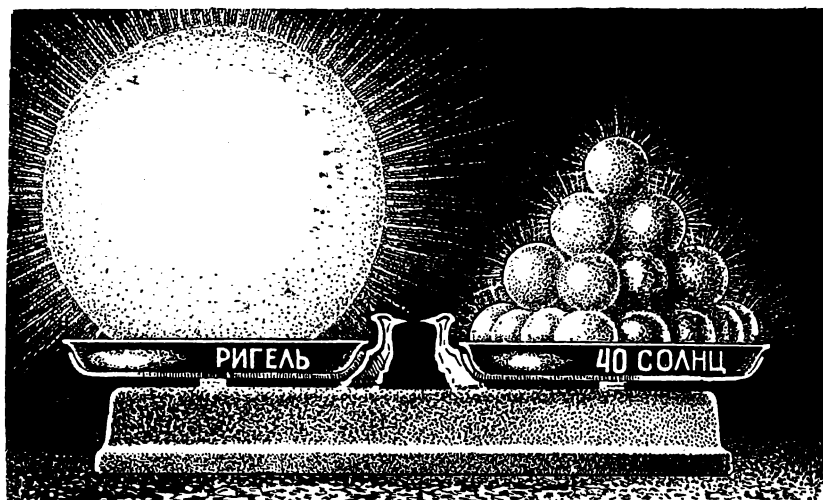


Рис. 75. Звезда Ригель смогла бы уравновесить 40 солнц

на небе и убедитесь, правильно ли указана в таблице окраска этих звезд.

Цвет	Температура (в тысячах градусов)	Типичные звезды
Голубые	25—35	λ Ориона, ξ Персея
Голубые	15—20	Спика, Ригель, Регул
Голубовато-белые	10	Сириус, Вега, Альтаир, Денеб
Белые	7,5	Процион, α Персея
Желтые	6	Капелла
Оранжевые	4,5	Арктур, Поллукс, Альдебаран
Красные	2—3	Бетельгейзе, Антарес

В заключение нашего общего знакомства со звездами рассмотрим светимости отдельных звезд, то-есть испускаемые ими в действительности количества света. Светимость звезды можно вычислить, зная расстояние до звезды и ее видимую звездную величину. Оказывается, что и по светимости, как и по всем другим признакам, наше Солнце является обычной, рядовой звездой.

Вот примеры. Из знакомых нам звезд самая «по-настоящему» яркая звезда — это Ригель: она испускает света в 23 000 раз больше Солнца. Помести эту звезду на место Солнца — и жизнь на Земле прекратилась бы; более того, под

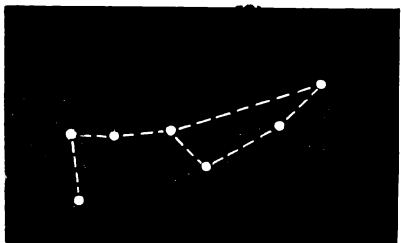
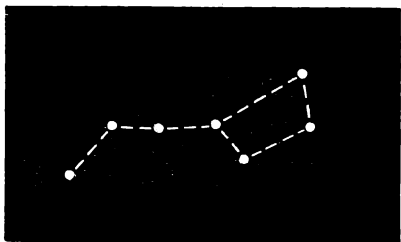
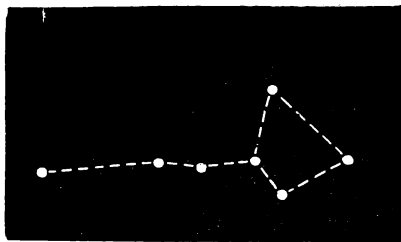


Рис. 76. Вид ковша Большой Медведицы 50 000 лет назад (вверху), в настоящее время (в середине) и через 50 000 лет (внизу).

испепеляющим действием лучей Ригеля вся Земля обратилась бы в раскаленный газ! Немногим слабее Ригеля светят Бетельгейзе и Денеб (в 13 000 и 6000 раз ярче Солнца). Зато, если бы поменять местами Солнце и Альфу Центавра, никто из обитателей Земли не заметил бы этой подмены — ближайшая из звезд и наше Солнце настоящие звезды-близнецы.

Среди карликовых звезд есть такие, у которых светимость в 600 000 раз меньше светимости Солнца. Подмена Солнца какой-нибудь из карликовых звезд привела бы к печальному результату: из-за нестерпимого холода жизнь на Земле прекратилась бы, а реки, моря, океаны и даже атмосфера Земли превратились бы в лед.

Приходится признать, что наше заурядное Солнце для нас, пожалуй, наилучшая из звезд и заменять его каким-нибудь звездным «рекордсменом» явно не имеет смысла.

Когда-то обычные звезды, в отличие от блуждающих планет, называли «неподвижными».

Выражение это принадлежит

к числу весьма неудачных. В природе нет ничего неизменного, неподвижного. Все движется, все изменяется. Двигутся и звезды, в том числе наше Солнце. Независимо от нашей воли и желаний вся солнечная система, возглавляемая Солнцем, со скоростью 20 километров в секунду несется по направлению к созвездию Геркулеса. Двигутся в пространстве и другие звезды — одни быстрее Солнца, другие медленнее.

Рано или поздно, но благодаря непрерывному движению звезд фигуры созвездий изменятся. Навсегда покривится и потеряет правильную форму ковш Большой Медведицы, сложит свои крылья Лебедь, выпадут бриллианты из пояса Ориона (рис. 76 и 77). На смену современным созвездиям появятся

другие, такие же временные, группировки звезд. Правда, из-за удаленности звезд все эти изменения происходят крайне медленно. Только через десятки тысяч лет возникнет надобность в новых созвездиях.

Хотя звездное небо — это, пожалуй, самое неизменное из всего того, что мы видим в природе, все же и на нем иногда происходят легко обнаруживаемые изменения. Еще древние китайцы заметили, что иногда в отдельных участках неба появляются ранее никем не виданные «новые» звезды. Разгораясь в течение нескольких десятков часов и достигая иногда значительной яркости, эти «звезды-гости» затем постепенно, в течение нескольких месяцев, ослабевают в блеске, а потом и вовсе исчезают из глаз наблюдателей.

Вспышки «новых» звезд много раз отмечались и европейскими астрономами, начиная с Гиппарха (II век до нашей эры). С другой стороны, в эпоху средневековья арабские астрономы обнаружили, что некоторые звезды периодически меняют свою яркость, а позже в Европе в XVII—XIX веках были открыты десятки таких переменных звезд. В настоящее время звезд, меняющих по разным причинам свой блеск, известно свыше 13 тысяч.

Не следует путать изменения блеска переменной звезды с мерцанием звезд. Последнее, как мы уже говорили, вызвано воздушными токами земной атмосферы. Вне атмосферы все звезды не мерцали бы, но тем не менее некоторые из них меняли бы свой видимый блеск, свою яркость. Что же является причиной этих изменений, чем переменные звезды отличаются от обычных звезд?

В созвездии Цефея, почти на полпути между β Кассиопеи и Денебом, виден маленький равнобедренный треугольник из звезд ζ , δ и ϵ (см. карту на стр. 194). Вершина его, обращенная к Кассиопее, отмечена переменной звездой δ . Изменчивость ее блеска была открыта еще в конце XVIII века, и вскоре выяснилось, что блеск δ Цефея меняется периодически в пределах от 3,6 звездной величины до 4,3 звездной величины. Период изменения блеска

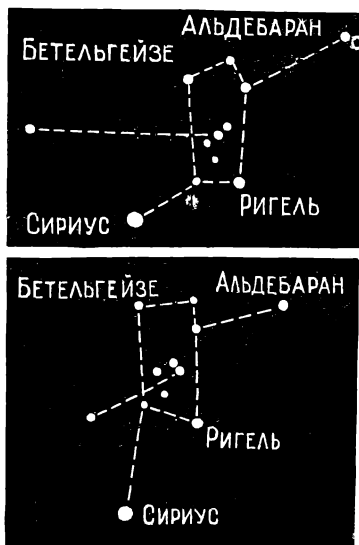


Рис. 77. Вид созвездия Орион в современную эпоху (сверху) и через миллион лет.

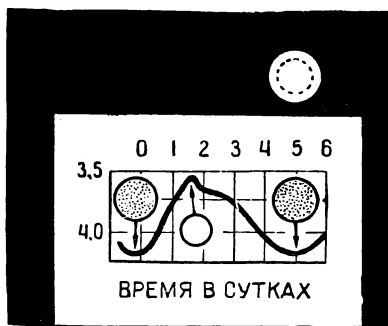


Рис. 78. Изменение блеска Дельты Цефея.

этой звезды охватывает 5,366 суток, то-есть 5 дней 8 час. 48 мин. На рисунке 78 изображен график, по горизонтальной оси которого отложено время, а по вертикальной — блеск звезды. Кривая изменения блеска показывает, что яркость звезды меняется непрерывно и что возрастание в блеске происходит быстрее (кривая идет круче), чем убывание.

Установлено, что причиной колебания яркости δ Цефея является периодическая пульсация этой удивительной звезды.

Она то раздувается, то сжимается и при этом меняется как ее блеск, так и температура. В настоящее время известно около 3000 таких же пульсирующих звезд, как и δ Цефея. Периоды изменения блеска у разных «цефеид» различны — от 0,06 суток до 60 дней.

Некоторые из переменных звезд меняют свой блеск так же непрерывно и периодически, как и цефеиды, но только и размах колебаний и периоды изменений блеска у них значительно больше. Называются такие звезды долгопериодическими переменными. Большинство из них имеет периоды изменения блеска от 90 до 700 дней, причем размах колебаний может достигать иногда 10 звездных величин.

Как и цефеиды, долгопериодические переменные принадлежат к числу звезд-гигантов. Причина их изменчивости еще не вполне выяснена. Повидимому, кроме пульсации звезды, здесь имеет место также периодическое помутнение ее атмосферы. Типичным представителем долгопериодических переменных является звезда Омикрон (o) созвездия Кита, прозванная Удивительной. В момент максимального блеска Удивительная становилась иногда звездой 1,5 величины, а в минимуме блеска опускалась до звезд 10-й величины. Весь период изменения блеска Удивительной Кита занимает немногим меньше года, точнее $331\frac{1}{2}$ суток.

Среди переменных звезд есть такие, у которых изменения блеска не подчинены каким-нибудь определенным закономерностям. Такие переменные звезды носят название неправильных переменных. В тех случаях, когда все же удастся подметить некоторую периодичность в изменениях блеска переменной звезды, ее относят к типу полуправильных переменных.

Как правильные, так и полуправильные переменные звезды — это звезды-гиганты. Блеск их меняется потому, что они пульсируют, но только, в отличие от цефеид и долгопериодических переменных, их пульсация не имеет ясно выраженного ритма.

К этому типу переменных звезд относятся две яркие звезды северного неба — Бетельгейзе (α Ориона) и Альфа Геркулеса. У первой из них блеск меняется в пределах от 0,4 до 1,1 величины, у второй — от 3,1 до 3,9 величины.

Особняком стоит класс вспыхивающих, «новых» и им подобных звезд, которые также относят к числу переменных. Давно уже установлено, что название «новая звезда» крайне неудачно. На самом деле появление на небе незнакомой звезды говорит не о зарождении нового мира, а о том, что с уже существовавшей, но до этого слабой по блеску звездой произошли грандиозные изменения. По современным данным, вспышки некоторых звезд, которые мы называем «новыми», вызваны тем, что накопившаяся в недрах звезды внутриатомная энергия внезапно освобождается и звезда расширяется, сбрасывая с себя внешние газовые оболочки.

Яркие «новые» звезды — сравнительно редкие звезды на небе. В текущем столетии лишь пять из них достигли блеска звезд 1-й величины.

Все переменные звезды, которые мы до сих пор рассмотрели, меняют свой блеск по различным физическим причинам (пульсация, выделение внутриатомной энергии и т. п.). Именно поэтому их относят к классу физических переменных звезд. Есть, однако, среди переменных звезд и такие, у которых изменения видимого блеска вызваны оптическими причинами.

Вот, например, типичная представительница оптических переменных — яркая звезда β Персея. Еще средневековые арабы, заметив периодические изменения блеска β Персея и не зная причины этих изменений, назвали безобидную переменную звезду «звездой дьявола» (Алголь). На самом деле переменность этой звезды вовсе не связана с кознями несуществующего дьявола.

Оказывается, вокруг Алголя кружится, наподобие планеты, менее яркая спутник-звезда (рис. 79). Когда она заслоняет собой Алголь, нам с Земли кажется, что блеск Алголя ослабел. Как только кончится это «звездное затмение» и спутник сойдет с диска Алголя, блеск последнего станет прежним.

Спутник Алголя не абсолютно темен — это тоже звезда, хотя и менее яркая, чем Алголь. Вот почему, когда спутник сам заходит за Алголь, яркость Алголя несколько умень-

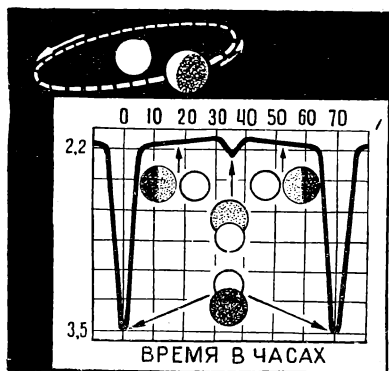


Рис. 79. Переменная звезда Алголь.

звезды другою. Количество же света, излучаемое обеими звездами, на самом деле не меняется.

На рисунке 79 показана кривая изменения блеска Алголя. В течение 2 дней и 11 часов Алголь светит с постоянным блеском звезды 2,2 величины. Затем в течение $4\frac{1}{2}$ часов его блеск уменьшается до 3,5 величины, а потом через тот же промежуток времени снова возрастает до прежнего значения. Вторичный минимум очень мал, и заметить его при наблюдениях невооруженным глазом крайне трудно. Весь период изменения блеска Алголя занимает 2,867 суток.

Есть среди затменно-переменных такие звезды, у которых блеск меняется непрерывно. К ним относится одна из наиболее удобных для наблюдений переменных звезд β Лиры (рис. 80). Яркость ее меняется с периодом почти в 13 суток, в пределах от 3,4 до 4,3 звездной величины, причем вторичный минимум в данном случае легко заметен и достигает 3,8 звездной величины. Почему же, в отличие от Алголя, блеск β Лиры изменяется непрерывно?

Оказывается, β Лиры, как и Алголь, — двойная звезда, то-есть на самом деле состоит из двух звезд, сливающихся для нашего глаза в одну. Так как β Лиры и ее спутник гораздо ближе друг к другу, чем обе звезды в системе Алголя, то взаимное притяжение этих звезд изменило их форму — обе звезды вытянулись друг к другу и напоминают собой две дыни, насаженные на одну ось (рис. 80). При движении одной звезды вокруг другой общая площадь их поверхностей, обращенная к земному наблюдателю, непрерывно изменяется. Вот почему и блеск таких звезд никогда не остается постоянным.

Наблюдение переменных звезд — интересная и очень полез-

шается. Причина этого «вторичного минимума» в том, что с Земли и Алголь и очень близкий к нему его спутник сливаются для нашего глаза в одну звезду и мы воспринимаем общий блеск обеих звезд. Отсюда ясно, что, затмевает ли спутник Алголя или наоборот, — общий видимый блеск этой системы двух звезд уменьшается.

Переменные звезды типа Алголя называются затменно-переменными. Причина изменения их блеска чисто оптическая — затмение одной

ная область деятельности юного астронома. Если он научится сначала наблюдать переменные звезды невооруженным глазом, а потом перейдет к их систематическим наблюдениям в бинокль, он может оказать существенную помощь науке. Ведь переменных звезд очень много, и астрономы-специалисты просто не успевают следить за разнообразными изменениями их блеска. Вот тут-то и нужна помощь всех тех, кто любит науку о небе, — любителей астрономии. К их числу, конечно, относятся и юные астрономы. Систематическими наблюдениями переменных звезд они помогут специалистам-астрономам подробнее разобраться в физической природе этих звезд, в причине их переменности и других особенностях.

Но как наблюдать переменные звезды? Прежде всего надо, разумеется, отыскать на небе интересующую вас переменную звезду. Если это яркая звезда, вы ее находите, пользуясь общей картой звездного неба. Для более же слабых переменных в Приложении (стр. 193) приведены специальные карты, которые рекомендуется скопировать на кальку и наклеить в записную книжку — ваш «Карманный атлас переменных звезд». Под карточкой данной звезды желательно указать ее характеристики: тип, пределы изменения блеска, период, момент ближайших максимумов (для долгопериодических и затменных переменных).

Найдя переменную, отыскиваем поблизости две постоянных по блеску звезды, одна из которых должна быть ярче, а другая слабее переменной. Поскольку с этими постоянными звездами мы будем сравнивать блеск переменной звезды, они носят название звезд сравнения.

Самая оценка блеска производится так: пусть переменная звезда обозначается буквой v , а звезды сравнения — буквами a (та, которая ярче переменной) и b . Промежуток яркости между звездами сравнения a и b наблюдатель мысленно делит на десять равных частей и смотрит, в какой участок этого промежутка попадает по своему блеску переменная звезда.

Допустим, что переменная во столько же раз слабее звезды a , во сколько ярче звезды b . В этом случае результат наблюдения записывается так: $a5\ v\ 5\ b$. Если переменная по

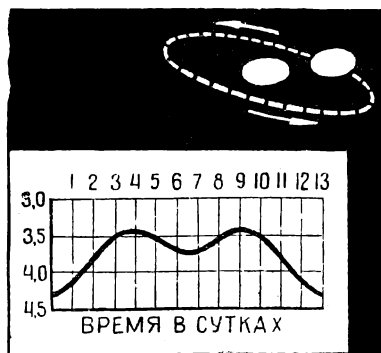


Рис. 80. Переменная звезда Бета Лиры.

своему блеску ближе к a , чем к b , то возможны такие, например, оценки: $a3v7b$ или $a2v8b$. Если переменная равна по блеску одной из звезд сравнения, то наблюдатель отмечает это такой записью: $a = v$ или $b = v$. Несмотря на всю простоту этого метода, он дает (при достаточной практике) очень хорошие результаты.

Зная звездные величины звезд сравнения, нетрудно найти блеск переменной. Допустим, $a = 3,0$ величины, $b = 5,4$ величины, а оценка блеска переменной $a2v8b$. Тогда разность в блеске звезд сравнения $a - b = 2,4$ величины соответствует 10 делениям промежутка блеска между ними, откуда одно деление этого интервала соответствует $\frac{2,4}{10} = 0,24$ величины.

Но переменная звезда слабее звезды не на одну, а на две десятых интервала блеска между звездами сравнения, то-есть на $2 \times 0,24 = 0,48$ величины. Отсюда следует, что блеск переменной равен $3,0 + 0,48 = 3,48$ звездной величины.

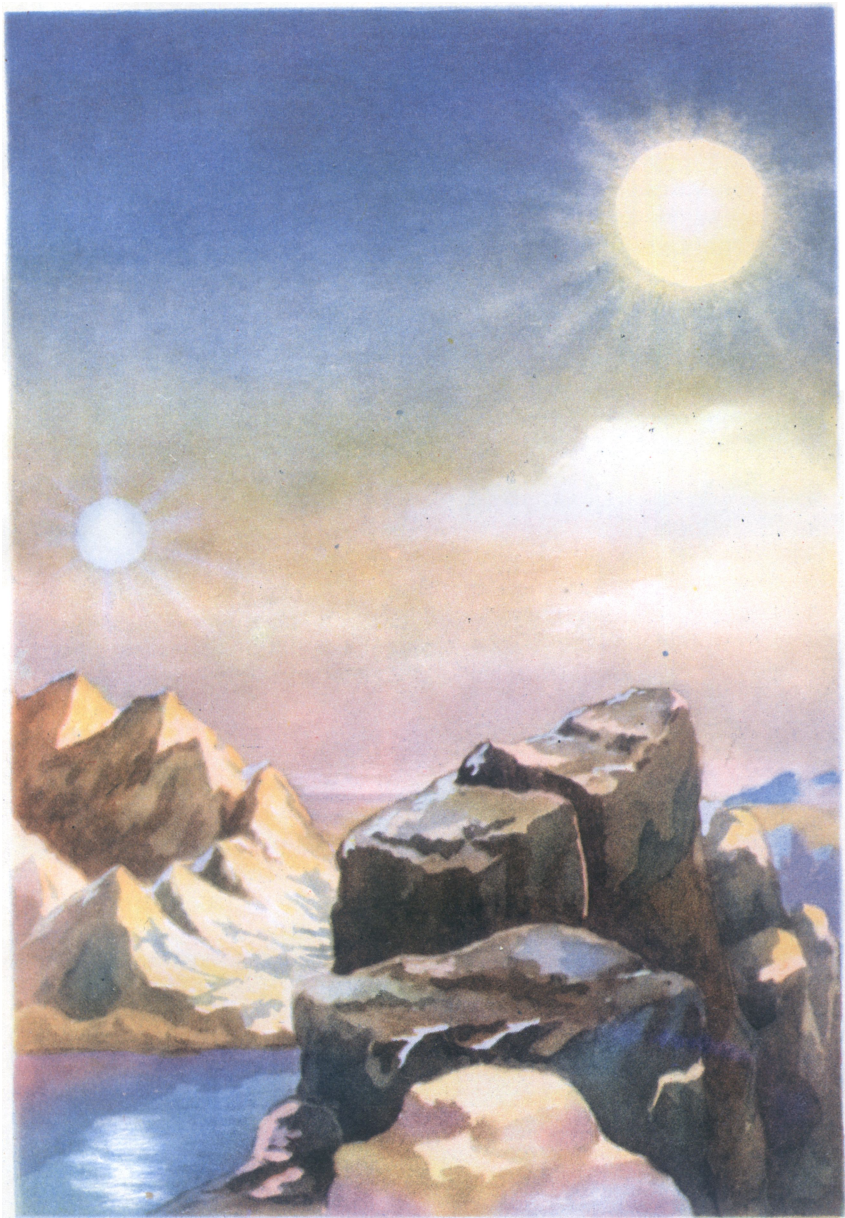
В Приложении (стр. 192) указаны как наиболее доступные для наблюдений переменные звезды, так и самые удобные для них звезды сравнения. Непременно займитесь систематическими наблюдениями переменных звезд. Кроме «Карманного атласа переменных звезд» заведите также специальный журнал наблюдений. Запись в нем рекомендуем вести по следующей форме:

Дата	Момент (часы)	Звезда	Оценка	Примечание
25 марта 1955 года	22 час. 31 мин., Московское время	δ Цефея	ζ 7 δ 3 ε	Небо совершенно чисто

В течение вечера желательно сделать две-три оценки блеска каждой переменной, а если это быстро изменяющаяся в яркости звезда с периодом в несколько часов, то оценка блеска должна производиться каждые 15—20 минут¹.

Когда будет собрано несколько десятков оценок блеска какой-нибудь переменной звезды, надо полученные наблюдения обработать. Обработка будет заключаться, во-первых, в вычислении яркости звезды в звездных величинах и, во-вторых, в построении кривой изменения ее блеска. Первая операция нам уже знакома: зная звездные величины звезд

¹ Так же часто должен оцениваться блеск затменно-переменных типа Алголя в те часы, когда их блеск резко падает.



Вид неба с планеты, принадлежащей к системе двойной звезды.

сравнения и оценки блеска переменной, мы для каждого момента легко рассчитаем ее звездную величину.

Для построения графика берем лист клетчатой бумаги (лучше миллиметровки), наносим на нее две взаимноперпендикулярных прямых (оси графика) и по одной из них откладываем звездные величины, а по другой — время (в днях или часах, в зависимости от периода звезды). После этого для каждого момента наблюдений находим на горизонтальной оси графика соответствующую ему точку, а потом откладываем прямо вверх отрезок, длина которого численно равна звездной величине переменной в данный момент.

Полученные точки покажут, как менялась яркость переменной звезды. Конечно, из-за ошибок ваших неточных наблюдений точки графика не лягут на плавную кривую, даже если переменная колебалась в яркости строго периодически. Однако через слегка разбросанные точки графика все же можно провести некоторую среднюю кривую, которая покажет в общих чертах, как менялся блеск звезды.

Чем больше наблюдений и опычнее наблюдатель, тем точнее и потому ценнее для науки результаты его исследований. Если вы проделаете все, что описано выше, то это будут лишь первые шаги в области изучения переменных звезд — одной из наиболее важных и интересных областей современной звездной астрономии. Читатели, желающие более углубленно познакомиться с переменными звездами и методами их изучения, могут это сделать, прочитав книгу Б. В. Кукаркина и П. П. Паренаго «Переменные звезды и способы их наблюдений», Гостехиздат, М., 1948.

Те из переменных звезд, которые мы отнесли к типу оптических переменных, представляют собой двойные звезды. Так астрономы называют систему из двух близко расположенных звезд, которые под действием взаимного притяжения обращаются вокруг общего центра тяжести. Если массы звезд одинаковы, обе звезды движутся по одной орбите, в иных случаях центр тяжести ближе к той звезде, у которой масса больше.

Удивительны эти звездные пары! Представьте себе, что вокруг нашего Солнца вместо какой-нибудь из планет обращалась бы другая звезда, другое солнце, то-есть, иначе говоря, наше Солнце было бы двойной звездой. Каким необычным стало бы наше небо, украшенное сразу двумя солнцами! Нередко цвет звезд в двойной системе весьма различен (например, золотисто-желтый и голубой). В этих случаях картины, наблюдаемые с поверхности планеты, которая обращается в системе такой двойной звезды, отличались бы удивительной, сказочной красочностью.

В настоящее время известно свыше 30 тысяч двойных звезд. У многих из них расстояние между звездами, составляющими двойную систему, так велико, что обе звезды можно разглядеть в небольшой телескоп, бинокль или даже просто невооруженным глазом.

Самой известной из двойных звезд является звезда ζ (дзета) в созвездии Большой Медведицы (см. стр. 213). Обе звезды, составляющие эту пару, хорошо видны невооруженным глазом. Более яркая из них, 2-й величины, носит название Мицар, а ее спутник, 5-й величины, — Алькор. Такие названия дали этим звездам арабы, которые, как рассказывает предание, проверяли по ним зоркость юных воинов. В переводе с арабского Мицар означает «конь», а Алькор — «всадник».

Угловое расстояние на небе между Мицаром и Алькором составляет почти $12'$, что немногим больше трети видимого поперечника Луны. Зная удаленность Мицара от Земли, можно легко рассчитать действительное расстояние между ним и его спутником в километрах.

Результат получается несколько неожиданным — оказывается, Мицар отстоит от Алькора почти в 17 тысяч раз дальше, чем Земля от Солнца, то-есть, иначе говоря, расстояние между ними близко к 2,5 биллиона километров, что только в 20 раз меньше промежутка между Землей и ближайшей к ней звездой Альфой Центавра!

При такой удаленности Алькора от Мицара его период обращения вокруг Мицара должен быть близок к двум миллионам лет. Неудивительно, что за несколько сотен лет, прошедших с момента открытия этой звезды арабами, Алькор не обнаружил заметного смещения.

Двойных звезд, доступных для наблюдений невооруженным глазом, сравнительно немного. В некоторых случаях две звезды, случайно расположенные на небе поблизости друг от друга, будут казаться нам двойной звездой. На самом же деле расстояние между этими звездами огромно, они вовсе не связаны друг с другом взаимным тяготением, а просто видны с Земли почти по одному направлению. Такие «двойные» звезды носят название оптических двойных, потому что их двойственность есть результат оптического обмана.

Гораздо интереснее настоящие «физические» двойные звезды, у которых существует движение вокруг общего центра тяжести. Не всегда, впрочем, такое движение удастся обнаружить. Если расстояние между звездами, составляющими пару, очень велико и периоды обращения измеряются сотнями тысяч и миллионами лет, физическая связь между этими звездами устанавливается по их движению в пространстве. Когда обе звезды летят в одном направлении и с почти одинаковой

скоростью, есть много шансов за то, что они образуют настоящую физическую двойную звезду.

Вот примеры таких, повидимому, физических пар, доступных для наблюдений невооруженным глазом. В созвездии Тельца, справа от Альдебарана и почти рядом с ним, видна красивая двойная звезда Тэта (θ) Тельца. Одна из звезд этой пары 4,2 величины, другая 4,5 величины, причем угловое расстояние между ними почти вдвое меньше, чем от Мицара до Алькора ($5'37''$).

На летнем небе в созвездии Стрельца легко отыскать двойную звезду β (см. карту). Главная звезда 3,8 величины, а ее спутник, отстоящий от нее на $22'$, является звездой 4,5 величины. В северной части того же созвездия, недалеко от звезд π и σ , видна любопытная двойная звезда γ Стрельца. Обе составляющие ее — 4-й величины, а расстояние между ними почти такое же, как между Мицаром и Алькором ($12'$). Звезда γ Стрельца интересна тем, что это первая из двойных звезд, замеченных человеком. О ней писал еще Птолемей, называя γ Стрельца «туманной» и «двойной», а позже ею интересовался Улугбек и другие выдающиеся астрономы.

В соседнем со Стрельцом созвездии Скорпиона можно разделить невооруженным глазом красивую двойную звезду ω . Она состоит из двух звезд 4,5 величины, отстоящих друг от друга на расстояние $14'30''$. В том же созвездии находится еще одна доступная для невооруженного глаза двойная звезда μ (мю) Скорпиона. Одна из звезд этой пары 3,6 величины, другая 3,9 величины, а расстояние между ними близко к $8'$.

Несколько меньшее расстояние ($6'16''$) разделяет звезды в двойной системе α Козерога, но, к сожалению, эта двойная звезда принадлежит к числу оптических двойных. Хотя бы одну из таких обманчивых звезд вы все-таки посмотрите.

Двойные звезды, различаемые невооруженным глазом, могут служить предметом для испытания качества зрения. Подавляющее большинство людей, обладающих нормальным зрением, легко видят в отдельности Мицар и Алькор. Есть, однако, такие сравнительно тесные двойные звезды, различить которые сумеет только очень зоркий глаз. Такова, например, двойная звезда ϵ Лиры. Найти ее очень легко, она находится левее Веги на расстоянии, вдвое большем поперечника Луны. Звезды, составляющие эту пару, 5-й и 6-й величины, а расстояние между ними $3'27''$. Если вам удастся разделить эту двойную звезду, можете считать, что вы обладаете прекрасным зрением.

Наконец, в созвездии Дракона есть звезда γ , состоящая из двух звезд 4,7 величины с расстоянием между ними всего

в 1'02". Только исключительно зоркие люди в состоянии разделить эту пару.

Мы впоследствии еще вернемся к двойным звездам и убедимся, что с применением бинокля или телескопа число доступных для наблюдения звездных пар значительно возрастает. Сейчас же заметим, что наряду с двойными звездами в мировом пространстве встречаются гораздо более многочисленные объединения звезд — так называемые звездные скопления.

В отличие от созвездий, звездные скопления представляют собой физически связанные группировки звезд. Каждое звездное скопление — это рой звезд, летящий в пространстве как одно целое. Из звездных скоплений, доступных невооруженному глазу, несомненно наиболее красивым является группа звезд, называемая П л е я д а м и, или С т о ж а р а м и.

Каждый, кто посмотрит на созвездие Тельца, сразу же обратит внимание на это исключительно красивое звездное скопление. Появляясь еще сентябрьскими вечерами низко над горизонтом в восточной части неба, Плеяды прекрасно видны в течение всего осенне-зимнего сезона и только в апреле они становятся неудобными для наблюдений.

Человек с нормальным зрением легко различает в Плеядах шесть звезд. Главная из них, Альциона, 3-й величины, а остальные — 4-й и 5-й величины. С первого взгляда кажется, что Плеяды занимают очень маленький участок неба и потому полная Луна, без сомнения, все их закроет. На самом деле это не так, чувства наши здесь нас обманывают (рис. 81). Кстати, легко проверить наблюдениями правильность этого рисунка. Плеяды лежат очень близко от эклиптики, и нередко можно наблюдать интересное явление — частичное покрытие Плеяд движущейся среди звезд Луной.

Плеяды были замечены и описаны еще древними китайскими астрономами за четыре тысячи лет до наших дней. Греки составили из них отдельное созвездие, отличное от Тельца. Положение звезд в Плеядах определяли Гиппарх, Птолемей, арабский астроном X века Аль-Суфи, Улугбек и многие другие. Исследование отдельных звезд в Плеядах показало, что все они, в общем, движутся в одном направлении и, следовательно, на самом деле образуют настоящее звездное скопление.

Расстояние до Плеяд луч света преодолевает за 490 лет. Помещенное среди Плеяд, наше Солнце казалось бы слабой звездочкой 10-й величины, доступной для наблюдения лишь в телескопы. Между тем Альциона и другие из Плеяд хорошо видны невооруженным глазом. Отсюда следует, что звезды Плеяд принадлежат к числу звезд-гигантов, а попереч-



Рис. 81. Видимые размеры Плеяд и Луны. Главная звезда Плеяд — Альциона (*n*).

ник этого звездного скопления так велик, что луч света преодолевает его только за двадцать с лишним лет!

Другое звездное скопление, также принадлежащее к созвездию Тельца, это Гиады. Оно гораздо более разбросано, чем Плеяды, и состоит в основном из звезд 3-й, 4-й и 5-й величины, окружающих Альдебаран. Гиады — самое доступное и в то же время самое близкое к нам звездное скопление; расстояние до него равно 120 световым годам. Занимая на небе площадь поперечником около 7° , Гиады и в действительности представляют собой обширный звездный рой, диаметр которого близок к 15 световым годам. Удаленное на расстояние Гиад, наше Солнце оказалось бы звездой, недоступной для невооруженного глаза, а это означает, что звезды Гиад обладают гораздо большими размерами и светимостью, чем наша скромная звезда.

Весеннее небо, бедное яркими звездами, обладает некоторыми весьма любопытными достопримечательностями. Первая из них — это красивое скопление слабеньких звездочек, образующих созвездие Волосы Вероники. Интересно происхождение названия этого созвездия.

По преданию, Вероника, жена египетского царя Птолемея,

обладала необычайно длинными и красивыми волосами. Когда ее муж отправился на войну, удрученная разлукой Вероника поклялась богам принести им в жертву свои роскошные волосы, если только ее супруг вернется с войны невредимым. Птолемей вернулся, и тогда Веронике пришлось сдержать свое обещание — она остриглась и отдала свои волосы в один из египетских храмов. Велико было неудовольствие Птолемея — короткие прически тогда еще не вошли в моду; плакала и Вероника, крайне расстроенная вынужденной жертвой. Молодых супругов утешил астроном Конон: он показал им на красивое скопление звезд в соседстве с Арктуром и убедил их, что боги, пораженные красотой волос Вероники, превратили их в созвездие.

Волосы Вероники могут служить примером рассеянных звездных скоплений, к числу которых относятся Гиады и Плеяды. Если рассеянное звездное скопление от нас далеко, оно кажется на небе сравнительно плотной, компактной группой звезд. Таково, например, звездное скопление Ясли, расположенное в созвездии Рака (рис. 82).

Невооруженному глазу Ясли представляются как маленькое, искрящееся звездами туманное пятнышко. Впрочем, ни один даже самый зоркий глаз не сумеет различить в Яслях отдельных звезд — во-первых, потому, что главные из них недоступны невооруженному глазу и только общее их воздействие воспринимается нашей сетчатой оболочкой; и, во-вторых, потому, что видимое расстояние между отдельными звездами в Яслях очень невелико. Ясли удалены от нас на такое же расстояние, что и Плеяды (490 св. лет). Занимая на небе участок поперечником в $1^{\circ},5$, они и в действительности компактнее, теснее Плеяд: диаметр этого звездного скопления такой же, как у Гиад — почти 15 световых лет. Заметим общие черты тех звездных скоплений, с которыми мы познакомились. Все они занимают огромное пространство, имеют неправильные очертания и состоят из гигантских звезд, значительно превышающих Солнце и по размерам и по светимости.

Звезды очень редки в пространстве — даже в звездных скоплениях звезду от звезды отделяют расстояния во многие биллионы километров. Было бы, однако, ошибочным считать межзвездные просторы абсолютной пустотой. Пустоты в природе нет — всюду встречаются различные виды движущейся материи. Межзвездное пространство пронизывается лучами звезд, в нем с огромными скоростями несутся мельчайшие электрически заряженные частички вещества, образующие «космические» лучи. Наконец, между звездами астрономы часто наблюдают исполинские облака разреженных газов, которые образуют так называемые т у м а н н о с т и.

Примером такого межзвездного вещества может служить знаменитая туманность в созвездии Ориона (рис. 83). Найти ее очень просто: под «поясом» Ориона в темные зимние ночи виднеется группа слабеньких звездочек, окутанная светящимся туманным пятнышком. Это и есть знаменитая туманность. Любопытно, что хотя туманность Ориона вполне доступна для невооруженного глаза, она была неизвестна древним астрономам. Ее случайно обнаружили в 1618 году, и лишь спустя 38 лет Гюйгенс сделал первый рисунок этого газового облака.

Удаленность туманности от Земли очень велика. Луч ее света, попавший в наш глаз, начал свое путешествие от туманности еще в начале нашей эры, точнее — 1800 лет назад!

Невооруженному глазу туманность Ориона кажется слабосветящимся пятном, занимающим площадь немногим более площади лунного диска. Но это только главная, наиболее яркая часть туманности, имеющая поперечник около 30 световых лет. На фотографиях же, сделанных с помощью современных мощных телескопов, туманность Ориона в виде тончайшей светящейся пелены распространяется на все это созвездие, и, следовательно, действительный ее поперечник исполински велик — не менее 300 световых лет!

Туманность Ориона, как и другие сходные с ней туманности, состоит из чрезвычайно разреженных газов (водорода, гелия, кислорода, азота и других), плотность которых в миллионы миллиардов раз меньше плотности комнатного воздуха! Вот уж поистине «видимое ничто», в сравнении с которым газы в кометах так же плотны, как свинец в сравнении с крайне разреженным воздухом на высотах в десятки километров над Землей.

И все же это «ничто» мы видим, оно светится, и довольно ярко. Было бы ошибочным считать это свечение признаком раскаленности туманности. На самом деле газы, ее составляющие, очень холодны, и светятся они холодным светом, переизлучая свет от тех звезд, которые погружены в туманность. Убери

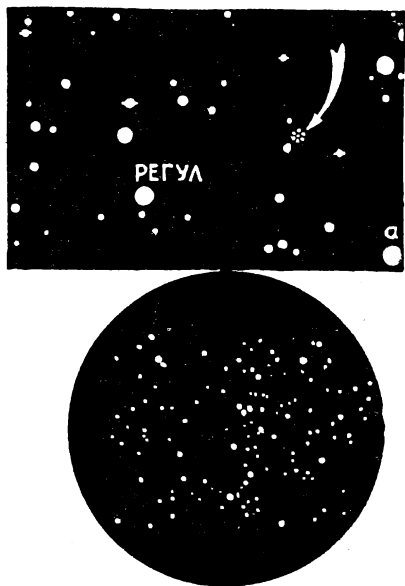


Рис. 82. Звездное скопление в созвездии Рака (Ясли).

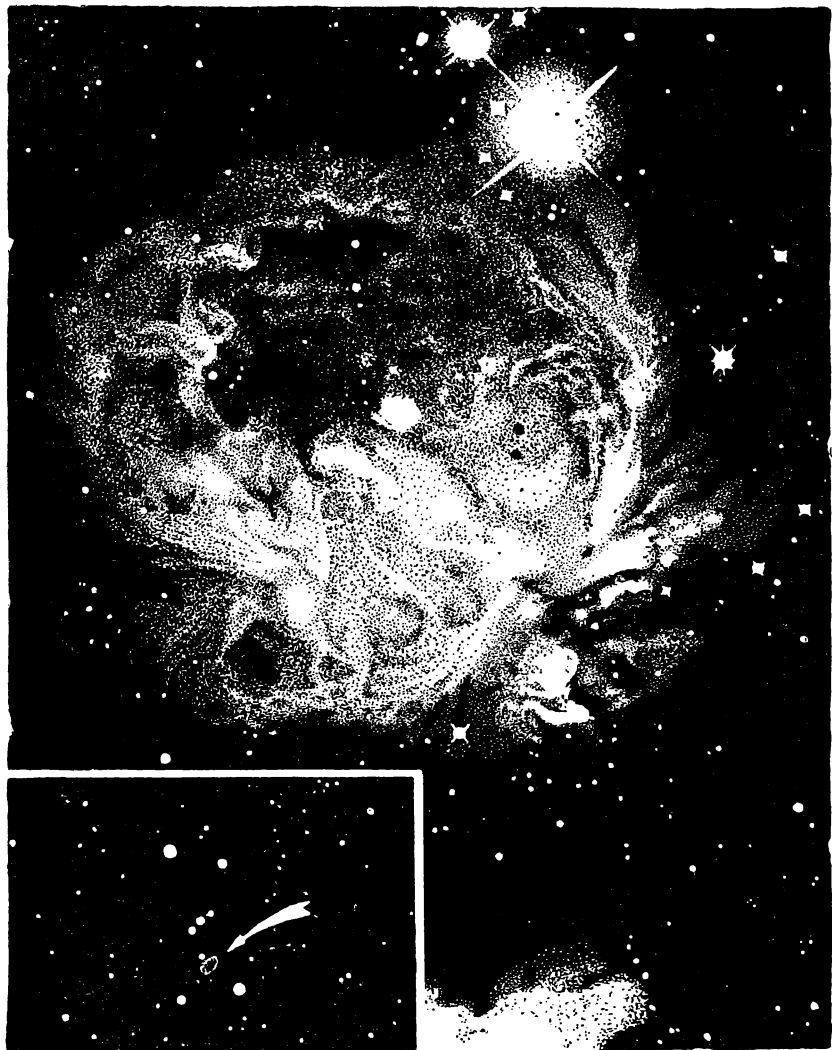


Рис. 83. Туманность Ориона по наблюдениям в крупнейшие телескопы.
Слева внизу показано ее положение в созвездии Ориона.

эти звезды, и туманность станет невидимой. Свечение газовых туманностей вполне сходно с холодным светом общеизвестных рекламных трубок.

Несмотря на крайнюю разреженность туманности Ориона, общее количество заключенного в ней вещества все же очень

велико. По современным подсчетам, из этого исполинского газового облака можно было бы «вылепить» не менее 10 тысяч звезд, похожих на Солнце!

К сожалению, туманность Ориона — единственная газовая туманность, доступная невооруженному глазу. В телескопы же таких туманностей видно несколько сотен.

Перенесемся теперь в отдаленные уголки звездного мира, от которых лучи света доходят до нас за десятки тысяч лет.

Когда ночи бывают достаточно темны, на небе легко заметить беловатую, неправильных очертаний полосу Млечного Пути. У древних греков была распространена легенда, будто Млечный Путь — это то молоко, которое пролила богиня Гера, когда кормила младенца Геркулеса. Впрочем, один из греков, знаменитый философ Демокрит, живший в V—IV веках до нашей эры, был убежден, что Млечный Путь — это грандиозное скопище слабосветящихся и неразличимых в отдельности звезд.

Правильность такого заключения подтвердил Галилей. Вооружив свой глаз только что изобретенным телескопом и направив его на Млечный Путь, он увидел в поле зрения блестящую россыпь маленьких звездочек (рис. 84). Грандиозное скопище миллиардов солнц, из которых, что весьма вероятно, многие окружены планетами с обитающими на них разумными существами, — вот что такое Млечный Путь!

Невооруженным глазом можно хорошо разглядеть строение Млечного Пути. В одних местах он ярче, в других слабее. Клочковатость Млечного Пути указывает на то, что он состоит из отдельных мощных звездных облаков. Самое заметное из таких звездных облаков находится в созвездии Щита, и на юге нашей страны в темные ночи его действительно можно принять за слегка освещенное обычное дождевое облако.

В Приложении вы найдете звездные карты с изображением Млечного Пути, воспользовавшись которыми сможете легко изучить его строение. Обратите особое внимание на знаменитую темную вилку в районе Денеба. Начиная от этой звезды, Млечный Путь ниспадает к горизонту двумя сверкающими потоками, между которыми звезд видно мало.

Раздвоение Млечного Пути — только кажущееся. На самом деле в этом направлении



Рис. 84. Вид Млечного Пути в телескоп.

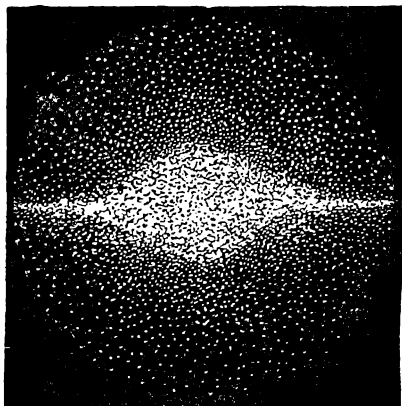
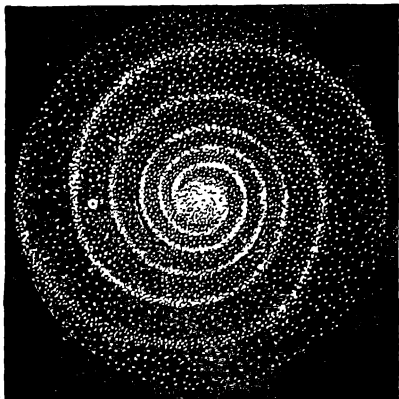


Рис. 85. Схема строения Галактики. Наверху кружочком отмечено положение Солнца.

находится исполинская темная туманность, состоящая из облаков твердой космической пыли с примесью газов. Как далекое облако дыма, темная туманность поглощает свет звезд и скрывает за собой часть Млечного Пути.

Темных туманностей очень много. Современные астрономы научились их находить, «прощупывать» с помощью специальных методов их границы и, наконец, количественно учитывать поглощение звездного света в этом «межзвездном дыме».

Астрономия располагает многими средствами, которые позволяют находить расстояние до звезд и их расположение в пространстве. Установлено, что все звезды Млечного Пути, а также и остальные звезды, которые видны в других участках неба, образуют в пространстве огромное скопище звезд, колоссальный «звездный остров», к которому принадлежит и наше Солнце в качестве рядовой звезды (рис. 85).

Астрономы называли этот «звездный остров» Галактикой. В него входит около 100 миллиардов звезд, в том числе и

те, которые образуют звездные скопления. Вперемежку со звездами встречаются в нашей Галактике туманности — темные пылевые и светлые, газовые. Размеры Галактики так велики, что от одного ее края до другого луч света должен лететь около 100 тысяч лет! Солнце не занимает центрального положения в нашем звездном городе — оно находится примерно на одной трети расстояния от края Галактики до ее центра. В центре же Галактики имеется мощное скопление звезд — «галактическое ядро», притяжение которого заставляет и наше Солнце и остальные звезды обращаться вокруг ядра. Долог путь Солнца вокруг центра Галактики — Солнце вместе с Землей и другими планетами завершает его только за 185 мил-

лионов лет! Такова продолжительность «галактического года», который, впрочем, в жизни звезд является примерно такой же меркой времени, как обычный, земной год в человеческой жизни.

К сожалению, обходя вместе с другими звездами центр Галактики, мы не видим его. Оказывается, он скрыт от нас мощными облаками темной, поглощающей свет космической пыли. Если бы какой-нибудь метлой можно было бы вымести этот «межзвездный мусор», нашим взорам предстало бы великолепное зрелище. Огромное «галактическое ядро» сияло бы на нашем небе во много раз ярче полной Луны и значительно превосходило бы ее по своим размерам. На самом же деле в направлении на центр Галактики, в созвездии Стрельца, мы видим только особенно яркие звездные облака, непосредственно прилегающие к ядру нашей звездной системы. Галактика по своей форме сходна со сплюснутой чечевицей. Мы, находясь внутри Галактики, в разных направлениях видим разное количество звезд. Ясно, что наибольшую толщу звезд луч зрения пробивает тогда, когда мы смотрим на «ребро» нашей звездной системы. Оно-то, или, точнее говоря, вся масса видимых в этих направлениях звезд, и представляется нам на небе Млечным Путем. Имей Галактика шарообразную форму, число звезд на небе было бы повсюду примерно одинаковым. На самом же деле в направлениях, перпендикулярных к основной, «экваториальной» плоскости Галактики, звезд гораздо меньше, чем в Млечном Пути.

Основное количество звезд, образующих Млечный Путь, очень далеко от Земли. Лучи света от них доходят до нашего глаза только за тысячи и десятки тысяч лет. И все-таки глаз может увидеть на небе нечто еще более удаленное.

В созвездии Андромеды, недалеко от звезды β (рис. 86), в темную ночь зоркий глаз легко различит маленькое овальное туманное пятнышко. Впервые его заметили арабские астрономы еще в X веке, то есть за тысячу лет до наших

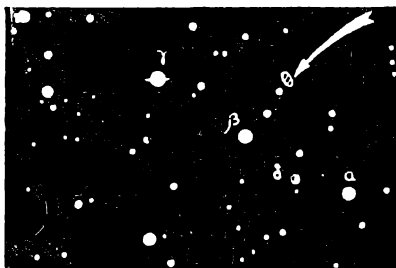


Рис. 86. Туманность Андромеды и ее расположение на небе.

дней. Внешне оно напоминает туманность Ориона, почему и получило в XVII веке название «туманности Андромеды». Действительная же природа этих двух туманностей весьма различна.

Туманность Ориона — это огромное облако пыли и газа, входящее в состав Галактики. Что же касается туманности Андромеды, то она представляет собой такой же отдельный самостоятельный звездный город, как и наша Галактика. Только чрезвычайная удаленность этой звездной системы от Земли не позволяет различить в ней отдельных звезд. Однако в мощные современные телескопы туманность Андромеды предстает перед нашими глазами как великая звездная система (рис. 86). В ней, как и в Галактике, миллиарды солнц, из которых многие, вероятно, окружены населенными планетами. Есть там двойные и переменные звезды, звездные скопления и туманности. Что может быть величественнее этого зрелища!

Звездная система, видимая невооруженным глазом «сквозь» созвездие Андромеды, является ближайшей к нам галактикой, и все же этот небесный сосед чрезвычайно далек от Земли. Вообразите себе, что вы решили сообщить по радио о своем существовании какому-нибудь из жителей планет в туманности Андромеды. Радиоволны распространяются с такой же чудовищной скоростью, как и лучи света, — 300 тысяч километров в секунду. Несмотря на это, если бы сегодня отправилась в далекий путь ваша радиограмма, то она достигла бы места назначения через... 670 тысяч лет! Согласитесь, что даже самые быстрые земные средства связи совершенно непригодны для «межгалактических» переговоров.

С другой стороны, заметим, что, любуясь туманностью Андромеды, вы видите то, что было почти миллион лет назад, ибо попавшие в ваш глаз лучи этих удаленных звезд отправились в путешествие еще тогда, когда человек почти не отличался от родственных ему человекообразных обезьян!

Несмотря на огромное расстояние, отделяющее нас от туманности Андромеды, это только, повторяем, самая близкая к нам галактика. Однако слабый человеческий глаз не способен различить еще более далекие «звездные острова» вселенной. Только вооружив его биноклем или телескопом, мы сможем еще немного углубиться в окружающий нас бесконечный звездный мир.

Бинокль и его история

Если бы человек не вооружил свой глаз телескопом, он никогда бы не пришел к тем замечательным открытиям, о которых говорилось в предыдущей главе. В этом случае гениаль-

ная система Коперника, вероятно, навсегда бы осталась гипотезой, то-есть более или менее вероятным предположением.

В действительности история астрономии сложилась иначе. Бурное развитие торговли в XV—XVI веках, поиски новых морских путей для сбыта товаров и в связи с этим значительный рост мореплавания, наконец, небывалый расцвет культуры и различных отраслей производства в эпоху Возрождения — все это подготовило и породило изобретение зрительной трубы. Она родилась там, где в ней была особая нужда, — в стране мореплавателей и торговцев — Голландии. Хорошие дюнные пески способствовали развитию производства оптических стекол для очков. Рассказывают, что в 1608 году голландец Липперсгей, посмотрев на далекую колокольню через два стекла, из которых одно было двояковыпуклым, а другое двояковогнутым, обнаружил, что колокольня стала заметно крупнее и как бы приблизилась к нему. Одновременно с Липперсгеем и два других голландца сделали подобное же открытие.

Первая зрительная труба, «приближающая» далекие предметы, была изготовлена в виде бинокля, то-есть пары труб, для наблюдения обоими глазами. Но это еще не был телескоп — оптический инструмент для изучения небесных тел. Голландские моряки применяли зрительные трубы для разглядывания маяков, берега и далеких кораблей, а среди сухопутных жителей Голландии немало было и таких, которые использовали зрительную трубу как забавную игрушку, приближающую предметы.

Слух о новом изобретении быстро распространился по Европе. Дошел он и до Италии, где в городе Падуде проживал знаменитый последователь Коперника, астроном и основатель современной механики Галилео Галилей. Вот как он сам рассказывает об этом: «Дошел до нас слух, что каким-то голландцем устроен инструмент, благодаря которому предметы, находящиеся на далеком расстоянии, кажутся как бы близ нас помещенными...

... Узнав об этом, я вернулся в Падую, где тогда проживал, и начал размышлять над этой задачей. В первую же ночь после моего возвращения я ее решил, а на следующий день изготовил инструмент».

Зрительная труба Галилея состояла из трубки и двух линз, в ней укрепленных (рис. 87). Первая из них, обращенная к предмету («объекту») и называемая потому объективом, была плосковыпуклой, собирающей линзой, по существу не отличающейся от той двояковыпуклой чечевицы, с которой мы уже имели дело во второй главе. Другая линза, к которой наблюдатель прикладывал свой глаз, или «око», называлась «окуляр». Окуляр в трубе Галилея был рассеивающей лин-

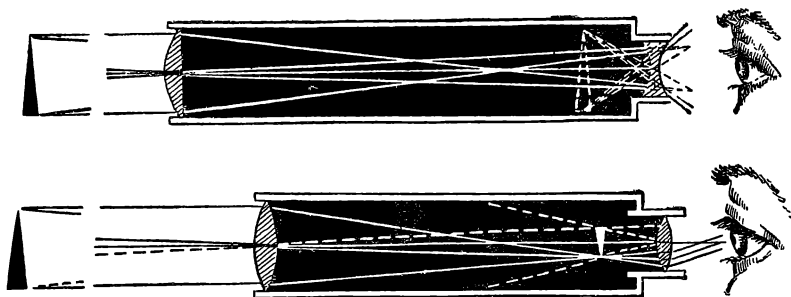


Рис. 87. Устройство телескопов Галилея (сверху) и Кеплера.

зой, при прохождении через которую параллельный пучок лучей рассеивался во все стороны.

Сочетание этих двух линз при определенном их расстоянии друг от друга приводило к тому, что наблюдатель видел предмет под большим углом, чем невооруженным глазом. Кроме того, объектив трубы, значительно превосходя по площади зрачок человеческого глаза, во столько же раз собирал больше света. Поэтому в зрительную трубу можно было видеть такие слабые источники света, которые глазу вовсе не доступны.

Впоследствии Галилей изготовил еще несколько более совершенных труб. Если первая из них увеличивала всего в 3,5 раза и в этом отношении вполне походила на театраль- ный бинокль, то наилучшая из галилеевских труб обладала увеличением в 33 раза. Все они были далеки от современных телескопов — изображения, ими даваемые, казались нерезкими, размытыми, с радужной каймой по краям. Причина этого лежала в оптических искажениях, «абберациях», свойствен- ных всем линзам. И все же с такими крайне скромными сред- ствами Галилей сделал великие открытия.

Он был первым из людей, взглянувшим на небо воору жен- ным глазом. Превратив зрительную трубу в телескоп, Галилей увидел то, о чем никто в те времена и не подозревал. Солнце оказалось покрытым темными пятнами. На Луне были обна- ружены многочисленные неровности — лунные горы, что дока- зывало сходство лунного мира с Землей. Планета Венера при наблюдении в телескоп стала похожей на маленькую Луну и как настоящая Луна меняла свои фазы. Этот факт можно было объяснить только тем, что Венера обращалась, как учил Коперник, вокруг Солнца. Но самым удивительным был вид планеты Юпитер: рядом с ним Галилей заметил четыре ма- ленькие звездочки, меняющие свое расположение по отноше- нию к планете. Галилей совершенно правильно увидел в Юпи-

тере и его спутниках маленькое подобие солнечной системы по Копернику. Он писал: «...существуют четыре светила, вращающиеся вокруг Юпитера, подобно тому как Венера или Меркурий вращаются вокруг Солнца».

Мы уже упоминали о том, что Галилей, наблюдая в телескоп Млечный Путь, разложил его на отдельные звезды. Кроме того, в любой области неба, куда направлял Галилей свой телескоп, он видел незнакомые слабосветящиеся звезды, о существовании которых никто и не подозревал.

Телескоп совершил великий переворот в естествознании. Открытия Галилея дали опытное доказательство правильности идей Коперника и заложили основы для всего дальнейшего развития астрономической науки.

Телескоп Галилея дошел и до наших дней в форме театрального бинокля (рис. 88). Его два объектива состоят из собирающей линзы (или линз), а окуляры — из рассеивающих линз. Увеличение современных театральных биноклей невелико — от 2 до 7 раз. Фокусировка, то-есть наведение на резкость, производится вращением кремальеры, помещенной между трубками.

Поле зрения театрального бинокля сравнительно мало и, как правило, не превышает 5° . Кроме того, оно обладает еще одним недостатком — яркость в нем заметно падает к краям, что, например, при оценке блеска звезд вносит сильные искажения.

Гораздо совершеннее другой тип бинокля, так называемый призматический. История этого бинокля такова.

Через два года после того, как Галилей смастерил первый телескоп, его друг и соратник, знаменитый немецкий астроном Иоганн Кеплер, предложил телескоп иной конструкции. В кеплеровском телескопе, как и в трубах Галилея, объективом служила двояковыпуклая линза. Она собирала лучи от небесного светила и давала в своем фокусе его обратное уменьшенное изображение. В отличие от галилеевского телескопа, в трубе Кеплера это изображение рассматривалось через сильную двояковыпуклую лупу, которая и служила окуляром (рис. 87).

Кеплеровский телескоп был явно лучше галилеевского. Он давал значительно бóльшие увеличения, да и поле зрения в нем было гораздо больше. Правда, новый телескоп переворачивал изображения «вверх ногами», но при наблюдении небесных светил эти «шутки» телескопа совершенно безобидны — небесные тела не имеют «ног», а во вселенной нет определенного «верха» и «низа». Поэтому после изобретения Кеплера подавляющее большинство телескопов строилось по типу его трубы.

В середине прошлого века по образцу кеплеровского телескопа был сконструирован первый призматический бинокль (рис. 88). На схеме вы видите, что луч света, пройдя через объектив, попадает затем на призмы, которые, изменив несколько раз направление луча, отбрасывали его через окуляр в глаз наблюдателя.

Если бы не было призм, пришлось бы линзы вставлять в достаточно длинную трубу. Дело в том, что увеличение кеплеровского телескопа равно частному от деления фокусного расстояния его объектива на фокусное расстояние окуляра. Значит, увеличение телескопа тем больше, чем больше фокусное расстояние объектива и чем меньше фокусное расстояние окуляра.

Призмы в бинокле как бы «ломают» лучи. Вместо того чтобы идти по прямой, лучи проделывают путь такой же длины, но по ломаной линии. Выгода от применения призм очевидна: фокусное расстояние объектива, а следовательно, увеличение бинокля, может быть сравнительно большим, а сам бинокль получается коротким, компактным, удобным в обращении.

В современных призматических, или, как их иногда называют, «полевых» биноклях объектив состоит из двух склеенных

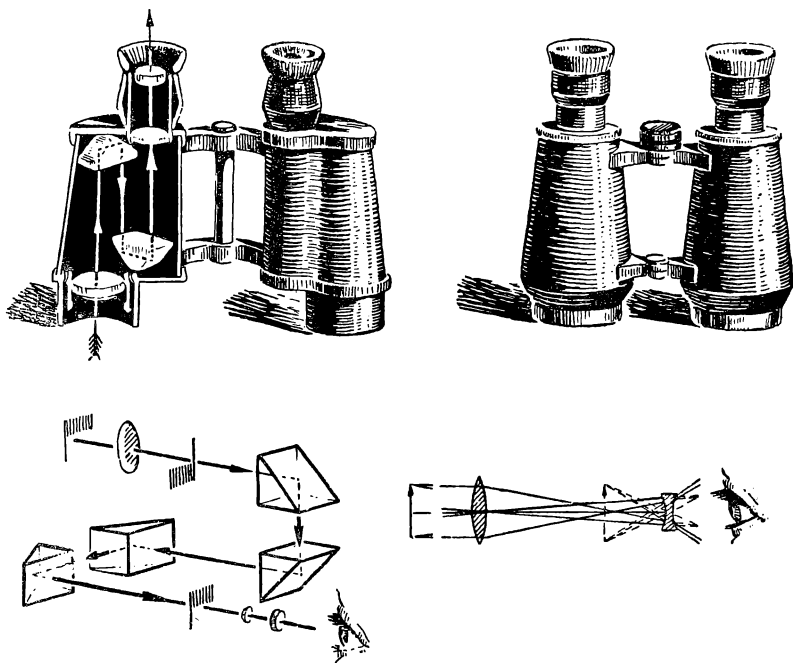


Рис. 88. Призматический (слева) и телескопический бинокли.

линз, которые совместно действуют, как одна собирательная линза. Окуляр, так же как и объектив, представляет собой систему из двух собирательных линз, но отстоящих друг от друга на некотором расстоянии. Все эти усложнения делаются для одной цели — уменьшения искажений, «аббераций», вносимых линзами.

Призматический бинокль гораздо лучше театрального. Он дает лучшие изображения, поле зрения в нем повсюду одинаково ярко и достигает в поперечнике около 8° . Большинство призматических биноклей шестикратные, то-есть дающие увеличение в 6 раз, но есть и восьмикратные и даже двенадцатикратные бинокли.

Диаметр объектива шестикратного бинокля больше, чем у театрального, и равен 30 миллиметрам. У более сильных биноклей диаметр объектива достигает в поперечнике 50 и более миллиметров. Это означает, что призматический бинокль собирает света больше, чем театральный, а следовательно, в него можно увидеть и более слабые звезды.

Наконец, в призматических биноклях призмы не только изменяют направление лучей, но и переворачивают изображение, так что при наблюдениях в призматический бинокль все предметы видны в таком же положении, что и невооруженным глазом.

Если вам удастся достать бинокль, хотя бы театральный, ваши возможности изучения вселенной значительно расширятся. С помощью бинокля можно производить такие наблюдения, которые не только углубят ваши познания в области астрономии, но и могут принести существенную помощь науке. Таковы, например, наблюдения переменных звезд, «телескопических» метеоров и другие.

При наблюдениях с биноклем очень важно не держать его на весу, так как дрожание рук не позволит многого увидеть, а укрепить на какой-нибудь подставке. Самая простая из них изображена на рисунке 89. Можно воспользоваться также веткой с развилиной, на которую следует опереть бинокль. Неплохо сделать несколько таких подставок разной длины, с тем чтобы, сидя на стуле, можно было наблюдать светила, находящиеся на разных высотах над горизонтом.

После всех этих приготовлений можно перейти к наблюдениям.



Рис. 89. Подставка для бинокля.

Пятна на Солнце и горы на Луне

Старинная поговорка утверждает, что «и на солнце есть пятна». В справедливости такого заключения можно иногда убедиться и без помощи бинокля, а тем более телескопа. Действительно, когда Солнце просвечивает сквозь облака или густой дым, которые ослабляют его ослепительный блеск, на поверхности Солнца иногда можно различить невооруженным глазом какие-то темные пятна. Наблюдали их наши предки, не раз видели их и древние китайцы. В западной Европе солнечные пятна были вновь открыты лишь с изобретением телескопа.

Для наблюдения Солнца и его пятен необходимо прежде всего изготовить защитное темное стекло. Его можно сделать из засвеченной и потом проявленной до нужной черноты фотопленки или фотопластинки. Еще проще закоптить на пламени свечи обычное стекло, но чтобы оно не пачкало наблюдателя, на него кладут опирающееся на картонные прокладки второе чистое стекло, а затем оба стекла по краям склеивают бумагой.

Желательно перед наблюдением Солнца предварительно отфокусировать бинокль по звездам или Луне, заметив при этом положение окуляра, а потом уже отфокусированный бинокль направлять на Солнце.

Помните, что между окуляром и глазом всегда в этих случаях должно быть защитное темное стекло, так как иначе вы рискуете ослепнуть.

Можно наблюдать Солнце и иначе. На концах палки длиной около 2 метров укрепляют две доски, на одной из которых устанавливают бинокль. На объектив бинокля надевается ширма, отбрасывающая тень на нижнюю доску, где прикрепляется белый чистый лист бумаги — экран. Вся эта установка опирается на палку с вилкой.

Если теперь направить бинокль на Солнце, то на экране появятся два его размытых изображения. Выдвигая и вдвигая окуляры бинокля, добиваются того, чтобы изображения Солнца на экране стали четкими, резкими. В том случае, когда на поверхности Солнца имеются крупные пятна, вы их увидите и на экране. Зная диаметр изображения Солнца на экране, заранее заготовьте на отдельных листах плотной ватманской бумаги круги такого же поперечника. При наблюдениях Солнца совместите изображение Солнца с начерченным вами кругом и быстро нанесите на бумагу изображения пятен. Быстрота здесь нужна потому, что изображение Солнца из-за суточного вращения Земли смещается весьма заметно. Вооб-

ще следует отметить, что при наблюдениях небесных светил в бинокль, а тем более в телескоп, их кажущиеся перемещения становятся особенно ощутимыми.

Когда вы в течение нескольких дней сделаете ряд зарисовок солнечных пятен, сравните между собой полученные рисунки. Вы обнаружите, что пятна сместились по отношению к краю солнечного диска. Вызвано это тем, что огромный солнечный шар вращается вокруг своей оси. Зная даты и часы наблюдений, можно по смещению солнечных пятен определить, за какой срок Солнце совершает один оборот вокруг оси.

Оказывается, «сутки» на Солнце гораздо длиннее земных — в среднем они равны 29 нашим суткам. В среднем потому, что Солнце вращается в разных своих частях по-разному, экваториальные области Солнца совершают полный оборот за 25 земных суток, а чем ближе к солнечным полюсам, тем скорость вращения меньше. В районе полюсов Солнца она близка к 34—35 суткам.

Один этот факт доказывает, что Солнце — не твердое тело. Твердые тела во всех своих частях вращаются с одинаковым периодом. Но Солнце и не может быть твердым телом. Оно очень горячо — его поверхность имеет температуру 6000 градусов, а в недрах Солнца жара достигает 20 миллионов градусов!

Ясно, что при таких высоких температурах все вещества на Солнце находятся в газообразном состоянии и все Солнце целиком представляет собой исполинский, чрезвычайно раскаленный газовый шар.

Поверхность Солнца — это постоянно бушующий океан раскаленных газов. В нем нередко возникают колоссальные вихри, в воронке которых солнечные газы несколько охлаждаются по сравнению с остальной солнечной поверхностью. Вот эти-то гигантские вихри мы и видим с Земли как солнечные пятна. Кстати, они нам кажутся темными лишь по контрасту с окружающей их ослепительной солнечной поверхностью. На самом деле температура центральной темной части солнечного пятна только на 500° меньше температуры остальной солнечной поверхности. Помести солнечные пятна отдельно на небо — и они сияли бы почти так же ослепительно ярко, как и Солнце.

Те солнечные пятна, которые становятся доступными для наблюдений в бинокль или даже невооруженным глазом, огромны (рис. 90). Внутри воронок этих вихрей свободно мог бы поместиться весь земной шар.

Если в бинокль мы обнаруживаем на Солнце следы грандиозных движений, в сравнении с которыми сильнее земные ураганы кажутся пустяком, то совершенно иная картина

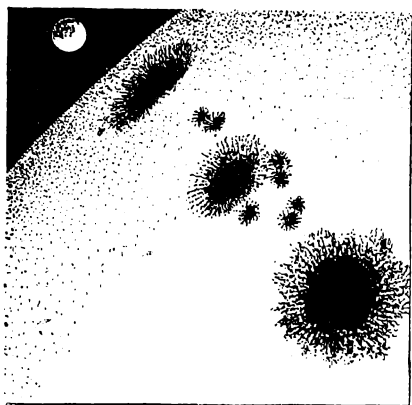


Рис. 90. Солнечные пятна и Земля.

видна в бинокль на Луне. Мертвый мир, лишенный атмосферы, жизни и воды, мир застывшего безмолвия — Луна во многих отношениях является прямой противоположностью Солнцу.

Бинокль, как и телескоп, увеличивая угол зрения наблюдателя, позволяет обнаружить на Луне то, что невооруженному глазу недоступно. Когда Луна видна в форме серпа, а также в фазе, близкой к первой или последней четверти, вблизи ее терминатора (см. стр. 107) можно легко заметить много-

численные неровности — лунные горы.

Большинство лунных гор имеет форму кольцевых валов с плоским, неглубоким дном, находящимся на одном уровне с остальной лунной поверхностью. Они носят название кратеров или цирков. Есть на Луне и обширные горные цепи, напоминающие по своей форме земные горы (рис. 91).

В Приложении дана рельефная карта Луны с изображением горных хребтов и кратеров. Конечно, далеко не все они доступны биноклю, но все же многое с его помощью можно увидеть.

Чем длиннее тени, отбрасываемые лунными горами, тем заметнее эти горы с Земли. Проследите, как постепенно с ростом лунной фазы укорачиваются тени лунных гор. В полнолуние же, когда Солнце «в лоб» освещает Луну, лунные горы почти не отбрасывают тени и потому при наблюдениях с биноклем незаметны.

Увлекательна прогулка по лунному миру! Попробуйте сами, сравнивая лунную карту и то, что вы видите на Луне в бинокль, отыскать наиболее заметные лунные горные цепи и кратеры.

В промежутке между новолунием и первой четвертью на Луне выделяется окаймленное горной цепью овальное Море Кризисов или Опасностей. Южнее его находится крупный кратер Лангрэн (номер 100), а левее Лангрэна видна цепочка из трех кратеров, из которых наиболее северный — Теофил (97). В Южном полушарии Луны можно заметить большое количество кратеров, из которых наиболее заметные попробуйте разыскать на карте.

Спустя два-три дня после первой четверти наступает самое удобное время для наблюдения лунных гор. В северном полушарии Луны выделяется мощная горная цепь Апеннин, переходящая затем в лунные Кавказ и Альпы (см. карту). Заметим, что если лунные кратеры в большинстве своем носят имена знаменитых ученых или философов, то многие из лунных горных цепей имеют те же названия, что и знакомые нам земные горы.

Вблизи северной оконечности лунного Кавказа заметны два крупных кратера — Евдокс (208) и Аристотель (209), а западнее их вырисовывается кратер Платон (210). В глубокой долине моря Дождей, окаймленной Апеннинскими горами, возвышаются три кратера, из которых наиболее крупный, Архимед (191), может быть замечен уже в бинокль.

В последующие дни, вплоть до полнолуния, панорама лунной поверхности будет непрерывно изменяться. Терминатор, отступая к восточной части лунного диска, откроет новые кра-

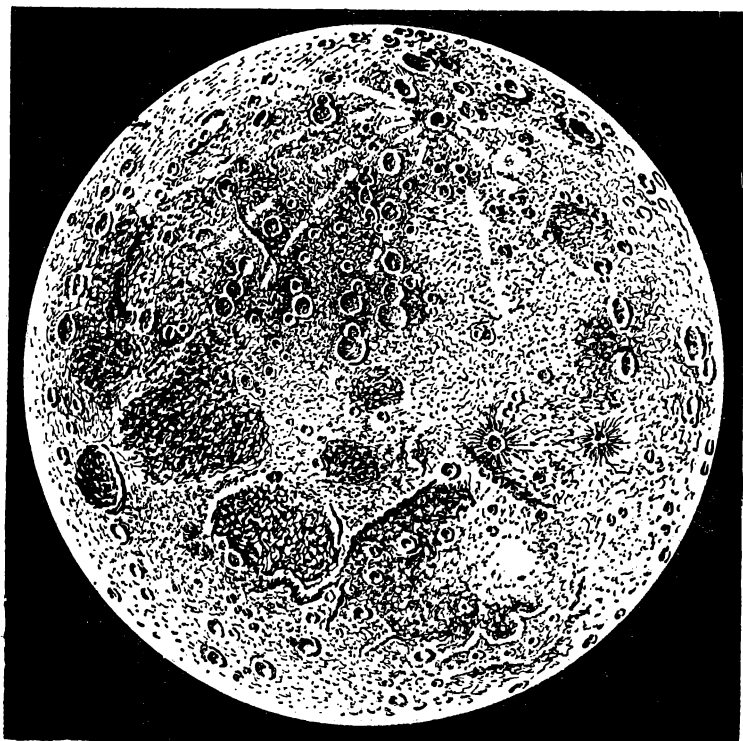


Рис. 91. Поверхность Луны усеяна горами.

теры, а в центральной и особенно западной части Луны тени от лунных гор будут укорачиваться до тех пор, пока, наконец, сами горы не перестанут быть видимыми. Из лунных достопримечательностей, которые можно наблюдать после полнолуния, укажем на огромный кратер Коперник (147) и несколько уступающий ему в размерах кратер Кеплер (146). В южной части Луны в этот период выделяется кратер Шиккард (28), а незадолго до новолуния в северной части диска бросается в глаза горная цепь, окаймляющая залив Радуги.

Когда Луна станет полной, все кратеры и горы перестанут быть видимыми. Зато в бинокль можно прекрасно различить светлые лучи, расходящиеся от южного лунного кратера Тихо (30).

Зная длину тени, отбрасываемой лунными горами, и положение Солнца по отношению к Земле и Луне, можно рассчитать высоту лунных гор, а по видимому поперечнику лунных кратеров узнать их диаметр в километрах.

Поверхность Луны носит на себе следы когда-то происходившей там бурной вулканической деятельности. В телескопы в центре многих лунных кратеров можно разглядеть так называемые центральные горки. Это бывшие, а некоторые, вероятно, и поныне действующие вулканы. Когда-то из их жерл изливалась раскаленная лава, которая, возможно, потом застыла в виде кольцевых гор — лунных кратеров. С другой стороны, светлые лучи, расходящиеся от кратера Тихо и некоторых других лунных кратеров, по всей вероятности, представляют собой невысокие насыпи вулканической пыли, разбросанной по поверхности Луны во время мощных вулканических извержений.

Но все эти бурные процессы в основном давно уже прекратились. На современной Луне почти все неизменно. Только в большие телескопы можно иногда заметить изменения окраски дна некоторых крупных лунных кратеров или заполнение жерла менее крупных кратеров чем-то напоминающим лаву. Причины этих странных изменений пока не вполне ясны. Наш спутник далеко еще не полностью изучен, и исследование Луны с помощью мощных современных телескопов, несомненно, приведет в недалеком будущем к важным и интересным открытиям.

На пороге бесконечности

Из всех членов солнечной системы, доступных для наблюдения в бинокль, Луна и Солнце, несомненно, самые подходящие. Что касается планет, бинокль бессилен существенно уве-

личить их изображение. При рассматривании в бинокль все они кажутся почти такими же, как и невооруженному глазу. Зато в мире звезд бинокль открывает много нового и интересного.

Прежде всего, направив бинокль на любой участок звездного неба, легко убедиться, что в поле зрения бинокля видны новые звезды, недоступные невооруженному глазу. Чем больше кратность бинокля и чем темнее и прозрачнее небо, тем более слабые звезды можно в него различить. В театральный бинокль можно наблюдать звезды до 7,5 величины, в обычный шестикратный призматический бинокль — до 8,5, а при очень хороших атмосферных условиях даже до 9 величины. Таким образом, если невооруженный глаз видит на всем небе не более 6000 звезд, то в призматический бинокль доступны 117 тысяч звезд!

Собирая больше света, чем глаз, бинокль вместе с тем позволяет лучше различать цвета, окраску звезд. Сравните, например, как выглядят Капелла, Бетельгейзе или Вега при наблюдении глазом и в бинокль — вы сразу заметите, что цвет этих звезд стал много сочнее, интенсивнее. В Приложении (стр. 196) приведена таблица ярких звезд, у которых цвет хорошо заметен. Из них особенное внимание обратите на звезду μ Цефея — это самая красная из сравнительно ярких звезд. При рассматривании в бинокль «цветных» звезд вспомните, что окраска звезды связана с ее температурой, которая также указана в упомянутой таблице.

Большие возможности раскрываются перед теми, кто, имея призматический бинокль, пожелает заняться изучением переменных звезд. Число их, доступных биноклю, измеряется сотнями. Многие из переменных недостаточно исследованы, и потому наблюдения таких звезд ценны для науки. Приступать к наблюдениям слабых переменных звезд следует после того, как приобретен опыт в оценке блеска ярких переменных звезд. В Приложении (стр. 192) вы найдете список некоторых переменных звезд, легко доступных для наблюдений в призматический бинокль, а также карточки ближайших окрестностей каждой переменной звезды с отмеченными на них звездами сравнения. Эти карточки надо аккуратно скопировать на кальку, а полученную копию вклеить в «Карманный атлас переменных звезд», о котором мы говорили на стр. 143.

Изучайте переменные звезды, помня, что этим вы можете принести пользу науке и в то же время научиться самостоятельно вести очень, правда, небольшую, но все же вполне научную работу.

Увеличивая угол зрения, бинокль позволяет разделять гораздо более тесные пары двойных звезд, чем невооруженный

глаз. Теоретически шестикратный призматический бинокль может разделить, или «разрешить», как говорят астрономы, такую двойную звезду, у которой расстояние между составляющими близко всего лишь к десяти секундам дуги (10"). На практике же оказывается, что разрешающая способность бинокля по ряду причин несколько ниже. Она зависит от качества данного бинокля, спокойствия атмосферы и остроты зрения наблюдателя. Кроме того, замечено, что двойную звезду, у которой составляющие сильно различаются в блеске (на несколько звездных величин), гораздо труднее разделить, чем ту, которая состоит из почти одинаково ярких звезд.

В Приложении (стр. 200) вы найдете список наиболее интересных двойных звезд, доступных для наблюдения в шестикратный призматический бинокль. Приведем дополнительные сведения о некоторых из них.

В созвездии Лебеда почти на середине расстояния между α и δ этого созвездия находится тройная звезда θ^2 Лебеда. Главная звезда 4-й величины, более яркий из ее спутников 5,5 величины отстоит от нее на 5'38", а второй спутник 7,5 величины — на 1'47". Оба спутника голубоватого цвета, между тем как главная звезда желтая.

Как видите, в мировом пространстве встречаются не только двойные звезды, но также системы, состоящие из трех, а иногда и большего числа солнц. Попробуйте себе представить, как выглядело бы небо на планете, освещенной сразу, например, шестью солнцами! А ведь такие «шестерные» звезды есть в действительности. Примером их может служить звезда θ (тета) Ориона, расположенная под поясом этого небесного гиганта. В телескоп средней силы легко убедиться, что θ Ориона, кажущаяся в бинокль одиночной звездой, на самом деле состоит из шести звезд. Системы из нескольких солнц астрономы называют кратными звездами. К таким кратным системам и принадлежит θ^2 Лебеда.

В созвездии Лиры звезды ζ и δ относятся к числу весьма красивых и легко доступных двойных звезд. Первая из них состоит из двух звезд 4,5 и 5,5 величины, находящихся друг от друга на расстоянии 44", причем более яркая из них — желтого цвета, а вторая — светлозеленая. Составляющие δ Лиры такие же по яркости, как и звезды ζ , но только расстояние между ними значительно больше (12'30") и окраска менее заметна.

Звезда γ Малого Коня — одна из давно открытых двойных звезд. Еще в 1681 году, когда комета Галлея проходила вблизи γ Малого Коня, астрономы заметили ее двойственность. Главная звезда — 4,5 величины, а ее спутник, отстоящий на расстоянии 6'6", — 6,0 величины.

К сожалению, многие из двойных звезд, наблюдаемых в бинокль, принадлежат к оптическим парам.

Бинокль очень удобен для наблюдений звездных скоплений и туманностей. Направьте его на Плеяды — перед вашими глазами возникнет великолепная картина: наряду с главными звездами этого скопления, которые вы уже видели без бинокля, в поле зрения появятся десятки новых слабосветящихся звездочек. Как видите, Плеяды гораздо многочисленнее, чем это может представиться невооруженному глазу.

В Яслях глаз не различал отдельных звезд. Вооружившись биноклем, вы сможете увидеть в этом сравнительно компактном звездном скоплении десятки сверкающих солнц.

Некоторые из звездных скоплений глазу кажутся маленькими, еле различимыми туманными пятнышками. В бинокль они гораздо заметнее и вполне доступны для наблюдения. Таково, например, известное звездное скопление в созвездии Персея, обозначаемое буквами χ (хи) и h (аш). Для невооруженного глаза оно кажется сравнительно крупным туманным пятнышком неправильных очертаний. В бинокль скопление видно гораздо отчетливее, и как бы чувствуется, что оно состоит из множества отдельных звезд. Расстояние до этого скопления многих сотен солнц очень велико — луч света преодолевает его за 4300 лет. Иначе говоря, ныне мы видим эти звезды такими, какими они были на самом деле еще в период зарождения астрономической науки. В том же созвездии Персея, недалеко от Алголя, находится еще одно звездное скопление. Хотя оно малочисленно (в него входит лишь 80 звезд), но зато в бинокль легко можно рассмотреть отдельные звезды. Это скопление несколько ближе предыдущих — расстояние до него равно 1500 световых лет.

До сих пор мы встречались с так называемыми рассеянными и звездными скоплениями. Все они состоят из сравнительно большого числа звезд и имеют неправильные очертания. Совсем иным строением обладают шаровые звездные скопления. Некоторые из них можно увидеть в бинокль. Одним

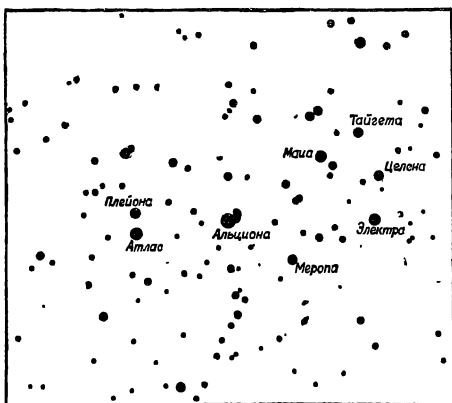


Рис. 92. Названия главнейших звезд в Плеядах

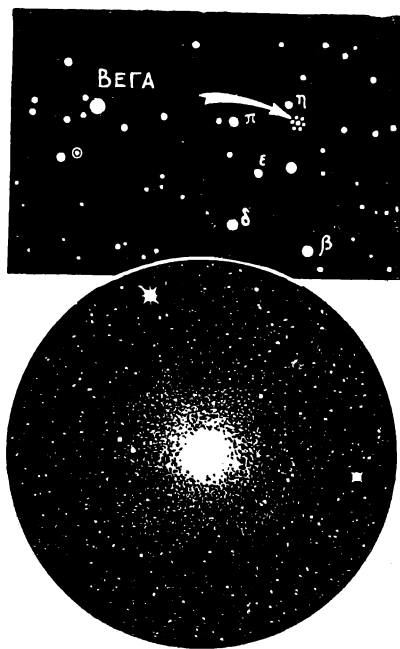


Рис. 93. Шаровое звездное скопление в созвездии Геркулеса.

из наиболее известных шаровых скоплений является звездное скопление в созвездии Геркулеса (рис. 93). В темные ночи зоркий глаз различает его как маленькую, круглую туманную звезду. В бинокль оно кажется шариком, состоящим из какого-то светящегося тумана. На самом же деле это мощный шаровой рой звезд. Неудивительно, что в бинокль отдельных звезд в этом рое мы не различаем — он от нас находится в 70 раз дальше Плеяд, и расстояние до него составляет 34 тысячи световых лет. Подсчеты, проведенные с помощью мощных современных телескопов, показывают, что в звездный рой Геркулеса входит свыше миллиона отдельных звезд!

Удивительные образования эти шаровые звездные скопления! Вообразите на минуту, что вы очутились в самом центре

такого скопления, на одной из планет, кружащихся вокруг какой-нибудь из центральных звезд. Какое потрясающее зрелище представило бы нам тогда звездное небо! На небе сверкают сотни тысяч ярчайших звезд. Все они почти равномерно разбросаны по небу, и их общий свет в десятки раз превышает свет полной Луны, украшающей наши скромные земные ночи. Вероятно, обитатели этой планеты очень мало знали бы о строении звездного мира, о существовании Галактики, потому что ослепительный блеск звезд роя совершенно бы скрыл слабое сияние Млечного Пути.

Не менее удивительным был бы вид неба для жителя окраин шарового звездного скопления. Одна его половина была бы занята исполинским скопищем ослепительно ярких звезд, а другая половина казалась бы мрачной черной бездной, сравнительно бедной звездами.

Из шаровых звездных скоплений, доступных наблюдению в бинокль, обратим внимание на шаровой рой в Пегасе. При наблюдении в бинокль можно заметить, что в нем, как и в предыдущем шаровом скоплении, яркость к центру возрастает.

Это вызвано характерной особенностью шаровых звездных скоплений — чем ближе к центру, тем гуще в них расположены звезды. Шаровое звездное скопление в созвездии Пегаса — одно из самых удаленных: расстояние до него близко к 43 тысячам световых лет. Внимательно изучите список звездных скоплений, указанных в Приложении (стр. 210), и попробуйте отыскать их на небе, записывая в журнал наблюдений особенности внешнего вида каждого из скоплений.

Кроме туманности Ориона, отлично видимой в бинокль, на небе с помощью последнего можно отыскать и другие облака холодных светящихся газов и пыли. В созвездии Стрельца, богатом звездными скоплениями и туманностями, одна из туманностей доступна для наблюдения в бинокль. Она занимает на небе площадь, близкую к площади диска полной Луны, обладая при этом подковообразной формой. Расстояние до нее равно 3600 световых лет. Действительные размеры туманности в Стрельце настолько значительны, что она свободно может конкурировать в этом отношении со знаменитой туманностью Ориона.

Весьма любопытна слабосветящаяся туманность в созвездии Лисички (рис. 94). Она принадлежит к особому классу так называемых планетарных туманностей. Внешне эти туманности отдаленно напоминают диски планет. В центре каждой планетарной туманности всегда есть очень горячая звезда, которая, выбросив когда-то со своей поверхности большое количество газов, по видимому, и породила туманность. Расстояние до планетарной туманности в Лисичке измеряется в 3400 световых лет.

Заканчивая обзор тех небесных достопримечательностей, которые доступны невооруженному глазу, мы отметили, что самая далекая из них — это галактика в созвездии Андромеды, расстояние до которой составляет 670 тысяч световых лет. С помощью бинокля можно продвинуться несколько дальше вглубь вселенной.

Недалеко от туманности

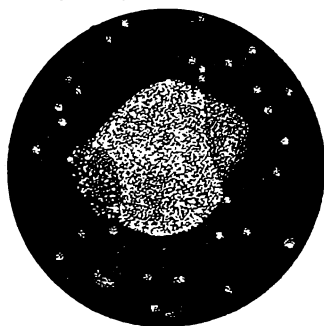
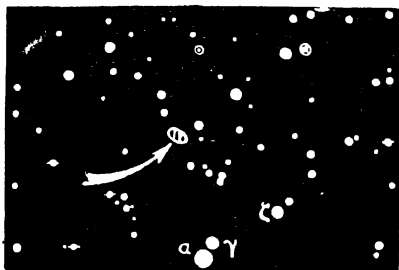


Рис. 94. Туманность в созвездии Лисички.

Андромеды, в созвездии Треугольника, глаз, вооруженный биноклем, может различить маленькое туманное пятнышко. Это внегалактическая туманность, то-есть, иначе говоря, грандиозная звездная система, состоящая из миллиардов звезд, как и галактика в созвездии Андромеды. Мы с Земли ее видим «плашмя», и потому в мощные современные телескопы спиральное строение этого звездного острова хорошо заметно. Расстояние до галактики в созвездии Треугольника — 750 тысяч световых лет. Две другие доступные наблюдению в бинокль галактики (в созвездии Большой Медведицы и в созвездии Гончих Псов) видны как слабенькие туманные звездочки 8-й величины. Увидеть их можно только в особенно темные и прозрачные ночи. Если вам посчастливится разыскать эти галактики, имейте в виду, что первая из них удалена от нас на расстояние 2 миллионов 400 тысяч световых лет, а вторая еще дальше — на расстояние 3 миллионов световых лет!

Это — предел, до которого проникает человеческий глаз, вооруженный биноклем, но это, разумеется, далеко не предел вселенной.

В современные мощные телескопы астрономам доступны сотни миллионов галактик, представляющих собой такие же грандиозные звездные системы, как и наша Галактика. Самые далекие из них, до которых уже проник взор современного человека, удалены от Земли на расстояния в миллиард световых лет!

Пока шел луч от этих галактик до нас, на Земле совершались великие перемены. На смену простейшим формам жизни пришли более сложные. Появились одни виды животных, чтобы затем со временем смениться другими. Канули в вечность Архейская, Палеозойская, Мезозойская эры. Совершилась на Земле вся предшествующая нам грандиозная история органического мира, и когда луч от наиболее далеких из галактик подлетал к Земле, когда $\frac{999}{1000}$ пути было им уже преодолено, на Земле появился человек, который через «какой-нибудь» миллион лет настолько превзошел своих обезьяноподобных предков, что даже ухитрился уловить эти лучи изобретенной им фотопластинкой.

И все-таки даже наиболее далекие из галактик — это еще не предел, не «конец» вселенной. Вселенная бесконечна, она наполнена бесчисленным множеством звезд и звездных систем. Вселенная — вечна, она никогда не возникала, как и никогда не исчезнет.

В этой бесконечной и вечной вселенной наша Земля — рядовая планета, наше Солнце — обычная звезда, а наш звезд-

ный «остров» — галактика решительно ничем не выделяется среди бесчисленного множества ему подобных «звездных островов».

Таковы выводы современной астрономии, навсегда развенчавшей наивные религиозные представления об исключительном, «центральной» положении Земли и человека во вселенной.

Самодельный телескоп

Не каждому читателю этой книги удастся достать бинокль или настоящий телескоп. Между тем, желание собственными глазами увидеть хотя бы часть того, о чем пишут в книгах по астрономии, очень велико. К счастью, построить самодельный телескоп не так уж сложно.

Заранее предупредим слишком пылких читателей: самодельный телескоп по своим возможностям будет мало отличаться от бинокля, а кое в чем даже уступать ему. И все же с помощью самодельного телескопа можно увидеть много интересного.

Главное в любом телескопе — это его оптическая часть, объектив и окуляр. В качестве объектива самодельного телескопа надо взять круглое очковое стекло, которое можно достать в аптеках. Оптике, наряду с фокусным расстоянием, вводят еще одну величину, характеризующую линзу. Называется эта величина оптической силой линзы и равна она обратной величине ее фокусного расстояния ($\frac{1}{F}$). Единицей оптической силы линзы считается диоптрия. Так называют оптическую силу собирательной (например, двояковыпуклой) линзы, у которой фокусное расстояние равно 1 метру. Условились оптические силы собирательных линз считать положительными, а рассеивающих — отрицательными. Так, например, линза в +0,5 диоптрии — это собирательная линза с фокусным расстоянием 2 метра, а линза в — 2 диоптрии — рассеивающая, имеющая фокусное расстояние 50 сантиметров.

Итак, выберите в магазине положительную очковую линзу с оптической силой, близкой к +1 диоптрии. Она будет объективом вашего телескопа. Так как увеличение телескопа равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра, то для последнего надо взять сильную лупу с возможно меньшим фокусным расстоянием. Для этой цели вполне годятся лупы, употребляемые часовщиками. Можно достать и другие линзы, но следует помнить, что их фокусное расстояние не должно превышать 10 сантиметров, так как иначе телескоп будет увеличивать слишком мало. Для окуляра

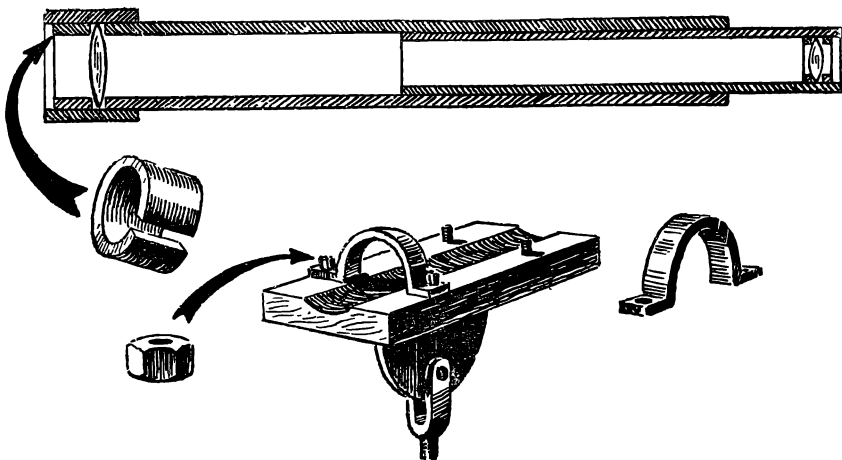


Рис. 95. Устройство самодельного телескопа.

пригоднее всего линзы с фокусным расстоянием в 3—5 сантиметров.

Объектив и окуляр телескопа надо укрепить в трубе, называемой *тубусом*. Тубус может быть изготовлен из плотной бумаги или картона, причем его внутреннюю часть, во избежание рассеяния света, желательно зачернить тушью. Поперечник тубуса должен быть равен диаметру объектива (рис. 95). Чтобы укрепить объектив, на объективный конец тубуса надевают трубку с несколько большим диаметром, а вставленный внутрь ее объектив прижимают картонным кольцом.

Окуляр укрепляется в специальной окулярной трубке, которая плотно входит в ту трубку, где находится объектив. Надо сделать так, чтобы наблюдатель мог свободно передвигать окулярную трубку, добиваясь резкости изображения, и в то же время чтобы она не болталась в объективной трубе телескопа и не вываливалась бы из нее.

Как крепится окуляр, ясно из рисунка 95. На окулярный конец телескопа желательно надеть колпачок с круглым вырезом диаметром 5—6 миллиметров, — «окулярным зрачком». Телескоп готов, но чтобы вести с ним астрономические наблюдения, необходимо его укрепить на какой-нибудь подставке.

Самая простая подставка — это треножник из трех связанных палок (рис. 96). Положив между ними телескоп и двигая палки, можно наводить телескоп на различные участки неба. Конечно, такой «штатив» малоудобен. Попробуйте сделать другой, более сложный, но в то же время и более удобный шта-

тив. Предлагаем два варианта. Первый из них — неподвижный штатив (рис. 97), основная часть которого врыта в землю. Второй штатив — переносный, напоминающий фотографический (рис. 98).

Возможны, конечно, и другие конструкции штатива. Юному читателю предлагается самому сделать такой штатив, который наиболее ему доступен. Надо только твердо помнить, что любой штатив должен позволять телескопу двигаться в двух направлениях — горизонтальном и вертикальном, а также быть устойчивым и освободить телескоп от тряски и неожиданных перемещений. Телескоп, направленный на небесное светило, должен в этот момент быть неподвижным.

Что же можно увидеть в самодельный телескоп, увеличивающий в 20—30 раз?

Во-первых, такому телескопу доступно все то же, что и биноклю. Правда, при первых же наблюдениях с самодельным телескопом сразу выявятся и некоторые его недостатки. Поле зрения самодельного телескопа значительно меньше, чем у бинокля, а потому наводить такой телескоп на интересующий вас предмет гораздо труднее, чем бинокль. Из-за большого фокусного расстояния объектива телескопа и его небольших размеров яркость изображений, даваемых телескопом, заметно меньше, чем при наблюдениях в бинокль. Кроме того, из-за многих искажений (аббераций), вносимых и объективом и окуляром, изображения светил в самодельный телескоп кажутся несколько размытыми, окрашенными в радужные цвета, а иногда (как, например, звезды на краю поля зрения) имеющими кометообразные хвосты. Вот почему в самодельный телескоп очень трудно наблюдать туманности и шаровые звездные скопления.

И все-таки, несмотря на все недостатки, самодельный телескоп в одном отношении лучше бинокля — увеличение, даваемое им, гораздо больше.

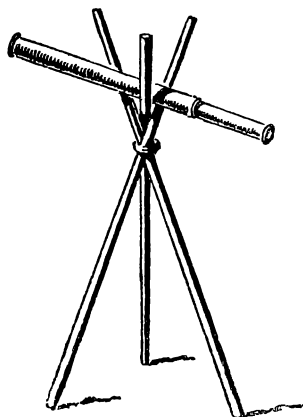


Рис. 96. Простейший штатив для самодельного телескопа.

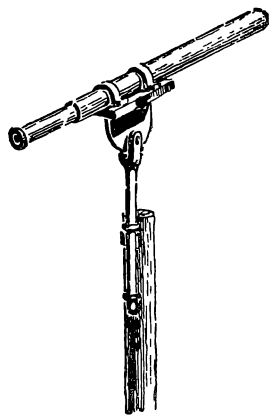


Рис. 97. Неподвижный штатив для телескопа, укрепляющийся в земле.

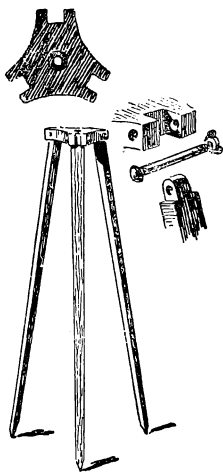


Рис. 98. Переносный штатив для телескопа.

Благодаря этому в самодельный телескоп можно увидеть многое такое, что биноклю недоступно. Прежде всего, на Солнце будет видно гораздо больше пятен, чем в бинокль. Кроме того, удастся рассмотреть строение наиболее крупных из них (рис. 99). Оказывается, каждое достаточно крупное солнечное пятно состоит из темной центральной части, называемой тенью, и окружающей ее более светлой каймы — полутени.

Когда вы обнаружите на Солнце крупное пятно, попробуйте на отдельном рисунке в журнале наблюдений изобразить его строение (форму тени и полутени, черноту отдельных частей пятна и пр.). Проведя такие наблюдения в течение ряда дней, вы собственными глазами убедитесь, как быстро изменяются солнечные пятна, какие грандиозные движения совершаются на поверхности Солнца.

Кстати сказать, если «тень» солнечного пятна — это воронка того газового вихря, который образует пятно, то края этой воронки мы воспринимаем как «полутень».

Несколько солнечных пятен, находящихся в непосредственной близости друг от друга, образуют группу пятен. Астрономы условились и одиночное пятно также считать «группой». Наблюдения Солнца с помощью самодельного телескопа дадут вам возможность установить, сколько пятен в данный день видно на Солнце и сколько групп они образуют. Допустим, что число пятен равно f , а число групп g . Тогда можно вычислить так называемое число Вольфа, которое характеризует общую площадь, занятую пятнами. Это число W равно сумме удесятеренного числа групп и общего числа пятен, то-есть

$$W = 10g + f.$$

Определение для каждого дня числа Вольфа имеет научное значение. Поэтому копию сделанных вами наблюдений присылайте по адресу: Москва, п/я 1268. ВАГО.

На краю Солнца, вблизи пятен, удастся иногда рассмотреть так называемые факелы. Это светлые образования на поверхности Солнца, внешне несколько напоминающие язычки пламени. На самом деле солнечные факелы представляют собой особенно горячие и наиболее высокие облака ослепительной солнечной поверхности — фотосферы.

Еще раз особо напоминаем, что Солнце можно наблюдать

только с защитным темным стеклом. Удобно также пользоваться специальным экраном, прикрепленным к телескопу. Конструкция этого легко изготавливаемого дополнения к телескопу хорошо видна на рисунке 99.

Изображение Солнца на экране в разных своих частях неодинаково ярко — края его заметно тусклее, чем середина. Это явление есть следствие шарообразности Солнца. Иногда удается заметить, что вся солнечная поверхность состоит из каких-то дрожащих светящихся зерен — «гранул». Гранулы представляют собой верхушки раскаленных газовых струй, бьющих из недр Солнца на его поверхность.

Как видите, телескоп позволяет рассмотреть достаточно подробно строение поверхностного слоя Солнца — фотосферы. Если вам посчастливится наблюдать полное солнечное затмение, направьте телескоп или бинокль на полностью затмившееся Солнце. Вы увидите гораздо лучше, чем невооруженным глазом, солнечную хромосферу, протуберанцы, корону, то-есть, иначе говоря, все части солнечной атмосферы.

Не меньшие подробности видны в самодельный телескоп на Луне. Вам станут доступными все крупнейшие лунные кратеры, в центре которых (например, кратеров Коперник, Теофил, Альфонс и др.) иногда удастся различить центральные горки — когда-то действовавшие лунные вулканы. С помощью лунной карты и телескопа подробно изучите лунную поверхность.

Навести самодельный телескоп на Солнце или Луну — дело сравнительно простое. Гораздо труднее научиться наводить его на звезды. Лучше всего для этой цели, смотря вдоль поверхности телескопа, нацелить его возможно точнее на интересующую вас звезду, после чего посмотреть в окулярный зрачок телескопа. Если все же звезда еще не поймана, слегка подвигайте телескоп в разные стороны, смотря в него. Когда в поле зрения появится та звезда, которую вы ищете, остановите телескоп. Чтобы получить нужную сноровку в обращении с телескопом, попрактикуйтесь днем, наводя телескоп на какие-нибудь далекие земные предметы.

Из-за небольшого поля

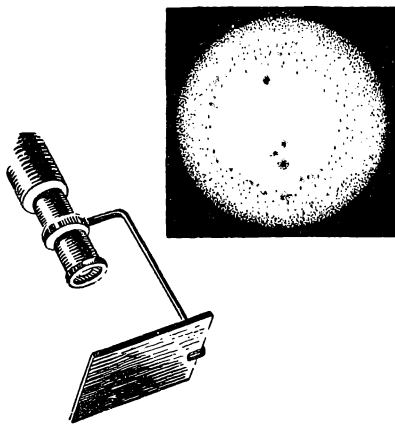


Рис. 99. Наблюдение солнечных пятен на экране.

зрения и небольшой яркости даваемых изображений самодельный телескоп малопригоден для наблюдений переменных звезд, звездных скоплений и туманностей. Все же попытайтесь увидеть в него те туманности и звездные скопления, которые были доступны биноклю. Одно из звездных скоплений в телескоп покажется особенно красивым — это Хи и Аш (χh) Персея. Если при наблюдениях с биноклем вам не удалось разделить его на отдельные звезды, то в телескоп вы увидите мелкую звездную россыпь на черном фоне неба.

Очень красивы некоторые из двойных звезд, которые можно наблюдать с помощью самодельного телескопа (см. стр. 200). Это, во-первых, звезда β Лебеда, имеющая, кроме общего обозначения, еще и собственное имя — Альбиро. Она состоит из двух звезд 3,0 и 5,3 величины, расстояние между которыми равно 34". Замечательна окраска обеих звезд — главная из них золотисто-желтая, а спутник яркоголубой. Альбиро — самая красивая из ярких двойных звезд. Действительное расстояние между составляющими ее звездами огромно — оно близко к 600 миллиардам километров. При таком удалении от главной звезды ее голубой спутник обращается вокруг нее с периодом около 240 тысяч лет.

Вторая, также очень красивая двойная звезда является главной в созвездии Гончих Псов. Она состоит из двух солнц желтого и лилового оттенка. С Земли они кажутся звездами 3,2 и 5,7 величины, находящимися на расстоянии 20" друг от друга. В действительности их разделяет почти 125 миллиардов километров. За все время наблюдений спутник α Гончих Псов не сместился по отношению к главной звезде, что, впрочем, неудивительно, так как период обращения в этой системе близок к 24 тысячам лет.

Наконец, направьте телескоп на уже знакомый вам Мицар. В поле зрения вы увидите Алькор, значительно более далекий от Мицара, чем это кажется невооруженному глазу. Но самое удивительное, что сам Мицар, в свою очередь, оказывается двойной звездой. Спутник его, такого же белого цвета, как и сам Мицар, является звездой 4-й величины и отстоит от него на 14,"5, что соответствует действительному расстоянию в 52 миллиарда километров.

Вы убедились, что Мицар является тройной звездой, и если Алькор обращается вокруг Мицара с периодом в 2 миллиона лет, то его гораздо более близкий спутник имеет и значительно меньший период обращения — всего около 6000 лет. С помощью специальных приборов еще в 1889 году было обнаружено, что Мицар имеет еще одного спутника, настолько близкого, что ни в один телескоп его рассмотреть не удастся. Он отстоит от Мицара на расстоянии, почти равном в среднем

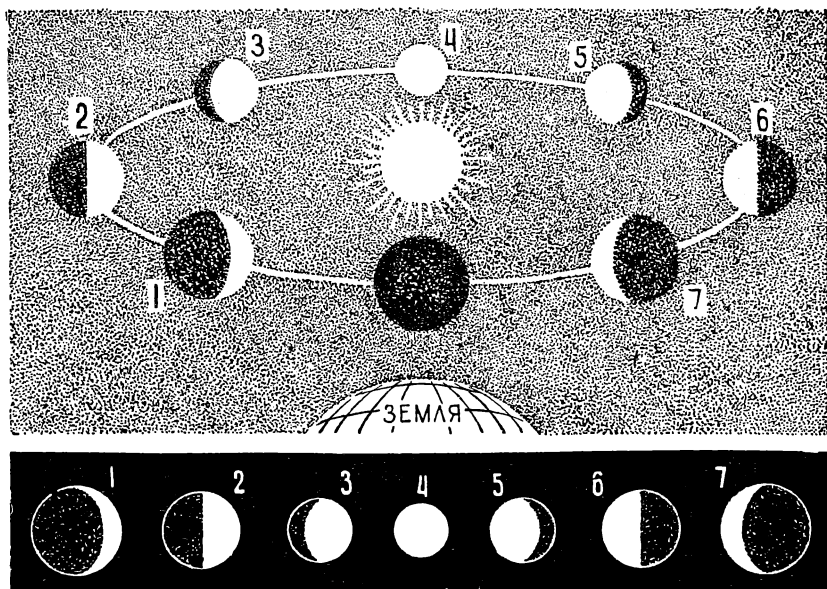


Рис. 100. Объяснение смены фаз планеты Венеры.

20 миллионам километров, и имеет период обращения всего в $20\frac{1}{2}$ дней!

Вот вам еще пример системы из четырех солнц, связанных взаимным тяготением!

Если в мире звезд с помощью самодельного телескопа не откроешь ничего принципиально нового, то, наблюдая в него планеты, мы увидим многое такое, что невооруженному глазу и биноклю было недоступно. Во-первых, все планеты, видимые невооруженным глазом как светящиеся звездообразные точки, в телескоп представляются маленькими кружочками — дисками. Во-вторых, в телескоп заметны некоторые особенности внешнего вида и строения Венеры, Юпитера и Сатурна.

При обращении вокруг Солнца Венера меняет свои фазы. Вызвано это тем, что освещенное полушарие Венеры в различных ее положениях видно с Земли по-разному (рис. 100). В телескоп Венера похожа на маленькую Луну — как и наш спутник, она непрерывно, хотя и более медленно, меняет свои фазы. Есть, однако, существенное отличие лунных фаз от фаз Венеры. Луна обращается вокруг Земли по почти круговой орбите. Ее расстояние от нас почти не меняется, а потому и видимые размеры Луны в любых ее фазах одинаковы. Иное мы видим у Венеры (рис. 100). Удаленность ее от Земли непрерыв-

но меняется, а из-за этого меняются и видимые размеры Венеры. Когда Венера видна как серпик, размеры ее наибольшие, и, наоборот, когда фаза становится наибольшей, видимые размеры Венеры сильно уменьшаются.

На поверхности Венеры даже с помощью наиболее совершенных телескопов трудно различить какие-нибудь детали. Вызвано это тем, что наша соседка в мировом пространстве, почти равная по размерам Земле, имеет густую облачную атмосферу. Вот эти-то облака и скрывают от нас поверхность планеты.

Пронаблюдав в телескоп фазы Венеры, зарисуйте ее внешний вид в журнале наблюдений, отметив, как всегда, дату и момент наблюдения. Продолжая такие наблюдения в течение многих недель, вы заметите, как меняются фазы Венеры.

Планета Юпитер кажется в телескоп слегка сплюснутой, что объясняется ее быстрым вращением вокруг оси. Сутки на Юпитере самые короткие в солнечной системе — они длятся всего 9 часов 55 минут. Рядом с Юпитером хорошо заметны его четыре главнейших спутника, четыре луны. Их взаимные расположения, или конфигурации, даются в специальных таблицах астрономических справочников и календарей.¹ Зарисуйте расположение спутников по отношению к Юпитеру и следите в последующие ночи, как они будут двигаться вокруг Юпитера. Не всегда все четыре спутника видны одновременно. Некоторые из них проходят перед Юпитером, другие скрываются за его диском и в такие моменты их не увидишь.

Как ни удивительна картина Юпитера с его четырьмя спутниками, представляющими маленькое подобие солнечной системы, но, направив телескоп на Сатурн, вы обнаружите нечто еще более поразительное. Сатурн окружен тонким плоским кольцом. Установлено, что кольцо Сатурна — это рой множества отдельных камней, глыб, напоминающих метеориты. Все эти миллиарды крошечных «лун» обращаются вокруг Сатурна в одной плоскости, отражают солнечные лучи и кажутся с Земли сплошным ярким кольцом.

И сам Сатурн, и его кольцо — огромны (рис. 101). Наш земной шар мог бы катиться по кольцу (если бы оно было сплошным и твердым), как яблоко по садовой дорожке. В разные годы кольцо Сатурна по отношению к земному наблюдателю занимает различные положения. Иногда оно поворачивается к нам ребром, и тогда рассмотреть его удастся лишь в самые мощные телескопы. В периоды же наибольшего раскрытия кольцо легко наблюдать даже в несовершенный самодельный телескоп. В таких случаях пусть в вашем журнале по-

¹ См., например, «Астрономический календарь» на данный год.

явится несколько рисунков Сатурна с его замечательным кольцом.

К сожалению, наиболее интересная из планет — Марс при наблюдении в самодельный телескоп кажется лишь крошечным оранжево-красным кружочком без каких-либо подробностей. Чтобы увидеть «моря» и полярные шапки Марса, а тем более его знаменитые «каналы», необходим гораздо более крупный и совершенный телескоп.

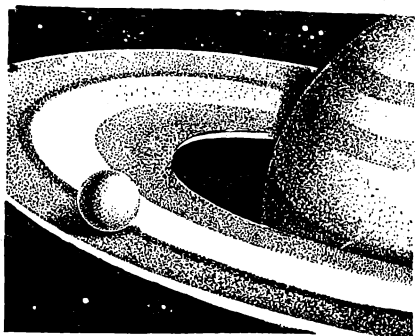


Рис. 10i. Сравнительные размеры земного шара и кольца Сатурна.

В этой книге рассказано о том, что каждый может собственными глазами увидеть на небе. Мы сознательно избегали говорить о вещах, которые читатель не в состоянии проверить собственными наблюдениями. Перед вашими глазами раскрылся необычный мир, бесконечная вселенная с ее бесчисленным множеством солнц, планет и других небесных тел. То, что вы узнали и увидели, — это только ничтожная часть тех фактов и тех знаний, которыми располагает современная астрономия. Если вы хотите продолжить изучение вселенной, посмотреть на небо не в самодельный, а в настоящий телескоп, а может быть, даже решите сами сделаться настоящим астрономом, прочитайте последнюю, заключительную главу этой книги. В ней рассказано о том,

Как стать астрономом

Астроном, как и любой другой специалист, должен хорошо знать свою специальность. Общеобразовательная подготовка дается средней школой, а специализация в области астрономии достигается за пять лет обучения на астрономических отделениях государственных университетов.

Средняя школа, затем физико-математический или механико-математический факультет какого-нибудь из университетов — таков обычный путь тех, кто выбрал своей специальностью астрономию. Поэтому первая задача, стоящая перед юным астрономом, — это успешное окончание средней школы и поступление в университет. С астрономией тесно связаны физика и математика. Кто не любит этих наук, кому они кажутся скучными и неинтересными, тот пусть лучше и не мечтает стать настоящим астрономом.

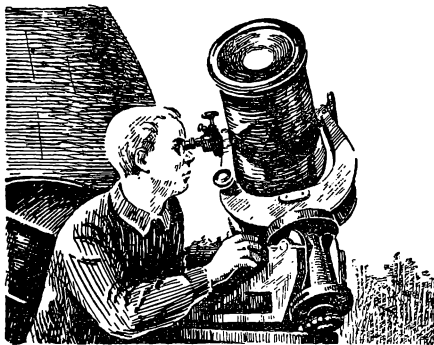


Рис. 102. Юный астроном из астрономического кружка Московского планетария за наблюдениями.

Астроном — это научный работник, он должен быть всесторонне образованным человеком, а отсюда следует, что и все другие предметы, изучаемые в школе, для него полезны и важны.

Очень хорошо, если юный астроном будет самостоятельно читать доступные ему книги по астрономии, и не только читать, но и стараться собственными глазами увидеть на небе то, что описано в книге.

В Приложении (стр. 184) дан список книг, прочтя ко-

торые вы сможете пополнить свое астрономическое образование. Однако одного теоретического образования недостаточно. В книге М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя» (Гостехиздат, 1950 г.) вы найдете указания, как собственными силами изготовить крупный и совершенный телескоп, а из книг П. Г. Куликовского «Справочник астронома-любителя» и В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» вы узнаете о таких наблюдениях, которые введут вас в лабораторию настоящих научных исследований и принесут пользу науке.

Лучше работать не в одиночку, а коллективно. Организуйте в своей школе астрономический кружок и под руководством учителя физики или астрономии займитесь систематическим изучением вселенной. Возможно, что в физическом кабинете вашей школы найдется настоящий телескоп, тогда работа вашего кружка станет особенно интересной. Примерная программа занятий кружка дана в Приложении (стр. 202).

По всем вопросам, связанным с организацией кружка и его работой, вы всегда можете получить совет и помощь в Московском планетарии (Москва, К-1, Садово-Кудринская, д. 5). В самом Планетарии для московских школьников уже более двух десятилетий работают астрономические кружки. Кружковцы наблюдают в крупные телескопы небесные тела, изучают устройство теодолита, секстанта и других инструментов. Освоение их ведется в порядке организованного обучения — изучается теория инструмента, проводятся пробные с ним наблюдения, и наконец кружковец освоивший инструмент, сдает руководителю кружка экзамен на право пользования этим инструментом.

Наблюдения на настоящей обсерватории Планетария, обсу-

ждение их результатов на ежегодных научных конференциях кружка, участие в научных экспедициях по наблюдению солнечных затмений и многое другое — такова яркая, содержательная жизнь астрономических кружков Планетария — замечательного молодежного научного коллектива.

Неудивительно, что многие из бывших кружковцев Московского планетария ныне, получив специальное астрономическое образование, стали полноценными, настоящими астрономами.

Ну, а как быть тем из читателей, которые, полюбив астрономию, все же не захотят или не смогут сделать ее своей основной специальностью?

Путь в науку открыт для каждого. Можно, не будучи специалистом-астрономом, достичь таких познаний и такого практического мастерства в этой науке, при которых, оставаясь специалистом в другой области, вполне возможно принести большую пользу астрономии. В истории астрономии, например, наравне с крупнейшими астрономами-специалистами упоминаются и многие астрономы-любители. Так, один из основателей современной звездной астрономии, знаменитый английский астроном Вильям Гершель, был по профессии полковым трубачом. Немецкий конторщик Фридрих Бессель прославился, как один из величайших математиков и астрономов. Имя французского ювелира Камилла Фламариона вошло в историю астрономии как имя одного из наиболее талантливых популяризаторов науки о небе. Наконец, русский крестьянин Федор Семенов самостоятельно вычислил наступление всех предстоящих до 2000 года солнечных затмений, а также еще в 1832 году впервые в истории астрономии высказал догадку о распаде комет на метеорные потоки.

Астрономия доступна для всех. Чем больше труда и усердия вы вложите в ее изучение, чем больше и искуснее вы станете изучать небо, тем величественнее и прекраснее предстанет перед вами вселенная. А главное и самое приятное — это сознавать, что своим скромным трудом вы помогаете человечеству познавать природу и строить счастливую жизнь на нашей планете Земле.

ПРИЛОЖЕНИЕ

I. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Книги общего характера

- Баев К. Л. и Шишаков В. А. — Начатки мироведения, Гостехиздат, М., 1954.
Воронцов-Вельяминов Б. А. — Очерки о вселенной, Гостехиздат, М., 1955.
Ивановский М. П. — Дороги к звездам, «Молодая гвардия», М., 1950.
Ивановский М. П. — Разведка далеких миров, Детгиз, М., 1951.
Ивановский М. П. — Рождение миров, «Молодая гвардия», М., 1951.
Ивановский М. П. — Солнце и его семья, Детгиз, М., 1954.
Перельман Я. И. — Занимательная астрономия, Гостехиздат, М., 1952.
Полак И. Ф. — Общедоступная астрономия, Гостехиздат, М., 1944.
Фламмарин К. — Популярная астрономия, Детгиз, М., 1939.

Руководства для самостоятельных наблюдений

- Мамаев Г. — После уроков, «Молодая гвардия», М., 1950.
Куликовский П. Г. — Справочник астронома-любителя, Гостехиздат, М., 1953.
Навашин М. С. — Самодельный телескоп-рефлектор, Гостехиздат, М., 1953.
Набоков М. Н. — Астрономические наблюдения с биноклем, Гостехиздат, М., 1948.
Цесевич В. П. — Что и как наблюдать на небе, Гостехиздат, М., 1950.
Школьный астрономический календарь (издается ежегодно Учпедгизом).
Астрономический календарь (издается ежегодно Гостехиздатом).
Ленгауэр Г. Г. — Карманный атлас звездного неба, Учпедгиз, М., 1949.
Михайлов А. А. — Звездный атлас, Гостехиздат, М., 1952.
Вселенная, сборник статей, Госкультпросветиздат, М., 1955.

История астрономии

- Баев К. Л. — Создатели новой астрономии, Учпедгиз, М., 1948.
Берри А. — Краткая история астрономии, Гостехиздат, М., 1946.
Баев К. Л. и Шишаков В. А. — Творцы астрономии, ОНТИ, М., 1936.
Гурев Г. А. — Система мира, «Московский рабочий», М., 1950.
Зигель Ф. Ю. — Выдающийся русский астроном Ф. А. Бредихин, «Знание», М., 1953.
Куницкий Р. В. — Развитие взглядов на строение солнечной системы, Гостехиздат, М., 1952.
Перель Ю. Г. — Выдающиеся русские астрономы, Гостехиздат, М., 1951.

Солнце и солнечная система

- Шаронов В. В. — Солнце и его наблюдение, Гостехиздат, М., 1953.
Эйгенсон М. С. — Книга о Солнце, Детгиз, М., 1948.
Тер-Оганезов В. Т. — Солнечные и лунные затмения, Госкультпросветиздат, М., 1952.
Баев К. Л. и Шишаков В. А. — Луна, АН СССР, М., 1941.

Бублейников Ф. Д. — Строение и состав Земли, Воениздат, М., 1950.

Бублейников Ф. Д. — Очерк развития представлений о Земле, АН СССР, М., 1955.

Зигель Ф. Ю. — Загадка Марса, Детгиз, М., 1952.

Сытинская Н. И. — Есть ли жизнь на небесных телах, АН СССР, М., 1949.

Тихов Г. А. — Астробиология, «Молодая гвардия», М., 1953.

Зигель Ф. Ю. — Хвостатые звезды, «Молодая гвардия», М., 1948.

Зигель Ф. Ю. — Небесные камни, Детгиз, М., 1951.

Кринов Е. Л. — Планеты-карлики, АН СССР, М., 1952.

Орлов С. В. — Природа комет, Гостехиздат, М., 1944.

Зигель Ф. Ю. — Кометы, Гостехиздат, М., 1955.

Мир звезд и происхождение небесных тел

Воронцов-Вельяминов Б. А. — Строение вселенной, Детгиз, М., 1951.

Паренаго П. П. — Мир звезд, АН СССР, М., 1951.

Паренаго П. П. — Строение вселенной, Госкультпросветиздат, М., 1949.

Кукаркин Б. В. и Паренаго П. П. — Переменные звезды и способы их наблюдения, Гостехиздат, М., 1948.

Воронцов-Вельяминов Б. А. — Происхождение небесных тел, Гостехиздат, М., 1954.

Ивановский М. П. — Рождение миров, «Молодая гвардия», М., 1951.

Левин Б. Ю. — Происхождение Земли и планет, «Правда», М., 1950.

II. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α — альфа	η — эта	ν — ню	τ — тау
β — бета	θ — тета	ξ — кси	υ — ипсилон
γ — гамма	ι — иота	ο — омикрон	φ — фи
δ — дельта	χ — каппа	π — пи	χ — хи
ε — эпсилон	λ — лямбда	ρ — ро	ψ — пси
ζ — дзета	μ — мю	σ — сигма	ω — омега

III. ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

При первоначальном знакомстве со звездным небом большую помощь может оказать подвижная карта звездного неба (см. стр. 209, 211). Она состоит из двух частей — собственно звездной карты и накладного круга.

На карте изображена большая часть звездного неба (до склонения -45°) и отмечены звезды до 4-й звездной величины включительно. Центр карты совпадает с северным полюсом мира и приближенно с Полярной звездой. На карту нанесена сетка экваториальных координат, причем по окружности карты помечены прямые восхождения (например, 1^h , 2^h , 3^h и т. д.), а на прямой, соединяющей центр карты с делением 0^h прямого восхождения — склонения (-45° , -30° , 0° и т. д.). Кроме того, на карте изображена эклиптика в виде эксцентричной окружности, пересекающей небесный экватор. Наконец, по самому краю карты нанесены названия месяцев и деления, соответствующие 5, 10, 15, 20 и 30 числам каждого месяца.

Накладной круг имеет на своей границе деления, соответствующие часам суток и их долям. Для того чтобы можно было пользоваться накладным кругом, внутри него делают вырез по линии, на которой нанесена географическая широта места наблюдения. Так, например, для

наблюдений в Москве надо сделать вырез по линии, на которой написано 55° (широта Москвы $55^\circ 45'$), для наблюдений в Ленинграде (широта около 60°) по линии, на которой написано 60° , и т. д.

Вырежьте ножницами карту и накладной круг (с отверстием), а затем то и другое для большей прочности наклейте на картон. Клеить лучше мучным клеем, а не гуммиарабиком, от которого бумага желтеет.

Пользоваться картой надо так. Допустим, нас интересует вид звездного неба в Москве 5 сентября в 21 час. Для этого совмещаем накладной круг с картой так, чтобы деление «21 час» на накладном круге совпало с делением «5 сентября» на границе карты. При таком положении в отверстие накладного круга видно звездное небо для интересующего нас момента времени. Необходимо запомнить, что в центре отверстия накладного круга видны созвездия, проходящие через зенит, а границы этого отверстия соответствуют горизонту. Буквы Ю, З, С, В на накладном круге соответствуют сторонам горизонта — югу, западу, северу и востоку. Прямая, соединяющая юг с севером на накладном круге, — это небесный меридиан.

Для рассматриваемого примера расположение звезд таково: близко от зенита видны созвездия Лебедя и Лиры, на западе склоняется к закату Волопас, на востоке поднимаются созвездия Овен и Рыбы, а в южной части неба, примерно на полпути между зенитом и точкой юга, кульминирует созвездие Орла.

Подобным образом можно найти расположение созвездий по отношению к горизонту и для любого другого момента времени. После того как найдено созвездие, можно приступить к наблюдению отдельных его звезд.

IV. СПИСОК ПОЛНЫХ СОЛНЕЧНЫХ И ЛУННЫХ ЗАТМЕНИЙ, ВИДИМЫХ В СССР С 1957 по 2000 год

Солнечные затмения

Год	Число и месяц	Где будет видно полное затмение
1961	15 февраля	Франция, Италия, Венгрия, СССР
1968	22 сентября	Арктика, Сибирь, Китай
1972	10 июля	Северо-Восточная Азия, Канада
1981	31 июля	Тихий Океан, Сибирь
1990	22 июля	Финляндия, северная Сибирь
1997	9 марта	Восточная Сибирь

Лунные затмения

Год	Число и месяц	Год	Число и месяц	Год	Число и месяц
1957	14 мая	1978	24 марта	1989	20 февраля
1957	7 ноября	1978	16 сентября	1990	9 февраля
1964	19 декабря	1982	9 января	1992	10 декабря
1971	6 августа	1985	4 мая	1996	4 апреля
1974	29 ноября	1985	28 октября	1996	27 сентября
1975	19 ноября	1986	17 октября	1997	16 сентября

У. ТАБЛИЦА ОСНОВНЫХ СВЕДЕНИЙ О ДВАДЦАТИ НАИБОЛЕЕ ЯРКИХ ЗВЕЗДАХ

Наименование	Обозначение в созвездии	Экваториальные координаты для 1954 года		Звездная величина	Цвет	Расстояние в световых годах	Диаметр в сравнении с Солнечным
		α	δ				
Сириус	α Большого Пса	6 ч. 43,0 м.	— 16° 39'	— 1,6	Бело-голубой . . .	8,7	1,2
Канопус	α Киля	6 ч. 23,0 м.	— 52° 40'	0,9	Желто-белый . . .	180	40
Альфа Центавра	α Центавра	14 ч. 36,5 м.	— 60° 39'	+ 0,3	Желтый	4,3	1,2
Bega	α Лиры	18 ч. 35,4 м.	+ 38° 44'	0,1	Бело-голубой . . .	26,5	2,0
Капелла	α Возничего	5 ч. 13,3 м.	+ 45° 57'	0,2	Желтый	45	16
Арктур	α Волопаса	14 ч. 13,4 м.	+ 19° 25'	0,2	Оранжевый	36	27
Ригель	β Ориона	5 ч. 12,3 м.	— 8° 15'	0,3	Белый	650	17
Процион	α Малого Пса	7 ч. 36,9 м.	+ 5° 21'	0,5	Белый	11,3	1,4
Ахернар	α Эридана	1 ч. 36,0 м.	— 57° 28'	0,6	Голубой	140	2,5
Бета Центавра	β Центавра	14 ч. 00,6 м.	— 60° 09'	0,9	Голубой	200	2,3
Альтаир	α Орла	19 ч. 48,5 м.	+ 8° 45'	0,9	Белый	16,5	1,0
Бетельгейзе	α Ориона	5 ч. 52,7 м.	+ 7° 24'	0,9	Красный	650	400
Альфа Креста	α Креста	12 ч. 24,0 м.	— 62° 51'	1,4	Голубой	220	1,9
Альдебаран	α Тельца	4 ч. 33,3 м.	+ 16° 25'	1,1	Красный	68	38
Поллукс	β Близнецов	7 ч. 42,5 м.	+ 28° 08'	1,2	Оранжево-желтый	35	8,3
Спика	α Девы	13 ч. 22,7 м.	— 10° 55'	1,2	Голубой	160	1,5
Антарес	α Скорпиона	16 ч. 26,6 м.	— 26° 20'	1,2	Красный	170	300
Фомальгаут	α Южной Рыбы	22 ч. 55,1 м.	— 29° 52'	1,3	Белый	23	1,2
Денеб	α Лебедя	20 ч. 39,9 м.	+ 45° 07'	1,3	Белый	540	19
Регул	α Льва	10 ч. 05,9 м.	+ 12° 12'	1,3	Белый	84	1,4

VI. ШИРОТЫ И ДОЛГОТЫ ГОРОДОВ СССР

(от Гринвича)

Наименование города	Широта	Долгота час. мин.	Пояс	Наименование города	Широта	Долгота час. мин.	Пояс
Алма-Ата	43° 16'	5 7,8	V	Москва	55° 45'	2 30,3	II
Архангельск	64 34	2 42,1	II	Мурманск	66 59	2 12,2	II
Астрахань	46 21	3 12,1	III	Николаевск-			
Ашхабад	37 45	3 53,6	IV	на-Амуре	53 08	9 22,9	IX
Баку	40 21	3 19,4	III	Новгород	58 31	2 5,1	II
Благовещенск	50 15	8 30,1	IX	Новосибирск	55 01	5 31,6	VI
Вильнюс	54 41	1 41,1	II	Новочеркасск	47 25	2 40,4	II
Витебск	55 10	2 0,8	II	Одесса	46 29	2 3,0	II
Владивосток	43 07	8 47,5	IX	Омск	54 59	4 53,5	V
Владимир	56 08	2 41,6	II	Орджоникидзе	43 02	2 58,7	III
Вологда	58 13	2 39,5	II	Орел	52 58	2 24,3	II
Воронеж	51 39	2 36,8	II	Пенза	53 11	3 0,1	III
Горький	56 20	2 56,0	III	Петрозаводск	61 47	2 17,6	II
Днепропетровск	48 28	2 20,3	II	Петропавловск-			
Енисейск	58 27	6 8,8	VI	Камчатский	53 00	10 34,9	XI
Ереван	40 14	2 58,0	III	Полтава	49 35	2 18,3	II
Житомир	50 15	1 54,7	II	Псков	57 49	1 53,3	II
Иваново	57 00	2 43,9	II	Рига	56 58	1 36,5	II
Иркутск	52 16	6 57,1	VII	Ростов-			
Казань	55 48	3 16,5	III	на-Дону	47 13	2 38,9	II
Калинин	56 52	2 23,6	II	Рязань	54 38	2 39,0	II
Калининград	54 42	1 22,0	II	Самарканд	39 39	4 27,9	IV
Калуга	54 31	2 25,0	II	Саратов	51 32	3 4,3	III
Каменец-				Свердловск	56 49	4 2,4	IV
Подольск	48 40	1 46,3	II	Севастополь	44 37	2 14,1	II
Киев	50 27	2 2,0	II	Семипалатинск	50 24	5 20,4	VI
Киров	58 36	3 18,7	III	Симферополь	44 57	2 16,4	II
Кишинев	47 02	1 55,3	II	Смоленск	54 46	2 08,2	II
Краснодар	45 03	2 35,9	III	Сталинабад	38 33	4 35,0	V
Красноярск	56 01	6 11,4	VI	Сталинград	48 42	2 58,1	III
Куйбышев	53 11	3 20,4	III	Таллин	59 26	1 39,0	II
Курск	51 44	2 24,8	II	Тамбов	52 44	2 45,8	III
Кутаиси	42 15	2 50,8	III	Ташкент	41 20	4 37,2	V
Ленинград	59 57	2 1,0	II	Тбилиси	41 42	2 59,3	III
Львов	49 49	1 36,1	II	Тобольск	58 12	4 33,1	V
Минск	53 54	1 50,3	II	Томск	56 30	5 39,8	VI
Могилев	53 54	2 1,3	II	Тула	54 12	2 30,5	II
Молотов	58° 00'	3 45,1	VI	Ульяновск	54 19	3 13,6	III

Наименование города	Широта	Долгота час. мин.	Пояс	Наименование города	Широта	Долгота час. мин.	Пояс
Уральск	51° 12'	3 25,4	III	Чернигов	51° 29'	2 5,2	II
Уфа	54 43	3 43,8	IV	Чита	52 01	7 34,0	VIII
Фрунзе	42 53	4 58,5	V	Чкалов	51 47	3 40,4	IV
Хабаровск	48 28	9 0,2	IX	Якутск	62 02	8 39,0	VIII
Харьков	50 00	2 24,6	II	Ярославль	57 38	2 39,5	II
Херсон	46 38	2 10,5	II				

VII. СВЕДЕНИЯ О ВИДИМОСТИ ВЕНЕРЫ, МАРСА, ЮПИТЕРА И САТУРНА В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ

Весна 1956 года

Венера — вечерняя звезда (очень хорошая видимость).

Марс — по утрам в юго-восточной части неба.

Юпитер — по вечерам и ночью в созвездии Льва (хорошая видимость).

Сатурн — ночью в созвездии Весов (хорошая видимость).

Лето 1956 года

Венера — в июне нижнее соединение, с июля утренняя звезда.

Марс — ночью в созвездии Водолея, яркость очень большая.

Юпитер — не виден.

Сатурн — по вечерам в созвездии Весов.

Осень 1956 года

Венера — утренняя звезда (хорошая видимость).

Марс — по вечерам и ночью в созвездии Водолея, яркость очень большая.

10 сентября великое противостояние, наименьшее расстояние от Земли
56,5 миллиона километров (хорошая видимость).

Юпитер — с октября по утрам в западной части созвездия Девы.

Сатурн — не виден.

Зима 1956/57 года

Венера — до середины января в лучах утренней зари в юго-восточной части неба.

Марс — по вечерам в созвездиях Рыб и Овна

Юпитер — во вторую половину ночи в созвездии Девы.

Сатурн — с января по утрам в созвездии Скорпиона.

Весна 1957 года

Венера — не видна.

Марс — в лучах вечерней зари в северо-западной части неба.

Юпитер — по вечерам и ночью в западной части созвездия Девы
(хорошая видимость).

Сатурн — ночью в созвездии Скорпиона (хорошая видимость).

Лето 1957 года

Венера — не видна.

Марс — не виден.

Юпитер — до августа в начале вечера с западной части неба.

Сатурн — по вечерам в созвездии Скорпиона.

Осень 1957 года

Венера — в лучах вечерней зари.

Марс — с ноября в лучах утренней зари в юго-восточной части неба.

Юпитер — не виден.

Сатурн — в сентябре в лучах вечерней зари в юго-западной части неба.

Зима 1957/58 года

Венера — в декабре и первой половине января — вечерняя звезда, в феврале — утренняя звезда.

Марс — в лучах утренней зари в юго-восточной части неба.

Юпитер — по утрам в восточной части созвездия Девы.

Сатурн — с середины января в лучах утренней зари в юго-восточной части неба.

Весна 1958 года

Венера — в лучах утренней зари, с апреля только в южных широтах СССР.

Марс — в лучах утренней зари в восточной части неба.

Юпитер — ночью в созвездии Девы (хорошая видимость).

Сатурн — во вторую половину ночи в южной части созвездия Змееносца.

Лето 1958 года

Венера — утренняя звезда, до июля только в южных широтах СССР.

Марс — во вторую половину ночи в созвездиях Рыб и Овна.

Юпитер — по вечерам в созвездии Девы.

Сатурн — ночью в южной части созвездия Змееносца.

Осень 1958 года

Венера — до октября утренняя звезда.

Марс — по вечерам и ночью около границы созвездий Овна и Тельца (хорошая видимость).

Юпитер — не виден.

Сатурн — в лучах вечерней зари в юго-западной части неба.

Зима 1958/59 года

Венера — до конца января вечерняя звезда.

Марс — по вечерам и ночью в созвездиях Овна и Тельца (хорошая видимость).

Юпитер — по утрам в созвездии Весов.

Сатурн — не виден.

Подробные сведения о видимости планет на данный год можно найти в «Школьном астрономическом календаре».

VIII. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О ПЛАНЕТАХ

Наименование планеты	Период обращения вокруг Солнца (в годах)	Промежутки времени между противостояниями (в сутках)	Среднее рас- стояние от Солнца		Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты к эклиптике	Масса (Земля — 1)	Плотность г/см ³	Экваториаль- ный диаметр		Ожидание	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Число известных спутников
			В астрономиче- ских единицах	В миллионах километров					Земля — 1	В километрах				
Меркурий	0,241	116	0,387	58	0,206	7°	0,04	3,8	0,39	5 000	—	88 суток	0°	—
Венера	0,615	584	0,728	108	0,007	3°	0,81	4,9	0,97	12 400	—	30 суток?	—	—
Земля	1,000	—	1,000	150	0,017	—	1,00	5,5	1,00	12 742	$\frac{1}{298}$	23 ч. 56 м. 4 с.	23° 27'	1
Марс	1,881	780	1,524	228	0,093	2°	0,11	4,0	0,53	6 770	$\frac{1}{192}$	24 ч. 37 м. 23 с.	25° 10'	2
Юпитер	11,86	399	5,203	778	0,048	1°	316,9	1,3	10,95	139 560	$\frac{1}{16}$	9 ч. 55 м.	3° 6'	12
Сатурн	29,46	378	9,539	1425	0,056	2°	94,9	0,7	9,02	115 110	$\frac{1}{10}$	10 ч. 14 м.	26° 45'	9
Уран	84,01	370	19,19	2868	0,047	1°	14,66	1,3	4,00	51 000	$\frac{1}{18}$	10 ч. 42 м.	98°	5
Нептун	164,7	368	30,07	4494	0,099	2°	17,16	1,6	3,92	50 000	$\frac{1}{50}$	15 ч. 48 м.	29°	2
Плутон	248,9	367	39,58	5915	0,247	17°	1 ?	?	0,45	6 000	?	?	?	—

IX. ТАБЛИЦА ГЛАВНЕЙШИХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

Название потока	Даты максимума его действия	Координаты радианта		Созвездие, в котором находится радиант
		α	δ	
Квадрантиды	3 января	15 ч. 24 м.	+ 52°	Волопас
Лириды	22 апреля	18 ч. 06 м.	+ 34°	Лира
η Аквариды	4 мая	22 ч. 20 м.	— 1°	Водолей
β Кассиопейды	27 июля	23 ч. 44 м.	+ 60°	Кассиопея
δ Аквариды	28 июля	22 ч. 40 м.	— 14°	Водолей
Персеиды	12 августа	3 ч. 10 м.	+ 58°	Персей
Ориониды	22 октября	6 ч. 18 м.	+ 15°	Орион
Леониды	16 ноября	10 ч. 06 м.	+ 22°	Лев
Гемениды	12 декабря	7 ч. 20 м.	+ 33°	Близнецы
Урсиды	22 декабря	15 ч. 32 м.	+ 83°	Малая Медведица

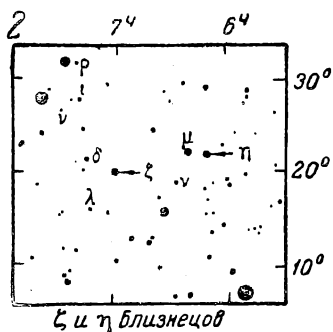
Х. ДАННЫЕ О НЕКОТОРЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗДАХ¹, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ И В БИНОКЛЬ

Название	Наибольший блеск	Наименьший блеск	Период	Тип
ζ Близнецов	3,7	4,1	10,2	Цефеида
η Орла	3,7	4,4	7,2	"
δ Цефея	3,6	4,3	5,4	"
RT Возничего	5,0	5,8	3,7	"
W Близнецов	6,5	7,1	7,9	"
S Стрелы	5,4	6,1	8,4	"
T Лисички	5,4	6,2	4,4	"
β Персея	2,2	3,5	2,9	Затменная
β Лиры	3,4	4,3	12,9	"
ρ Персея	3,3	4,1	—	Неправильная
η Близнецов	3,2	4,2	—	"
α Геркулеса	3,1	3,9	—	"
μ Цефея	3,6	4,8	—	"
g Геркулеса	4,4	5,6	—	"
α Ориона	0,4	1,1	—	"
o Кита	3,4	9,3	331,5	Долгопериодическая
χ Лебеда	4,9	13,3	406,7	"

¹ Блеск звезд указан в звездных величинах, а период его изменения в сутках.

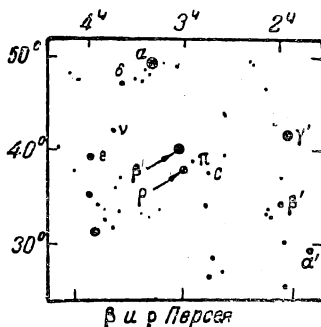
ХІ. ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕМЕННЫХ, УКАЗАННЫХ В ТАБЛИЦЕ X

Ниже приводятся звездные величины звезд сравнения, изображенных на отдельных карточках.



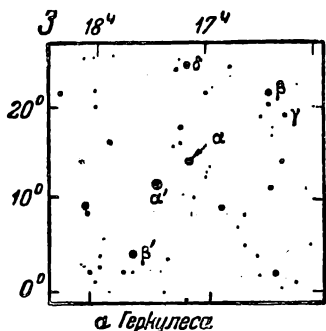
1) ζ и η Близнецов

μ 3,18	ν 4,06
δ 3,51	ρ 4,18
λ 3,65	υ 4,22
ι 3,89	ι 4,30



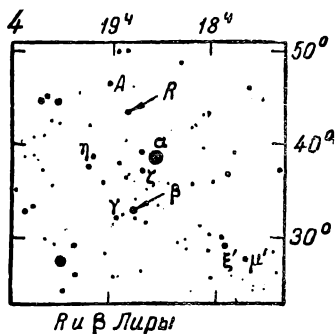
2) β и ρ Персея

α 1,90	α' 3,68
γ' 2,20	ν 3,93
ε 2,96	с 4,27
β' 3,08	π 4,62



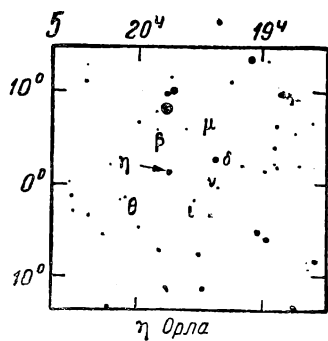
3) α Геркулеса

α' 2,14
β 2,81
β' 2,94
δ 3,16
γ 3,79



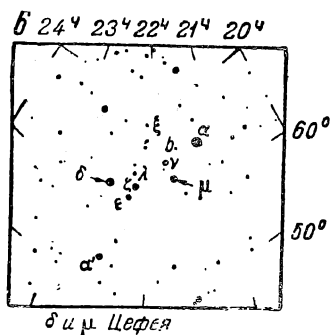
4) R и β Лиры

γ 3,30
μ' 3,48
ξ' 3,82
ξ 4,06
η 4,46
A 5,06



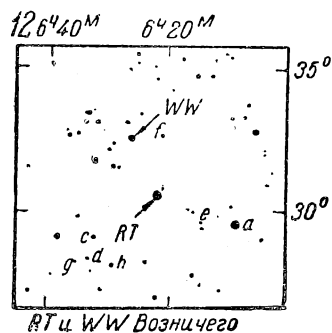
5) η Орла

θ 3,37	ι 4,28
δ 3,44	μ 4,65
β 3,90	γ 4,86



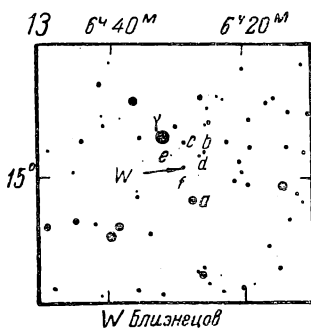
6) δ и μ Цереры

ζ 3,62	ε 4,40
α' 3,85	ν 4,46
ε 4,23	б 4,89



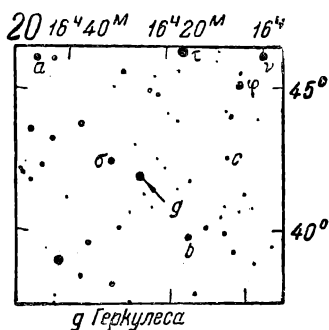
7) RT и WW Возничего

a 4,45	e 6,27
b 5,05	f 6,43
c 5,54	g 6,54
d 5,84	



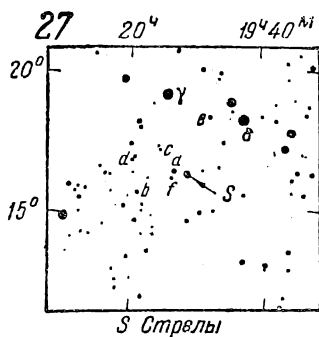
8) W Близнецов

a 5,61	d 7,13
b 6,37	e 7,13
c 6,67	f 7,44



9) *g* Геркулеса

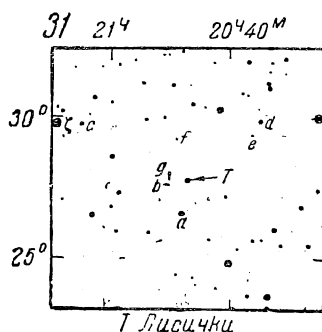
v 4,64	b 5,54
a 4,86	c 6,01



S Стрелы

10) *S* Стрелы

$> a$ 5,38	d 5,89
$> b$ 5,47	$> e$ 6,29
c 5,56	f 6,81



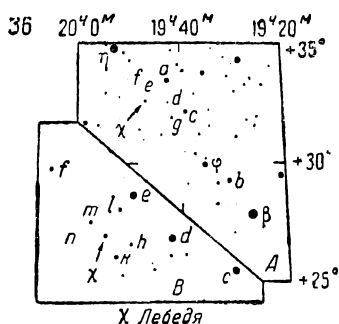
T Лисички

11) *T* Лисички

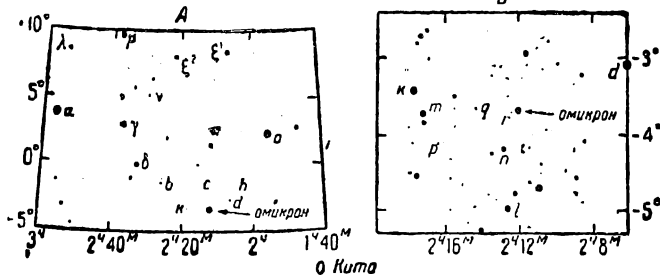
a 4,76	$> e$ 6,09
b 5,24	f 6,40
c 5,57	$> g$ 6,44
d 5,86	

12) χ Лебедя

$> \beta$ 3,09	$> c$ 5,89	$> h$ 7,62
$> \eta$ 4,03	$> d$ 6,18	$> k$ 8,03
$> \varphi$ 4,79	$> e$ 6,35	$> l$ 8,33
$> a$ 5,03	$> f$ 6,90	$> m$ 8,73
$> b$ 5,42	$> g$ 7,28	n 9,04



χ Лебедя



13) о Кита

α 2,82	ξ^2 4,34	ν 5,02	h 6,04	n 8,08
γ 3,58	ξ^1 4,54	b 5,53	k 6,30	p 8,62
a 3,94	μ 4,36	c 5,62	l 6,55	q 8,84
δ 4,04	λ 4,69	d 5,72	m 7,26	r 9,19

14) α Ориона

Сириус — 1,6	Ригель 0,3	Альдебаран 1,1	Беллетрик
Капелла 0,2	Процион 0,5	Поллукс 1,2	(γ Ориона) 1,7

XII. ЦВЕТА И ТЕМПЕРАТУРЫ НЕКОТОРЫХ ЯРКИХ ЗВЕЗД

Для того чтобы лучше различить цвет перечисленных ниже звезд, желательно наблюдать их в бинокль.

Название	Цвет	Температура
λ Ориона	Бело-голубой	25 000
γ Ориона	"	18 000
β Тельца	"	12 000
η Большой Медведицы	"	10 600
ϵ Большой Медведицы	Белый	9 400
α Андромеды	"	8 900
α Цефея	"	8 200
α Змееносца	Бело-желтый	7 600
α Малой Медведицы	Желтоватый	7 000
η Пегаса	Желтый	6 000
ϵ Лебеда	"	5 000
δ Андромеды	Оранжевый	4 500
ϵ Пегаса	"	4 500
α Овна	"	4 500
β Андромеды	Красный	3 500
α Геркулеса	"	3 000
β Пегаса	"	3 000
μ Цефея	Темнокрасный	2 500

XIII. ЛУННЫЕ КОЛЬЦЕВЫЕ ГОРЫ (кратеры)

Карта Луны с изображением горных хребтов и кратеров дана на стр. 204. В графе „Квадрат“ обозначен квадрат, внутри которого на карте надо искать кратер с данным номером.

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
1	Ньютон	b1	23	Лонгомонтан	b1	45	Вюрцельбауэр	b1
2	Шорт	b1	24	Шиллер	c1	46	Гаурик	b1
3	Симпелиус	b1	25	Фоцилид	c1	47	Хэлл	b1
4	Манцинус	b1	26	Варгентин	c1	48	Вальтер	b1
5	Моретус	b1	27	Ингирами	c1	49	Нониус	b1
6	Грумбергер	b1	28	Шиккард	c1	50	Риччи	a1
7	Казатус	b1	29	Вильгельм	b1	51	Рейта	a1
8	Клапрот	b1	30	Тихо	b1	52	Фурнерий	a1
9	Вилсон	b1	31	Соссюр	b1	53	Стевин	a1
10	Кирхер	b1	32	Штофлер	b1	54	Газе	a1
11	Беттинус	b1	33	Мавролий	b1	55	Снеллиус	a1
12	Бланканус	b1	34	Бароций	b1	56	Рейхенбах	a1
13	Клавий	b1	35	Фабриций	a1	57	Неандр	a1
14	Шейнер	b1	36	Меций	a1	58	Пикколомини	a1
15	Цухиус	c1	37	Фернелий	b1	59	Понтан	b1
16	Сегнер	c1	38	Хензиус	b1	60	Пуассон	b1
17	Бэкон	b1	39	Хайнзель	c1	61	Алиацензис	b1
18	Неарх	b1	40	Бувар	c1	62	Вернер	b1
19	Влакк	a1	41	Пиаци	c1	63	Питат	b1
20	Хоммель	b1	42	Рамсден	c1	64	Гезиод	b1
21	Лицетий	b1	43	Капуан	c1	65	Меркатор	c1
22	Магинус	b1	44	Цих	b1	66	Вителло	c1

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
67	Фурье	c1	95	Катарина	a2	123	Ганстин	c2
68	Лагранж	c1	96	Кирилл	a2	124	Дамуазо	c2
69	Виета	c1	97	Теофил	a2	125	Гримальди	c2
70	Доппельмайер	c1	98	Колумб	a2	126	Флэмстид	c2
71	Кампанус	c1	99	Венделин	a2	127	Ландсберг	c2
72	Кис	b1	100	Лангрэн	a2	128	Мостинг	b2
73	Пурбах	b1	101	Гоклен	a2	129	Деламбер	b2
74	Лакайль	b1	102	Гуттенберг	a2	130	Тэйлор	b2
75	Плейфер	b1	103	Капелла	a2	131	Мессье	a2
76	Азофи	b1	104	Изидор	a2	132	Маскелайн	a2
77	Сакробоско	b1	105	Кант	a2	133	Сабин	a2
78	Фракастор	a1	106	Декарт	b2	134	Риттер	b2
79	Сантбек	a1	107	Абуль Вэфа	b2	135	Годин	b2
80	Петавий	a1	108	Парро	b2	136	Зоммеринг	b2
81	Гумбольдт	a1	109	Альбатений	b2	137	Шрётер	b2
82	Полибий	a1	110	Альфонс	b2	138	Гамбар	b2
83	Гебер	b2	111	Птолемей	b2	139	Рейнгольд	c2
84	Арзахель	b2	112	Гершель	b2	140	Энке	c2
85	Тебит	b1	113	Дэви	b2	141	Гевелий	c2
86	Буллияльд	c1	114	Герике	b2	142	Риччиоли	c2
87	Гиппал	c1	115	Пэрри	b2	143	Лорманн	c2
88	Кавендиш	c1	116	Бонплан	b2	144	Кавалериус	c2
89	Мерсений	c1	117	Реомюр	b2	145	Рейнер	c2
90	Гассенди	c2	118	Лаланд	b2	146	Кеплер	c2
91	Любинецкий	c2	119	Гиппарх	b2	147	Коперник	c2
92	Альпетрагий	b2	120	Летрон	c2	148	Бодэ	b2
93	Эри	b2	121	Билли	c2	149	Паллас	b2
94	Аль Манун	b2	122	Фонтана	c2	150	Триснеккер	b2

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
151	Агриппа	b2	178	Битей	b3	205	Бюрг	a3
152	Араго	a2	179	Жансен	a2	206	Эгеде	b3
153	Тарунций	a2	180	Витрувий	a2	207	Франклин	a3
154	Шуберт	a2	181	Маральди	a2	208	Евдокс	b3
155	Аполлоний	a2	182	Макробий	a3	209	Аристотель	b3
156	Фирминик	a2	183	Клеомед	a3	210	Платон	b3
157	Зильбершлаг	b2	184	Ремер	a3	211	Леверье	b3
158	Гигинус	b2	185	Литтров	a2	212	Геликон	b3
159	Укерт	b2	186	Посидоний	a3	213	Мопертюи	b3
160	Боскович	b2	187	Геминус	a3	214	Кондамин	b3
161	Росс	a2	188	Бессель	b3	215	Бианчини	c3
162	Прокл	a2	189	Автолик	b3	216	Шарп	c3
163	Пиккар	a2	190	Аристилл	b3	217	Мейран	c3
164	Кондорсе	a2	191	Архимед	b3	218	Герард	c3
165	Плиний	a2	192	Тимохарис	b3	219	Репсольд	c3
166	Менелай	b2	193	Ламберт	b3	220	Пифагор	c3
167	Манилий	b2	194	Диофант	b3	221	Фонтенель	b3
168	Эратосфен	b2	195	Делиль	c3	222	Эпигений	b3
169	Гей-Люссак	c2	196	Бригг	c3	223	Архитас	b3
170	Майер	c2	197	Лихтенберг	c3	224	Гертнер	b3
171	Марий	c2	198	Тететус	c3	225	Фалес	a3
172	Ольберс	c2	199	Калипп	b3	226	Страбон	a3
173	Краффт	c2	200	Кассини	b3	227	Эндимион	a3
174	Селевк	c3	201	Гаусс	b3	228	Атлас	a3
175	Геродот	c3	202	Мессала	a3	229	Геркулес	a3
176	Аристарх	c3	203	Масон	a3	A	Мостинг А	b2
177	Эйлер	c3	204	Плана	a3	D	„Прямая стена„	b1

На карте Луны (стр. 204) каждый миллиметр соответствует приблизительно 33 километрам. Таким образом, измерив линейкой какую-нибудь деталь карты в миллиметрах, можно легко найти ее размеры в километрах.

**XIV. СПИСОК НЕКОТОРЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД,
ДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ НЕООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ,
В БИНОКЛЬ И ТЕЛЕСКОП**

Звезда	Угловое расстояние	Б л е с к		Ц в е т		Примечание
		Глав- ной звезды	Спут- ника	Главной звезды	Спутника	
γ Малой Мед- ведицы	57'00"	3,0	5,8	Белый	Желтый	Мицар и Алькор
β Стрельца	22'00"	2,9	4,5	"	"	
ω Скорпиона	14'00"	4,5	4,5	"	Белый	
δ Лиры	12'30"	4,5	5,5	Желтый	Голубой	
ξ Большой Медведицы	12'00"	2,4	5,0	Белый	Белый	
μ Скорпиона	08'00"	3,6	3,9	"	"	
α Козерога	06,16"	3,6	4,5	Желтый	Желтый	
γ Малого Коня	06'06"	4,5	6,0	Белый	Голубова- тый	Тройная
θ Тельца	05'37"	4,2	4,5	"	Желтый	
ξ Льва	05'19"	3,3	6,0	"	"	
α Весов	03'49"	3,0	6,0	Желтый	Зеленоватый	
ε Лиры	03'27"	4,5	5,1	Белый	Белый	
ο ² Лебеда	01'47"	4,5	5,5	Желтый	Голубой	
ν Дракона	01'02"	4,7	4,7	Желтова- тый	Белый	
ζ Лиры	00'44"	4,0	5,8	Желтый	Зеленый	Физическая пара
λ Овна	00'38"	5,0	7,0	Белый	Голубова- тый	
ι Волопаса	00'38"	4,5	7,5	"	"	
β Лебеда	00'34"	3,0	5,3	Желтый	Голубой	
ψ Дракона	00'31"	4,1	5,2	"	Лиловый	
κ Геркулеса	00'30"	5,0	6,0	"	Желтый	
ξ Рыб	00'24"	4,2	5,8	Белый	Краснова- тый	
θ Змеи	00'21"	4,4	5,0	Желтый	Желтый	Физическая пара
α Гончих Псов	00'20"	3,2	5,7	"	Лиловый	
Мицар	00'14,5"	2,4	4,0	Белый	Белый	
β Скорпиона	00'13"	2,5	5,5	"	Желтый	
γ Дельфина	00'11"	4,0	5,7	Желтый	Зеленый	
γ Андромеды	00'10"	2,2	6,0	Оранже- вый	Голубой	

XV. СПИСОК НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ И ТУМАННОСТЕЙ, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ В БИНОКЛЬ И САМОДЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП

Координаты (прямое восхождение α и склонение δ) указаны для 1900 года.

Созвездие	Координаты		Т и п	Диаметр (в мину- тах)	Общая яр- кость (в звездных величинах)	Расстояние (в световых годах)
	α	δ				

Звездные скопления

Персей	2 ч. 14 м.	+ 56°40'	Рассеянное	36'	4,5	4 300
Персей	2 ч. 36 м.	+ 42°21'	"	18'	5,5	1 500
Телец (Плеяды)	3 ч. 42 м.	+ 23°48'	"	120'	1,4	490
Близнецы	6 ч. 03 м.	+ 24°21'	"	40'	5,3	2 700
Большой Пес	6 ч. 43 м.	— 20°38'	"	30'	4,6	1 300
Рак (Ясли)	8 ч. 34 м.	+ 20°20'	"	90'	3,7	490
Геркулес	16 ч. 38 м.	+ 36°39'	Шаровое	10'	5,7	34 000
Геркулес	17 ч. 14 м.	+ 43°15'	"	8'	5,1	36 000
Пегас	21 ч. 25 м.	+ 11°44'	"	7'	6,0	43 000
Водолей	21 ч. 28 м.	— 1°16'	"	8'	6,3	45 000
Лебедь	21 ч. 29 м.	+ 47°59'	Рассеянное	30'	5,2	1 000

Туманности

Орион	5 ч. 30 м.	— 5°27'	Диффузная	60'	—	1 800
Стрелец	17 ч. 58 м.	— 24°23'	"	60'	—	3 600
Стрелец	18 ч. 15 м.	— 16°13'	"	45'	—	3 600
Лисичка	19 ч. 55 м.	+ 22°27'	Планетарная	8'	7,6	3 400
Андромеда	0 ч. 37 м.	+ 41°43'	Внегалактиче- ская	450 × 100	4,8	670 000
Треугольник	1 ч. 28 м.	30°09'	"	60 × 40	6,7	750 000
Большая Мед- ведица	9 ч. 47 м.	+ 69°32'	"	16 × 10	7,9	2 400 000
Гончие Псы	13 ч. 26 м.	+ 47°43'	"	12 × 6	8,1	3 000 000

XVI. ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ЗАНЯТИЙ АСТРОНОМИЧЕСКОГО КРУЖКА

Работа астрономического кружка должна выражаться главным образом в теоретических занятиях с докладами руководителя и членов кружка, в изготовлении самодельных приборов и, наконец, в проведении астрономических наблюдений. О том, как и что наблюдать на небе, подробно рассказано в этой книге. Ниже приводится примерная тематика занятий кружка.

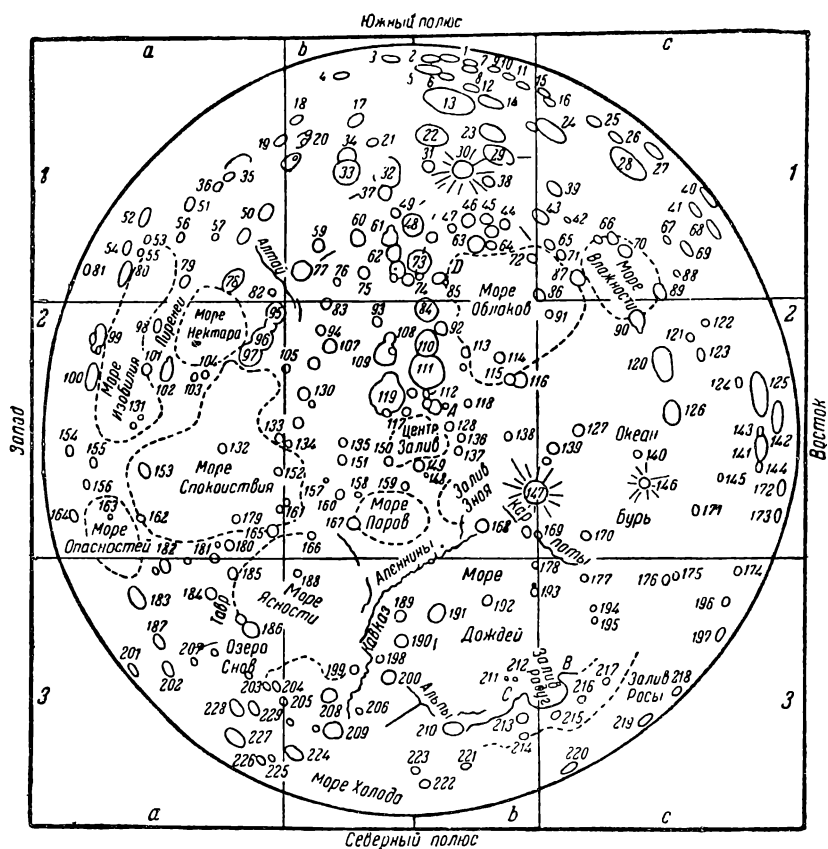
Кроме теоретических докладов, на занятиях кружка полезно регулярно заслушивать сообщения членов кружка об изготовленных ими приборах и проведенных наблюдениях.

Программа рассчитана на 40 занятий. Предполагается, что занятия кружка проводятся еженедельно в течение всего года, начиная с сентября, кроме летних, зимних, весенних каникул и периода экзаменов.

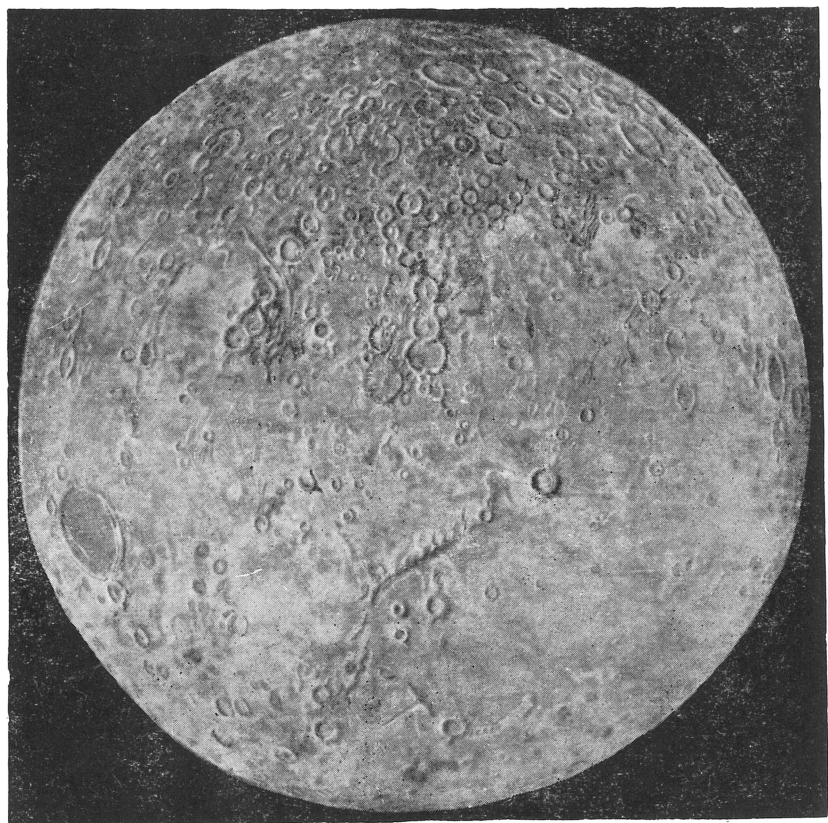
Номер занятия	Т е м а з а н я т и я
1	Что изучает астрономия (вводная беседа руководителя)
2	Роль наблюдений в астрономии
3	Что такое небо
4	Форма Земли по современным данным
5	Вращение Земли и кажущееся движение небесных светил
6	Как и чем измерять небо (угловые измерения на небе и приборы, необходимые для этого)
7	Астрономия древности
8	Николай Коперник и его учение
9	Телескопы, их устройство и действие
10	Великие борцы за научное мировоззрение — Джордано Бруно и Галилео Галилей
11	Законы движения планет
12	Земля как планета
13	Закон всемирного тяготения
14	М. В. Ломоносов и его работы в области астрономии
15	Межпланетные путешествия
16	Луч света как вестник далеких миров (понятие о методах астрофизики)
17	Луна и ее движение
18	Прогулка по Луне (физическая природа лунного мира)
19	Солнечные и лунные затмения
20	Природа Солнца
21	Солнце и жизнь Земли

Номер занятия	Тема занятия
22	Солнечная система (общий обзор)
23	Есть ли жизнь на других планетах?
24	Планеты-карлики (астероиды)
25	Небесные камни — метеориты
26	«Падающие звезды» и метеорные потоки
27	Природа комет
28	Масштабы вселенной (определение расстояний до небесных тел)
29	Солнце и звезды (сравнительная характеристика)
30	Переменные звезды
31	Двойные и кратные звезды
32	Звездные скопления
33	Туманности и межзвездное вещество
34	Наш звездный остров — Галактика
35	За пределами Млечного Пути (о других галактиках и метагалактиках)
36	Происхождение Земли и планет
37	Бесконечность и вечность вселенной
38	Роль русских ученых в изучении вселенной
39	Новости астрономии
40	Астрономия и строительство коммунизма

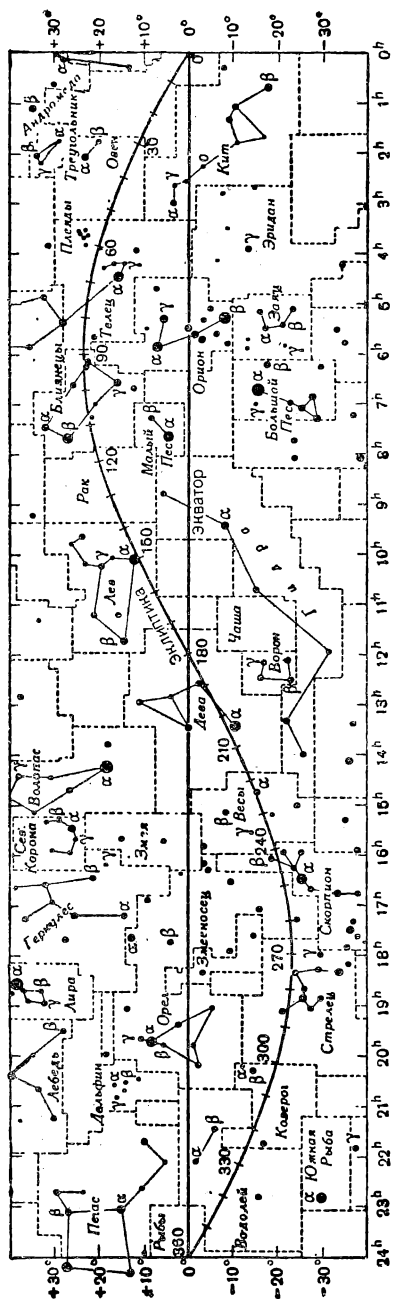
Подготовка к докладам может быть осуществлена по литературе, указанной на стр 184. Желательно, чтобы докладчики пользовались и другими книгами по астрономии, которые им удастся достать в библиотеке, магазинах или у товарищей. При подготовке к выступлению рекомендуется предварительно составить совместно с руководителем кружка подробный план доклада, а затем уже отбирать из прочитанных книг нужный материал, соответствующий этому плану.



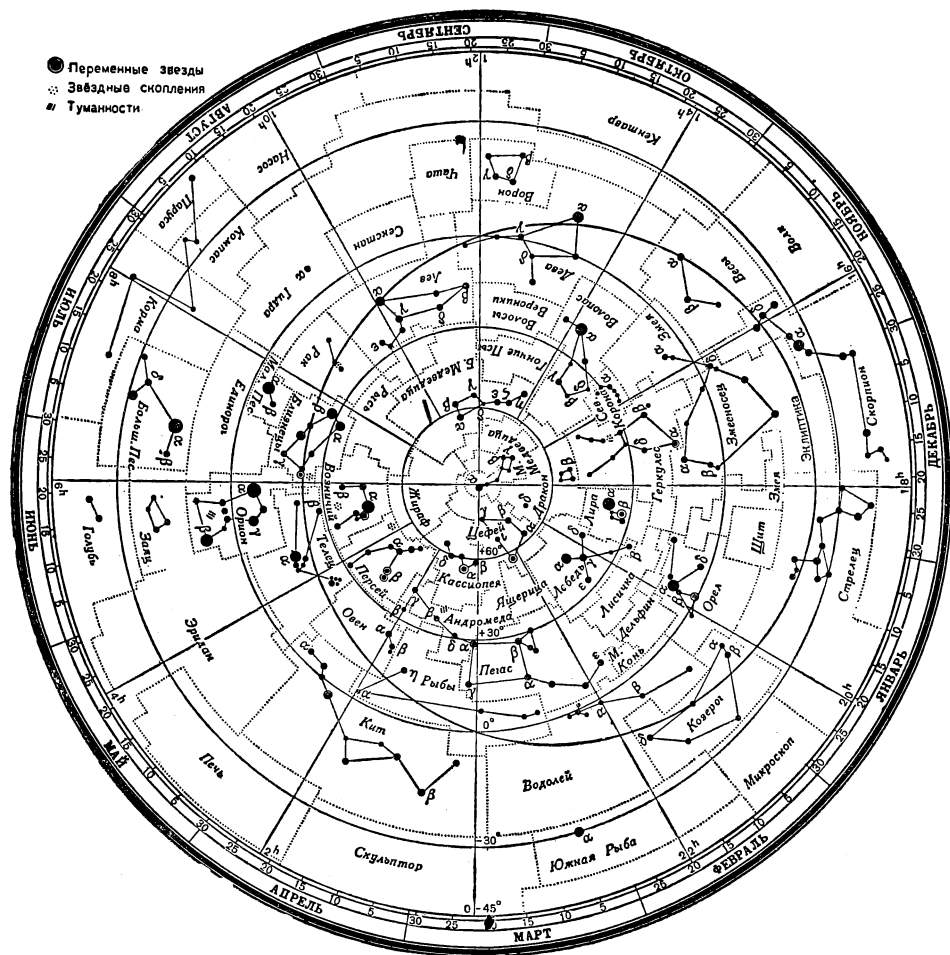
Карта Луны с обозначением деталей лунного рельефа, названия которых указаны на стр. 197—199.



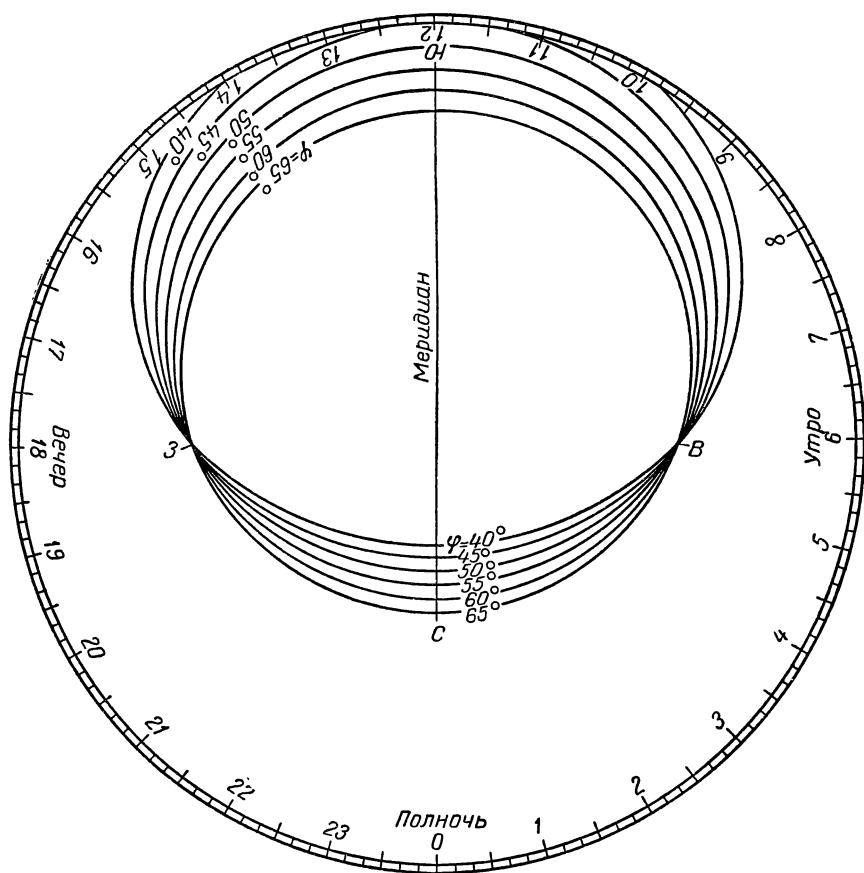
Рельефная карта Луны.



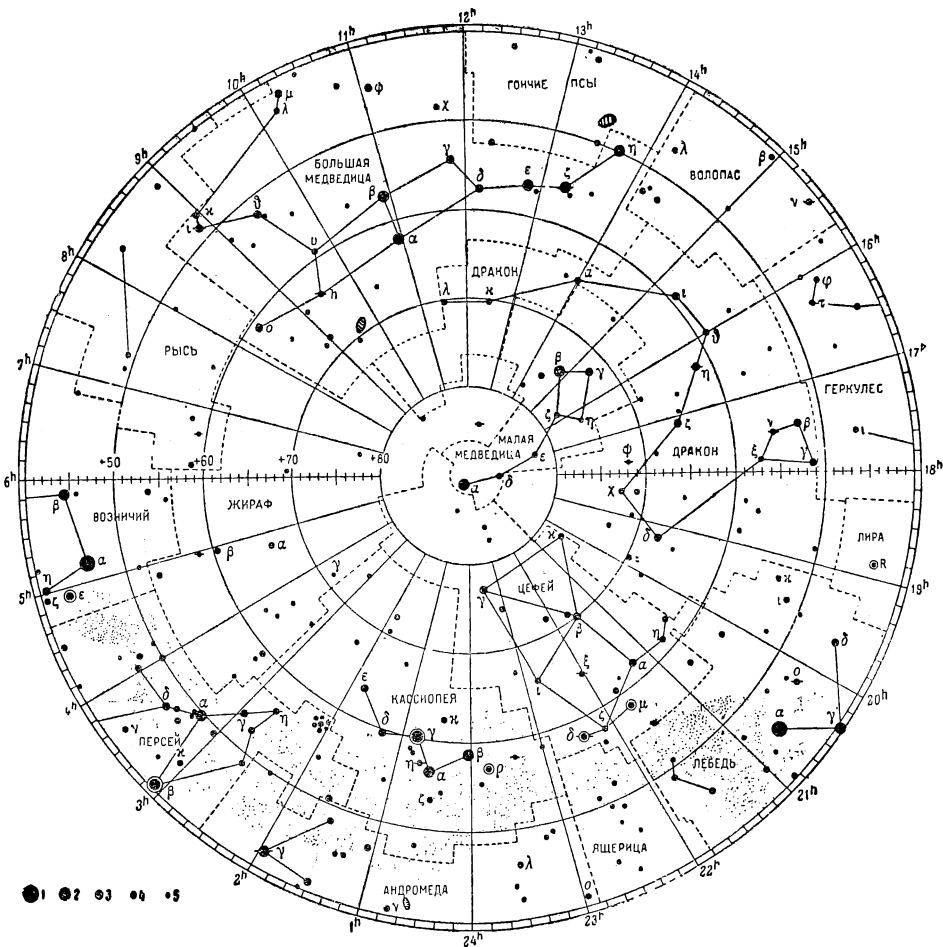
Карта экваториальной области звездного неба.



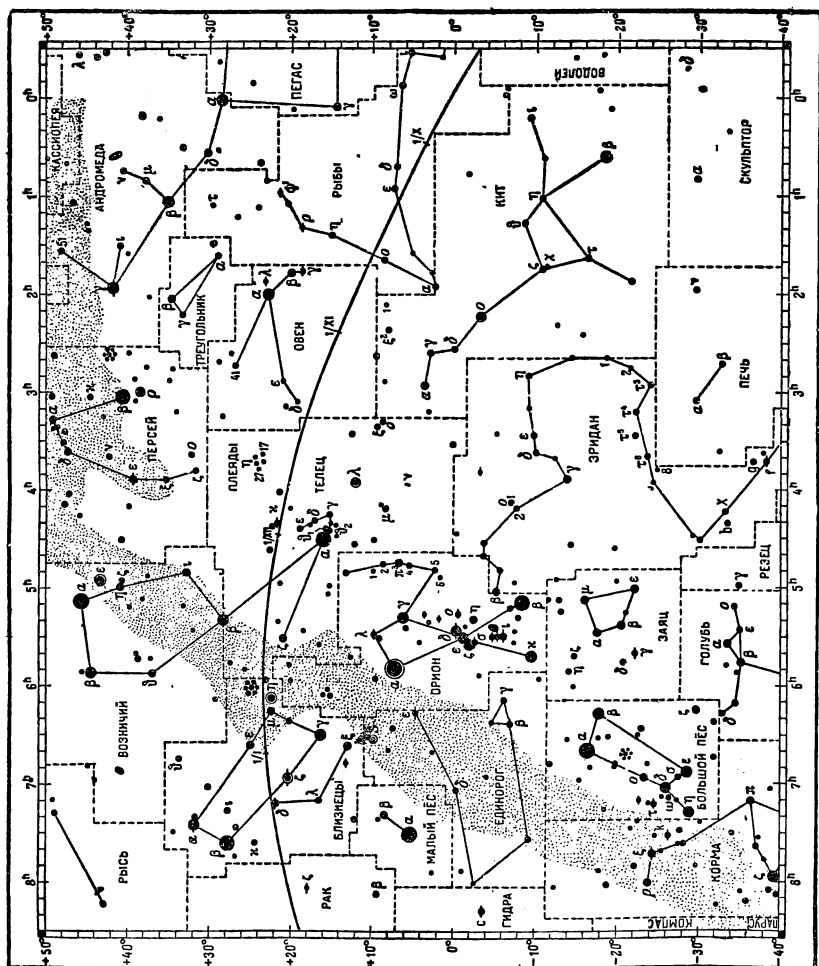
Подвижная карта звездного неба.



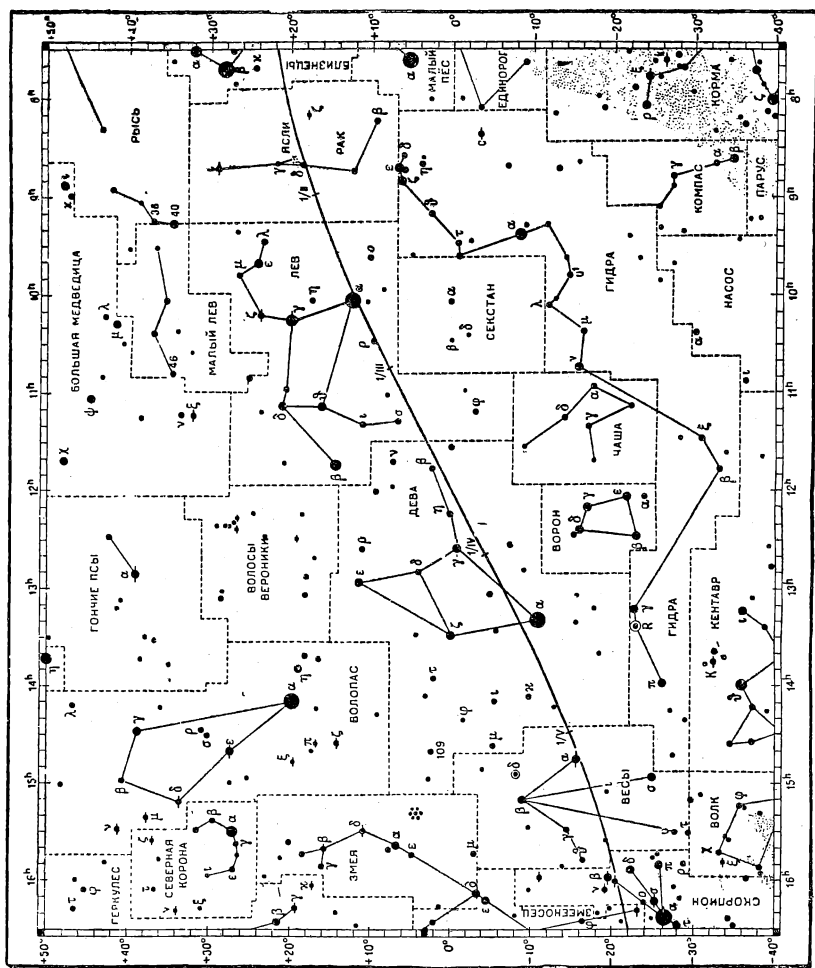
Накладной круг к подвижной карте звездного неба.



Звездная карта № 1 (околополярная область).

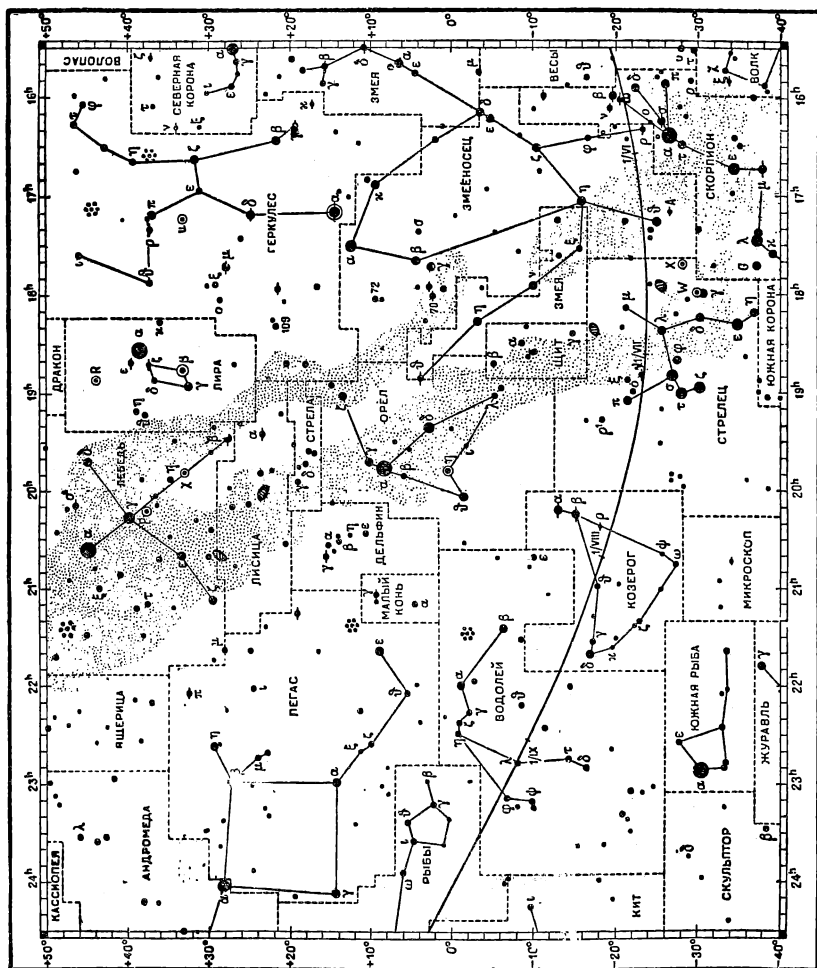


Звездная карта № 2 (южная часть вечернего зимнего неба).



● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

Звездная карта № 3 (южная часть вечернего весеннего неба).



● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

Звездная карта № 4 (южная часть вечернего летне-осеннего неба).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Удивительная профессия	3
Как мы видим	7
Что такое небо	17
Со дна воздушного океана	19
Солнце всходит и заходит	26
Небесные транспортеры	34
По стопам древних астрономов	42
Путешествие вокруг Земли	55
От видимого к истинному	62
Как измеряют время	72
Звездное небо в мифах и легендах	87
Спутник Земли	103
Блуждающие светила	113
Кометы и метеориты	123
В мире звезд	131
Бинокль и его история	156
Пятна на Солнце и горы на Луне	162
На пороге бесконечности	166
Самодельный телескоп	173
Как стать астрономом	181

Приложение

I. Список рекомендуемой литературы	184
II. Греческий алфавит	185
III. Подвижная карта звездного неба	185
IV. Список полных солнечных и лунных затмений, видимых в СССР с 1957 по 2000 год.	186
V. Таблица основных сведений о двадцати наиболее ярких звездах	187
VI. Широты и долготы городов СССР	188
VII. Сведения о видимости Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна в ближайшие годы	189

VIII. Основные данные о планетах	191
IX. Таблица главнейших метеорных потоков . .	192
X. Данные о некоторых переменных звездах, доступных для наблюдения невооруженным глазом и в бинокль	192
XI. Звездные величины звезд сравнения для переменных, указанных в таблице X	193
XII. Цвета и температуры некоторых ярких звезд.	196
XIII. Лунные кольцевые горы (кратеры)	197
XIV. Список некоторых двойных звезд, доступных для наблюдения невооруженным глазом, в бинокль и телескоп	200
XV. Список некоторых звездных скоплений и туманностей, доступных для наблюдения в бинокль и самодельный телескоп	201
XVI. Примерная программа занятий астрономического кружка	202
XVII. Карты	204

К ЧИТАТЕЛЯМ

*Издательство просит отзывы об этой
книге присылать по адресу: Москва,
Д-47, ул. Горького, 43. Дом детской
книги.*

Д л я с т а р ш е г о в о з р а с т а

Зигель Феликс Юрьевич

ЮНЫЙ АСТРОНОМ

Обложка

Е. КЫШТЫМОВА

Ответственный редактор *М. А. Зубков.*
Художественный редактор *Н. С. Яцкевич.*
Технический редактор *Н. В. Сучкова.*
Корректоры *Л. А. Кречетова* и *В. К. Мирингоф.*

Сдано в набор 1/VI 1956 г. Подписано к печати
12/X 1956 г. Формат бумаги $60 \times 92 \frac{1}{16}$ —14,5 печ. л.
(12,75 уч.-изд. л.). Тираж 50 000 экз. А12485.

Заказ № 414. Цена 5 р. 55 к.

Детгиз. Москва, М. Черкасский пер., 1.

2-я фабрика детской книги Детгиза Министерства
просвещения РСФСР. Ленинград, 2-я Советская, 7.

В 1956 году в Детгизе вышли в свет следующие научно-популярные книги по астрономии и астронавтике:

Гильзин К. ПУТЕШЕСТВИЕ К ДАЛЕКИМ МИРАМ. В книге рассказывается о межпланетных перелетах, их технической возможности и ближайшей задаче астронавтики — создании искусственных спутников Земли.

Голосницкий Л. ЖИЗНЬ НА ДРУГИХ МИРАХ. Серия «Школьная библиотека». Небольшая по объему книжка посвящена новой науке — астробиологии, занимающейся изучением жизни на Марсе и других планетах солнечной системы.

Зигель Ф. ЗАГАДКА МАРСА. Серия «Школьная библиотека». Книга знакомит читателя с природой планеты Марс и новейшими данными о ее загадочных «каналах».

Эти книги вы можете получить в своей школьной и местной библиотеках.

5 р. 55 к.

