

Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

**ЗВЕЗДНАЯ
АЗБУКА**

Ф. Ю. Зигель



ЗВЕЗДНАЯ АЗБУКА

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

05

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1981

22.6
3-59

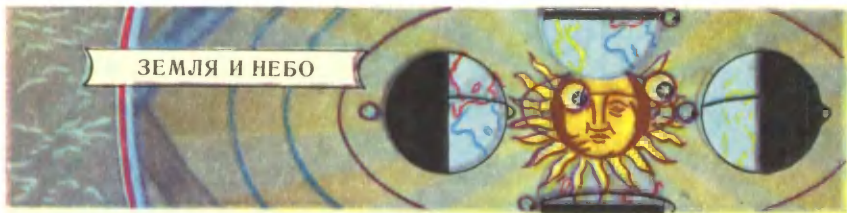
Зигель Ф. Ю.
3-59 Звездная азбука: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1981. — 191 с., ил.

В книге в доступной форме изложены основные сведения о небесной сфере, Земле, планетах, звездах и других небесных объектах. Дано описание простейших астрономических инструментов и наблюдений.

60601-436

3 103(03)-81 265-80 4306021200

ББК 22.6
52



У каждого человека свои звезды. Одним — тем, кто странствует, — они указывают путь. Для других это просто маленькие огоньки. Для ученых они как задача, которую надо решить.

Антуан Сент-Экзюпери

Иногда, употребляя те или иные слова, мы плохо понимаем, что они 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 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 3—4 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 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. Огромной, слегка сплюснутой над головой чашей, края которой опираются на Землю, кажется нам небо. Отделаться от этого обманчивого ощущения невозможно, и

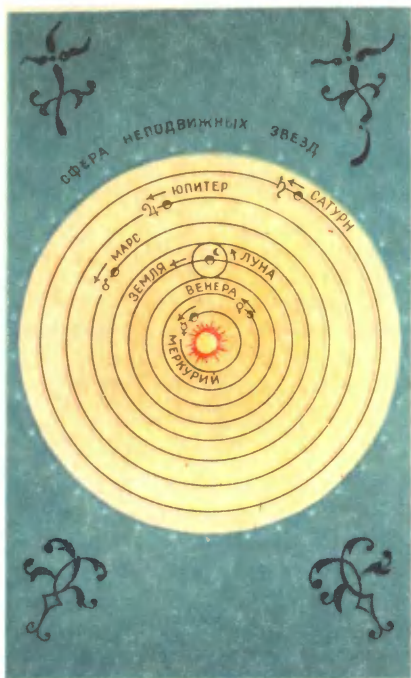


Рис. 1. Система мира Коперника.

ные кругосветные плавания, 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 гг. до нашей эры). Небо 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 — планетами — обращается вокруг Солнца (рис. 1).

Правда, выдвигая новую систему мира, Коперник не вполне освободился от некоторых ошибок древних. Так, например, в своей

нет ничего удивительного в том, что древний человек создал сказочные легенды о хрустальных небесах. В старину многие люди серьезно верили, что существует «край Земли», а некоторые рассказывали небывлицы 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 далекими лесами и холмами, сходится с Землей, опираясь на нее. Стоит, однако, попытаться приблизиться к этому «краю Земли», как сразу убеждаешься, что он 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 многие факты, в том числе на деле осуществлен-



Рис. 2. Николай Коперник (с картины Матейки).

системе мира он оставил небо в виде «сферы неподвижных звезд». Небо Коперника огромно. В сравнении с этим небом Земля, по мнению 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, т. е. такой же колоссальный раскаленный шар, как и наше Солнце. Вокруг многих 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 г. сожгли Бруно как еретика — проповедника 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 вв. 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 — очень 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 — мировое пространство, рассматриваемое сквозь воздушную оболочку Земли — атмосферу¹.

Все, что находится за пределами Земли, называется космосом. Еще недавно многие (в том числе и некоторые ученые) были убеждены, что космос навсегда останется недоступным для человека. Запуск первого искусственного спутника Земли в 1957 г. и первый космический полет Юрия Гагарина в 1961 г. открыли новую, космическую эру в жизни человечества. Небо или, точнее, небесные тела стали доступными для землян. Совершены первые экспедиции на Луну, доставлены в земные лаборатории образцы лунного грунта, совершили посадки на поверхность Венеры и Марса космические автоматы, способные анализировать грунт и атмосферу этих планет.

Все эти удивительные успехи вызвали большой интерес к космосу. Астрономия стала одной из самых популярных наук.

В этой книге, названной «Звездной азбукой», мы познакомим читателя с основами современной астрономии, которые должны быть известны каждому образованному человеку. Желательно, чтобы чтение книги сопровождалось теми простейшими астрономическими наблюдениями, о которых говорится в тексте. Пусть «Звездная азбука» станет на самом деле начальной «азбукой» для всех, кто пожелал узнать, что изучает астрономия.

А теперь — за дело!

¹ С точки зрения этого определения ряд распространенных выражений, отмеченных в начале главы, не вполне точен.

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 порождают морские течения.

Не все, происходящее в воздушном океане, имеет прямое отношение к астрономии. 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, человек не научился еще управлять погодой по своему желанию, поэтому астрономам ничего другого не остается, как искать для обсерваторий¹ такие места на Земле, где погода способствует астрономическим наблюдениям. 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 остается огромный по толщине слой земной атмосферы.

¹ Обсерваториями называются учреждения, в которых астрономы ведут наблюдения небесных тел.

Воздушный океан, несмотря на огромную глубину (около 1000 км), 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.

Приключения солнечных лучей

Прежде всего мельчайшие частицы воздуха — молекулы составляющих его газов — сортируют падающие на них солнечные лучи. 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 заключается одно из главнейших ее свойств. Дело в том, что лучи разного цвета призма преломляет по-разному: сильнее всего — фиолетовые, слабее всего — 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, то имели в виду иное. Вам, конечно, приходилось видеть тлеющую папиросу, испускающую дым из обоих своих концов. Но вот что удивительно: спереди папиросы, там, где вложен табак, дым выделяется в виде узенькой голубоватой струйки, а из другого конца папиросы выходит и стелется густой белый дымок. Табак один, а дым разный. В чем же причина этого явления?

Все дело, оказывается, в законах рассеяния света. Когда луч света попадает на какую-нибудь частицу, то он рассеивается, т. е. 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, поэтому рассеянные разноцветные лучи, складываясь затем вместе, образуют снова белый цвет.

Почему небо синее?

Молекулы газов, составляющих воздух, по закону Рэля, рассеивают синие и голубые лучи. Вот почему небо синее и в этом отношении похоже на голубоватый дымок тлеющей папиросы. Облака же в небе белые, потому что они состоят из мельчайших водяных капелек.

Закон Рэля проявляется не только в синем цвете неба и близне облаков. Когда Солнце или Луна находятся вблизи горизонта, они кажутся оранжевыми, а иногда и ярко-красными. В чем же причина этого 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 уже 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 и заметьте по булавкам размер 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 явления постепенно ослабевают. На высотах в сотни километров нет ни зорь, ни облаков — на совершенно черном небе сияют Солнце, Луна и немерцающие звезды. Космонавты во время полетов наблюдали очень красивые зори и облака «внизу», т. е. у краев Земли.

Мерцание звезд

Кстати, о мерцании звезд. Случалось ли 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 света, 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. 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. Но о планетах у нас еще будет разговор, а сейчас разберем одно важное для астрономов оптическое явление — преломление света или рефракцию.

Рефракция в атмосфере

Возьмите стакан с водой и опустите в него ложку (рис. 3). У поверхности воды ложка кажется переломленной, хотя в действительности 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. Это изменение направления луча света при переходе границы двух различных веществ и называется преломлением или 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 подводного мира, наблюдаемые рыбами, по-видимому, 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. 4). 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 (точка *A*), а в направлении, по которому пришел в его глаз луч света от звезды (точка *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.

Наибольшего значения рефракция достигает у горизонта, но и там она близка к 35 минутам дуги. Этот угол почти равен угловому поперечнику Солнца или Луны.



Рис. 3. Рефракция в стакане с водой.



Рис. 4. Рефракция в атмосфере.

Объяснение рефракции, которое мы только что дали, очень 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, 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. Эти искажения вызваны 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 на самом деле.

Иногда в земной атмосфере возникают редкие по красоте явления — полярные сияния. На фоне ночного неба появляются причудливые разноцветные движущиеся ленты, полосы, столбы света. Особенно красивы «короны» — совокупность светящихся лучей, идущих из единого центра. Некоторые из полярных сияний выглядят менее эффектно — красноватые размазанные пятна, сквозь которые легко просвечивают звезды. Несмотря на множество форм и оттенков, полярные сияния подробно описаны и составлена даже их классификация.

Полярные сияния — свечение верхних, разреженных слоев атмосферы. Они вызываются взаимодействием атомов и молекул, находящихся на высотах от ста до нескольких сот километров, с заряженными частицами больших энергий, вторгающимися в земную атмосферу из космоса. Так, Солнце непрерывно выбрасывает со своей поверхности в окружающее мировое пространство великое множество мельчайших частиц вещества (потоки корпускул), несущих электрические заряды. Многие из них проникают в верхние, разреженные слои земной атмосферы и сталкиваются с отдельными ее частицами, вызывая их свечение, — так возникают полярные сияния. Чем активнее процессы на Солнце, тем чаще вспыхивают полярные сияния. Земная атмосфера чутко отзывается на то, что происходит на далеком Солнце.

Полярные сияния чаще всего возникают в высоких широтах. Объясняется это тем, что полярные сияния есть результат сложного взаимодействия заряженных частиц с магнитным полем Земли, полюсы которых расположены вблизи географических полюсов.



И з 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 восточная часть горизонта начинает постепенно светлеть. Утренняя заря разливается по небосводу; меркнут слабые звезды, небо на востоке приобретает разнообразные, нередко очень красивые цветные 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.

О сумерках

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. Лучше всего, если это будет тетрадь или блокнот для рисования небольших размеров, но с плотной бумагой. На обложке блокнота напишите: «Журнал наблюдений», 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 должны стремиться возможно точнее передать наблюдаемые явления природы. Чтобы наблюдения имели ценность и ими можно было воспользоваться для научных выводов и обобщений, надо знать место и момент наблюдения, а также того, 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 горизонтом, 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 мину-

там). Конечно, продолжительность 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. 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, например, 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 нет, так как фон неба слишком ярк, чтобы на нем выступили слабосветящиеся звезды, и сумерки длятся от захода Солнца до его восхода.

В Москве в это время ночью бывают видны только наиболее яркие звезды, т. е. в Москве 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 отдохнуть на юге (в Крыму или на Кавказе), определите там продолжительность сумерек и попросите 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?

Сумерки и заря

Виновник сумерек — земная атмосфера. На рисунке 5 изображен земной шар, окутанный воздушной оболочкой. Прямая *AB* изображает плоскость горизонта. Из рисунка видно, что, когда Солнце зайдет за горизонт, иначе говоря, скроется от наблюдателя за выпуклостью земного шара, солнечные лучи еще продолжают освещать верхние слои воздуха (выше *СЕD*). Эти слои и порождают явление зари. Кроме того, освещенные Солнцем частицы воздуха — молекулы составляющих его газов — рассеивают 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: на совершенно черном, усыпанном множеством звезд небе сияло бы ослепительно яркое Солнце!

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.

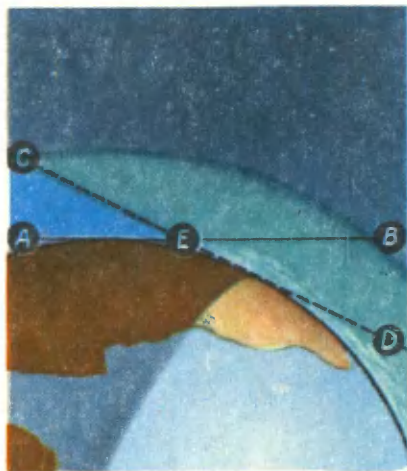


Рис. 5. Происхождение зари.

Видимый и истинный горизонт

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 имеет сложную, неправильную форму, 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. Она-то и называется плоскостью истинного горизонта (рис. 6).



Рис. 6. Математический горизонт.

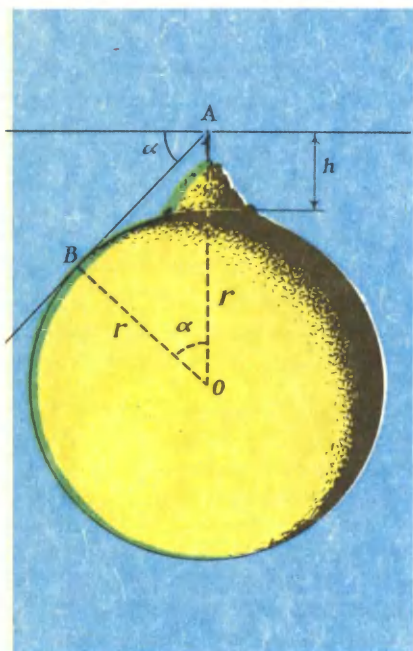


Рис. 7. Видимый горизонт.

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. 7). Самые далекие точки земной поверхности, еще доступные вашему глазу (т. е. 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. 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 радиус земного шара.



Рис. 8. Простейший высотомер.

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 простого прибора — высотомера. Прибор этот еще не раз нам понадобится, а потому сделайте его непременно.

Возьмите большой транспортир, прикрепите к центру его дуги, как показано на рисунке 8, грузик на нитке, в выступающих краях транспортира сделайте два одинаковых отверстия диаметром 3—4 мм; отогните эти края под прямым углом, и высотомер готов. Наблюдатель с ним очень прост. Наблюдатель «прицеливается» на наблюдаемый предмет, смотря на него сквозь сделанные отверстия, и по расположению нитки на том или ином делении транспортира находит угол между направлением на предмет и горизонтальной плоскостью.

Для нахождения угла понижения видимого горизонта направьте 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 (6371 км) — ошибка получилась из-за неточности ваших измерений.

Движение Солнца над горизонтом

Снова вообразите себе наблюдателя, стоящего на Земле в точке *A* (рис. 7). 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, 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 от 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, проявляя 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.

Полуденная линия

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 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. 9), который должен быть строго вертикален, что легко проверить с помощью отвеса. За час 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 2—3 недели. Вы обнаружите любопытный факт: во-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 площадку и сделать большой гномон, вполне можно обойтись гномоном значительно меньших размеров.



Рис. 9. Гномон.

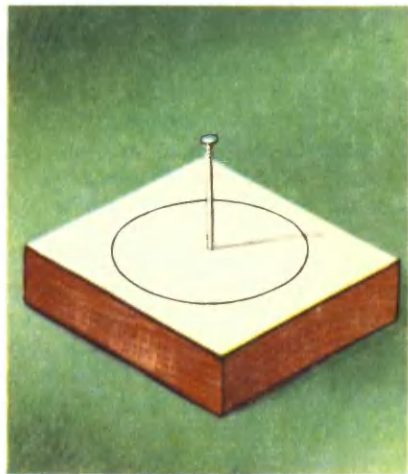


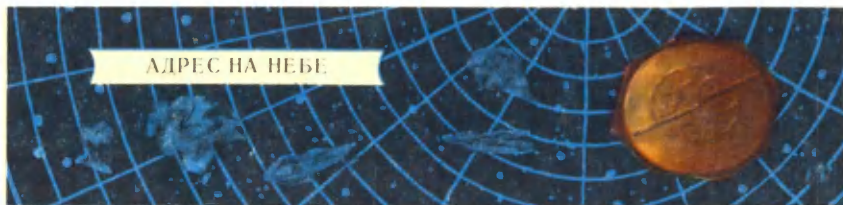
Рис. 10. Комнатный гномон.

В простейшем случае он представляет собой большой гвоздь, вбитый в горизонтально расположенную плоскую дощечку (рис. 10). 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 дощечку можно аккуратно наклеить лист белой бумаги, концы тени отмечать карандашом, а окружности проводить обыкновенным циркулем.

Мы познакомились с видимым движением Солнца над горизонтом, с его восходом и заходом, утренними и вечерними сумерками.

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

Гномоны были известны и широко распространены еще в глубокой древности. С их помощью решались разнообразные задачи практической астрономии. Чем выше гномон, тем длиннее его тень и заметнее ее изменения, следовательно, и больше точность выполняемых измерений. Так, в царствование императора Августа в Риме был воздвигнут вывезенный из Египта огромный гномон высотой около 40 м. В 1430 г. знаменитый узбекский астроном Улугбек построил в Самарканде гномон высотой 55 м.



Теперь, когда у вас есть главнейшие из древних инструментов — гномон и высотомер, — 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, и 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: 1) что понимать под словом «небо» и 2) по отношению к какому телу определяется положение небесных светил?

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.

Небесная сфера

Небо нам представляется огромной полусферой, опирающейся краями на Землю. Наши чувства, обманывая нас, создают впечатление о движении всех небесных светил по поверхности этого несуществующего небосвода.

Невозвратно ушли в прошлое наивные представления о хрустальных небесах. Тем не менее в современных учебниках астрономии

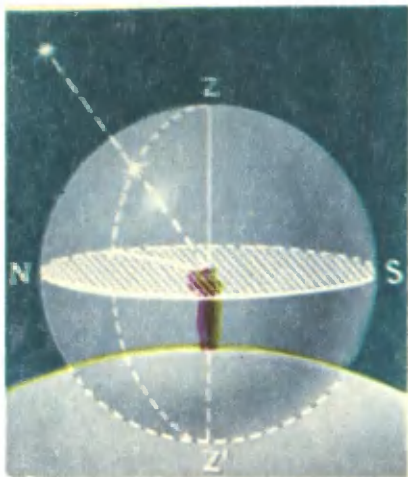


Рис. 11. Небесная сфера.

му на первых порах приходится иметь дело с угловыми измерениями на небе (теперь мы можем сказать точнее: на небесной сфере), а для таких измерений радиус сферы не имеет никакого значения, так как величина угла не зависит от длины его сторон.

Таким образом, наблюдатель мысленно проецирует небесные светила на поверхность небесной сферы. Обманчивое ощущение небосвода и веками существовавшие представления о хрустальных небесах породили современную, чисто условную небесную 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.

Зенитное расстояние

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.

вы непременно 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 не существующее, но очень удобное геометрическое построение и называется небесной сферой.

Центр небесной сферы совпадает с глазом наблюдателя, а радиус ее может быть любым (рис. 11). В самом деле, ведь астроно-

Астроном старается возможно точнее измерить угол между направлением на светило и каким-нибудь другим направлением, неизменным для данного места Земли. За 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. 11). 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 зенитом (Z), противоположная — надиром (Z'). Угол между вертикальной линией и направлением на светило называется зенитным расстоянием светила и обозначается буквой z .

На рисунке 11 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, называется линией математического горизонта. Давайте теперь для удобства дальнейших рассуждений сделаем другой, более простой чертеж (рис. 12). На нем 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. Именно такие упрощенные чертежи небесной сферы и встречаются в учебниках астрономии.

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



Рис. 12. Горизонтальные координаты светил.

Высота и азимут светила

Легко сообразить, что зенитное расстояние светила и его угловая высота h над горизонтом — это два угла, взаимно дополняющие друг друга до 90° . Отсюда вытекает следующая простая формула: $h = 90^\circ - z$. Зная высоту светила, мы сразу же находим его зенитное расстояние, и обратно: по зенитному расстоянию определяем высоту. 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. На небесной сфере можно найти бесчисленное множество точек с высотой, равной, например, 45° . Значит, по одной высоте так же трудно указать определенную точку на небе, как, зная лишь улицу и номер многоквартирного дома, отыскать живущего в нем знакомого. Кроме улицы и номера дома надо знать номер квартиры.

Так и на небе: кроме высоты, надо знать еще один угол, который вместе с высотой (или зенитным расстоянием) уже вполне определенно укажет соответствующую им единственную точку на небе. Эта вторая величина называется азимутом.

Посмотрите на рисунок 12. 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 12 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

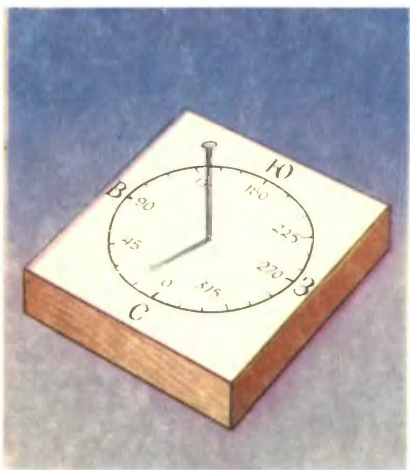


Рис. 13. Гномон для определения азимутов.

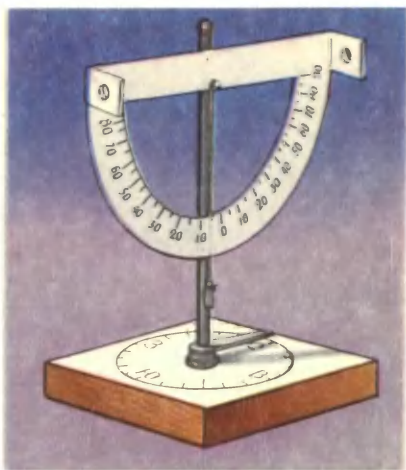


Рис. 14. Универсальный высотомер.

называются координатами. На Земле тоже пользуются координатами — широтой и долготой. 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 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. 13). 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.

Труднее найти азимут какой-нибудь звезды. Для этого установим высотомер на вращающемся стержне (рис. 14). 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.

Угловые инструменты

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 $0,5^\circ$, то современные теодолиты дают точность измерения углов до секунд дуги.

Еще точнее другой угловой инструмент — 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 используют 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. 12) 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 в 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?



Рис. 15. Созвездия Большой Медведицы и Малой Медведицы.

Полюс и ось мира

Звездной ночью отыщите в северной части неба всем известный ковш созвездия Большой Медведицы (рис. 15). 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.

В течение 2—3 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 наблюдений вытекают следующие важные выводы: во-первых, взаимное расположение звезд в созвездиях остается неизменным; во-вторых, горизонтальные координаты звезд все время меняются,



Рис. 16. Фотография движущихся звезд.

снимок суточного движения звезд. Установив аппарат «на бесконечность» и направив его на Полярную звезду, производят снимок звезд, открывая объектив аппарата на 20—30 мин. За время съемки звезды заметно переместятся и их изображения прочертят на пластинке дуги (рис. 16), 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.

На небесной сфере есть только 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, назы-

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

вается небесным экватором. Плоскость небесного экватора делит небо на два полушария. То из них, к которому принадлежит Полярная звезда, называется северным, а противоположное — южным.

Экваториальные координаты

Кажущиеся суточные пути звезд параллельны небесному экватору, и, значит, расстояния звезд от небесного экватора всегда остаются неизменными. 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 и пользуются при этом так называемыми экваториальными координатами.

Экваториальные координаты очень сходны с географическими — широтой и долготой (рис. 17). 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, т. е. дугой экватора между меридианом этого пункта и условно взятым начальным меридианом, проходящим через Гринвичскую обсерваторию (в Лондоне). 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 полюсы мира и данное светило, и некоторой неподвижной начальной точкой на небесном экваторе Υ . Она называется 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 измеряется в часовой мере. Каждая звезда за сутки (24 ч) опишет на небе полную окружность, иначе говоря, пройдет 360° . Следовательно, угол в 360° соответствует 24 ч; тогда угол в 15° будет соответствовать 1 ч, угол в 1° — 4 мин и т. д. Зная величину угла в часах, минутах и секундах, можно выразить его в градусах и долях градуса.

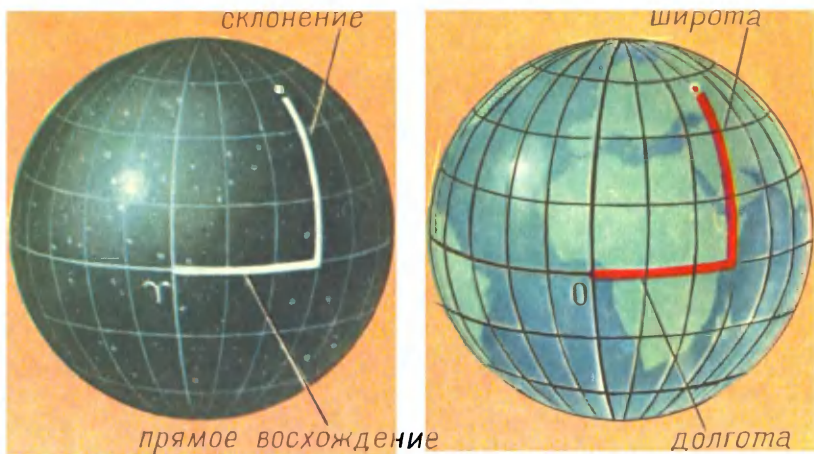


Рис. 17. Экваториальные и географические координаты.

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, ее «адрес на небе».

Наряду с географическими глобусами существуют звездные глобусы. Ось такого глобуса изображает ось мира. На черной или темно-синей поверхности глобуса нанесены звезды, а наблюдатель должен представлять себя находящимся в самом центре глобуса. Так как мы всегда видим глобус извне, снаружи, фигуры созвездий на звездном глобусе не такие, как на настоящем небе, а зеркально перевернуты.

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 метрам. В отличие от всех других звездных глобусов в Готторпском глобусе звезды были нанесены на внутреннюю поверхность шара, а наблюдатели размещались внутри глобуса. Таким образом они видели созвездия неискаженными, как на настоящем небе. Под полом, изображавшим плоскость горизонта, внутри глобуса был установлен механизм, который приводил во вращение весь глобус. К сожалению, этот первый русский планетарий не дожил до наших дней.

Интересное это занятие — путешествовать по Земле! А 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, наверное, читали увлекательные романы Жюль Верна, Майна 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, но и другое небо над головой.

Давно уже известно, 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 через каждые 10 мин измеряйте ее высоту, занося результаты в журнал наблюдений. Параллельно с этим ведите подобные же наблюдения за другой яркой звездой в юго-западной части неба. После 5—6 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



Рис. 18. Вид Земли с поверхности Луны.

где-то в южной 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. 19).

Кульминации светил

Прохождение какого-нибудь светила через небесный меридиан астрономы называют кульминацией светила. 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.



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 в этот момент они находятся на небесном меридиане, — значит, они 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.

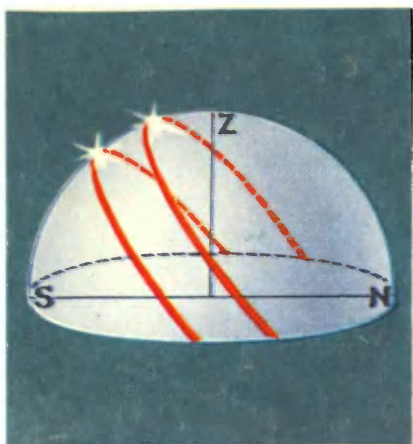


Рис. 19. Прохождение звезд через небесный меридиан.



Рис. 20. Модель небесной сферы.

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. 20). Вы, конечно, уже сообразили, что колба изображает собой небесную сферу, а поверхность воды в колбе — плоскость математического горизонта. Теперь воткните

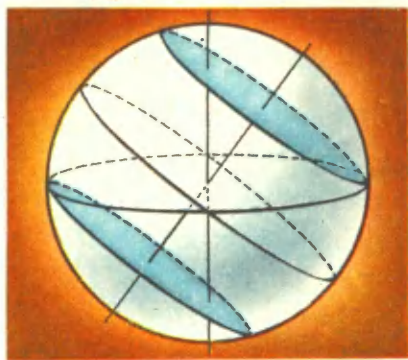


Рис. 21. Незаходящие и невосходящие звезды.

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.

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 21 показано, что звезды, близкие к Полярной звезде, никогда не заходят за горизонт Москвы: их нижняя кульминация происходит выше точки севера. К таким незаходящим в Москве звездам принадлежат семизвездие 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. 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?

Движение светил на разных широтах

Вообразите себе, что из Москвы, где были начаты наши наблюдения, мы отправимся в кругосветное путешествие, двигаясь при этом строго на север по меридиану Москвы. 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 вид неба на Северном полюсе (рис. 22). 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.



Рис. 22. Движение звезд на Северном полюсе.

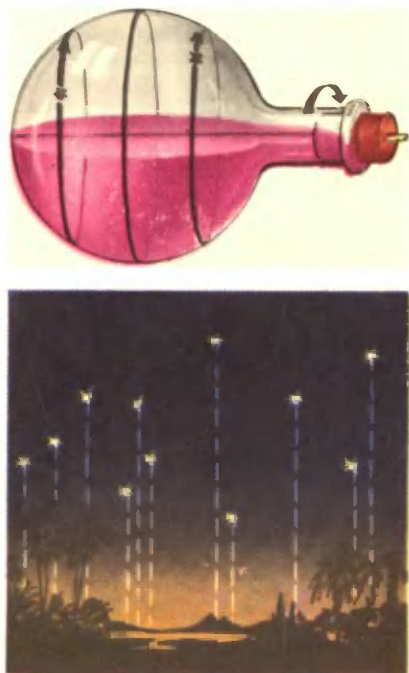


Рис. 23. Движение звезд на земном экваторе.

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.

С помощью стеклянной колбы покажите, каким образом на экваторе должны двигаться звезды. Ось колбы совпадает с поверхностью воды (рис. 23), и поэтому 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. Эта замечательная точка южного неба окружена слабосветящимися звездами созвездия Октаганта.

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.



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 в древности. Наблюдая в течение года, как движется Солнце, люди 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, человек, естественно, связал их с периодической сменой времен года.

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 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 определенной высоте Солнца.

Посмотрев на график, вы обнаружите, что 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 сумме его полуденных высот в дни солнцестояний.

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

Годовые движения Солнца

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 переходит 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 (т. е. глобус, на котором изображено звездное небо) и муху на нем, медленно ползущую в направлении, обратном его вращению. Муха, как и Солнце, 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, т. е. 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.

Эклиптика и зодиак

Годовой путь Солнца среди звезд древние назвали эклиптической. Эклиптика — это окружность, имеющая такой же радиус, какой имеет 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. 24). 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 (обозначается \sphericalangle).

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 де-

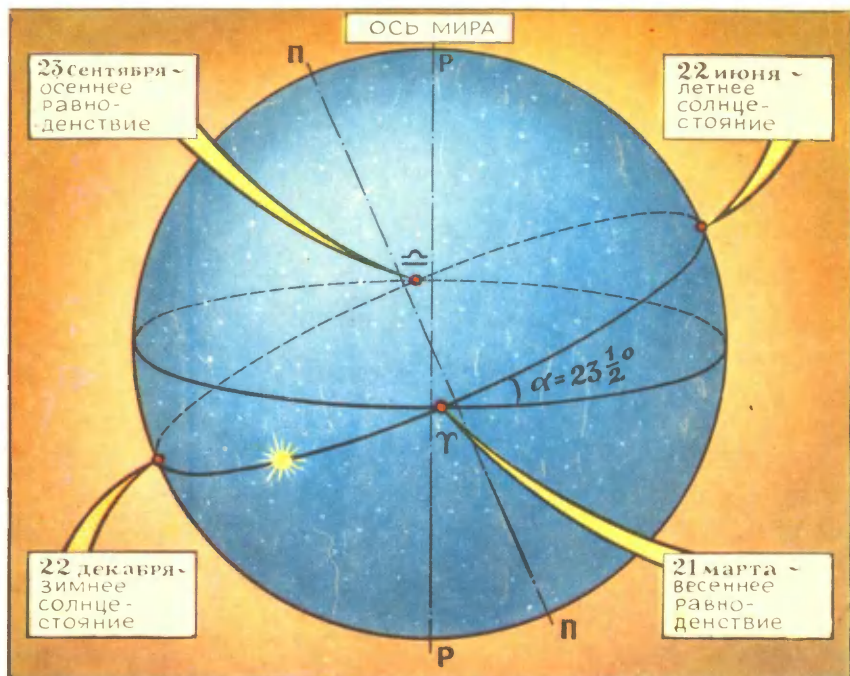


Рис. 24. Эклиптика на небесной сфере.

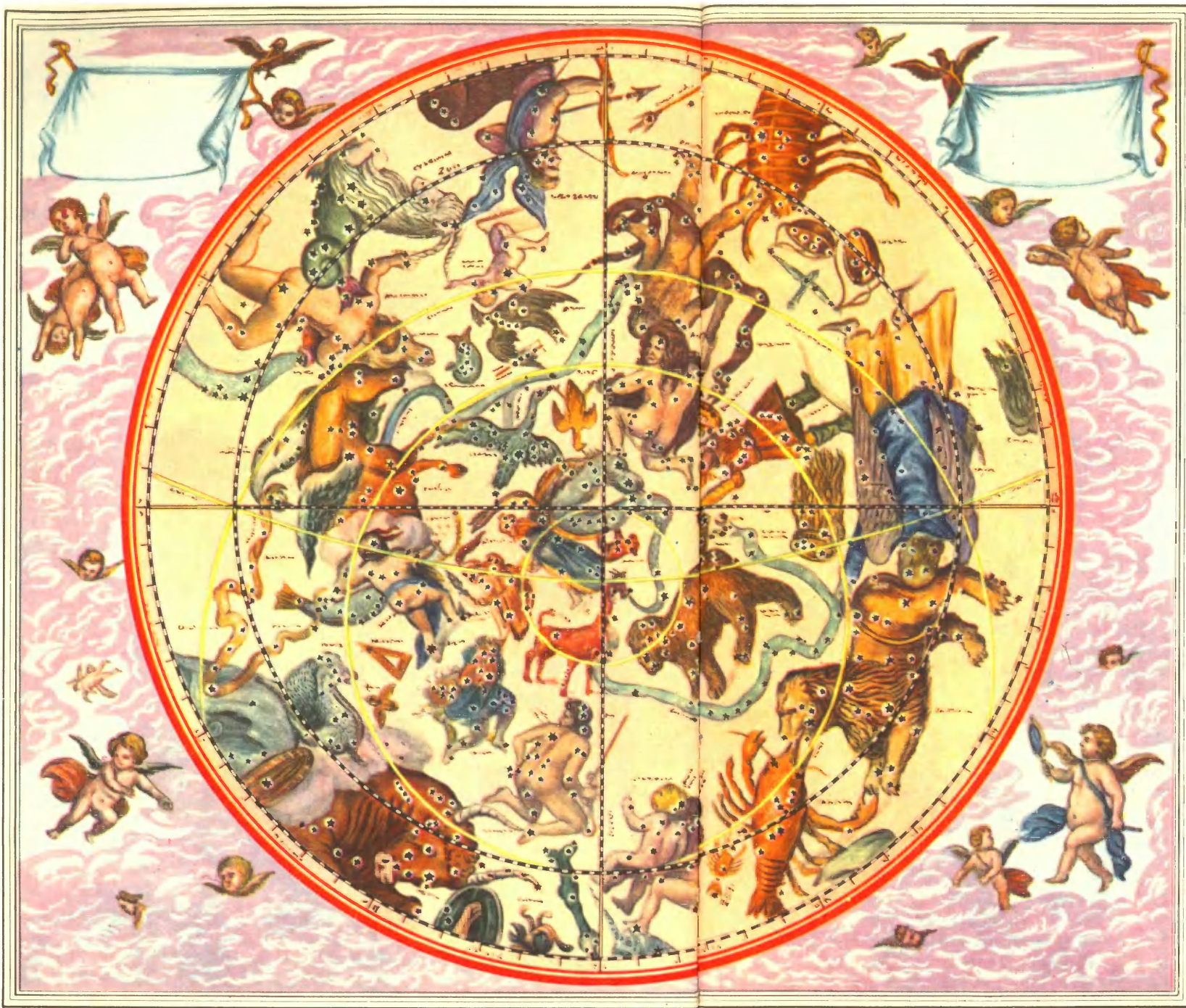


Рис. 25. Старинная звездная карта.

кабря, расположена в южном полушарии неба. Угол α , под которым эклиптика пересекает небесный экватор, равен $23,5^\circ$.

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 нанесите небесный экватор. Добавьте теперь эклиптику. Ее можно изобразить второй бумажной полоской, наклоненной к экватору в точках равноденствий под углом $23,5^\circ$. 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.

Например, 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 сами теперь можете показать движение Солнца для любого дня и места, лишь бы были известны его географическая широта и дата наблюдения. Кстати, если дата не принадлежит к дням равноденствий или солнцестояний, точку на эклиптике находят приближенно, разделив предварительно эклиптику на месяцы или декады.

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 модели небесной сферы (колбы) разобраться в причинах этого явления.

Солнце, обегая в течение года всю эклиптику, проходит при этом через двенадцать созвездий, называемых поясом зодиака или просто зодиаком. Это название происходит от греческого слова «зоон», что означает «животное» (рис. 25).

Действительно, большинству зодиакальных созвездий (они отмечены в тексте) в древности были присвоены названия различных представителей (иногда мифических) животного мира: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей. Зодиакальных созвездий столько же, сколько месяцев в году. 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. 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.

Движение Земли вокруг Солнца

Существует ли, однако, на самом деле годовое движение Солнца 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 Солнце обращается вокруг Земли, а не Земля вокруг Солнца. После выхода в свет книги Коперника «Об обращении небесных сфер» (1543 г.) новое, революционное учение о движении Земли вокруг Солнца постепенно, в процессе жестокой борьбы с церковной реакцией, находило себе все больше и больше сторонников. Были выдвинуты многие убедительные доказательства правильности учения Коперника, и в конце концов его великое учение стало общепризнанной научной истиной.

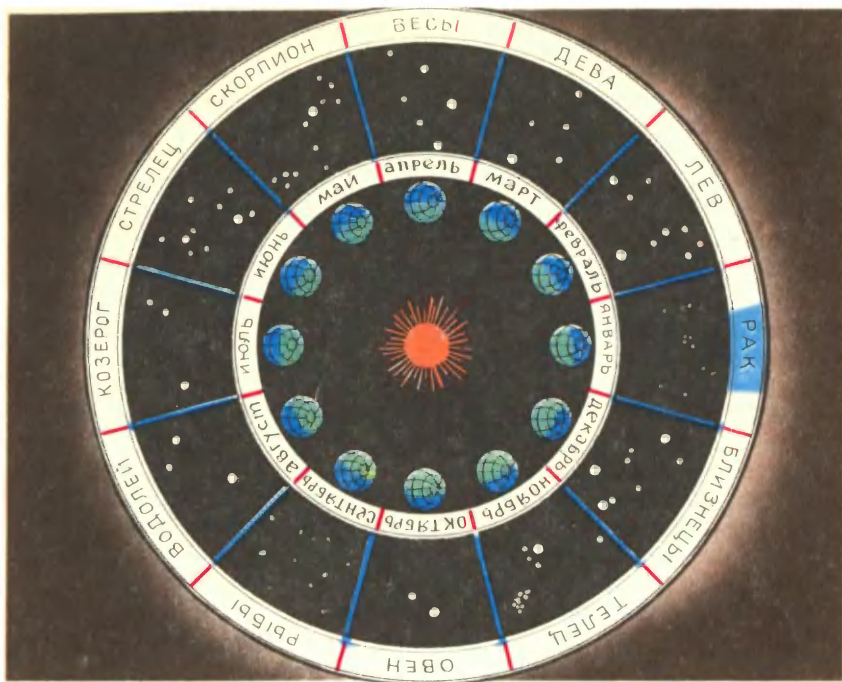


Рис. 26. Годовое движение Солнца и зодиакальные созвездия.

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 26 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.

Земля движется в мировом пространстве без толчков, остановок, и мы не чувствуем этого движения. Наши глаза не ощущают различия расстояния до Солнца и звезд. Нам кажется, что Солнце перемещается среди одинаково с ним удаленных звезд. На самом же деле Солнце несравненно ближе звезд. Поэтому правильнее говорить, что оно (как нам кажется) перемещается на фоне далеких созвездий.

Путь Земли вокруг Солнца, или, как говорят астрономы, орбита Земли, мало отличается от окружности. Отличие это 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. 27), 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. Продолжатель Коперника — Иоганн Кеплер открыл, что орбиты всех планет есть эллипсы и что Солнце всегда находится в одном из фокусов этих эллипсов.

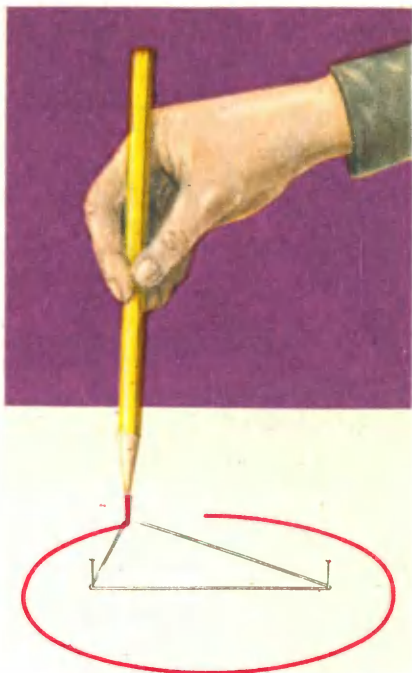


Рис. 27. Как начертить эллипс.

Смена времен года

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 млн. км дальше, чем в перигелии. Может быть, от этого зависит смена времен года: когда Земля проходит вблизи афелия, бывает зима, а когда 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 млн. км) составляет всего лишь около 3% среднего расстояния от Земли до Солнца (149 600 000 км). Эта разница существенно влиять на изменение температуры не может.

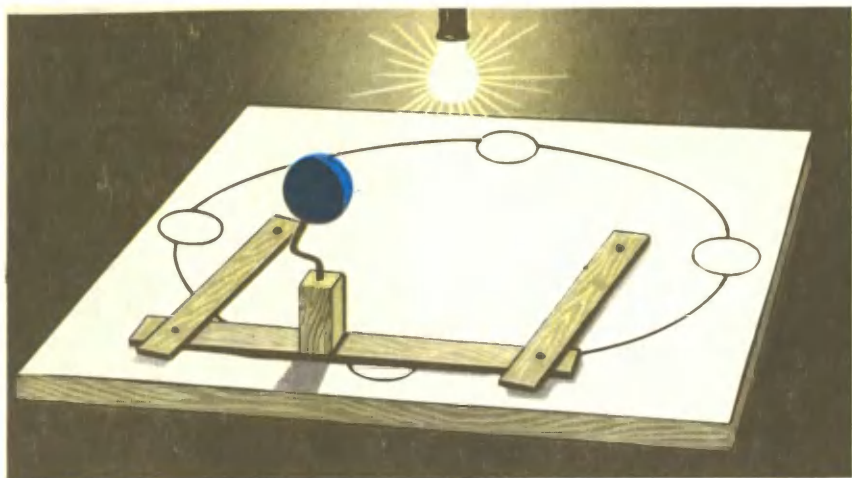


Рис. 28. Устройство теллурия.

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

Есть хороший прибор — теллурий, — наглядно показывающий смену времен года (рис. 28). Сделать его можно так. Возьмите маленький глобус или просто любой шарик. Укрепите его на спице, которая составляет с вертикалью угол $23,5^\circ$. Спицу вставьте в брусок, соединенный с подвижной рамой из трех планок. При движении рамы по доске планка с глобусом и ось глобуса перемещаются параллельно самим себе. Если над центром доски подвесить лампу, 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. 22 июня северное полушарие Земли освещено Солнцем больше, чем южное: в северном полушарии — 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.

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

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

Аппарат «планетарий» — очень сложная машина. Он показывает не только звездное небо и движение звезд, но и вообще все видимые небесные явления. С помощью специальных проекторов под куполом планетария можно наблюдать 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 нескольких минут или без всякого труда за какие-нибудь 6—7 мин совершить кругосветное путешествие, посмотреть по пути небо южных стран.

Древний астроном, попав в планетарий, испытал бы чувство глубокого удивления. Все то, что он в течение многих лет изучал на настоящем небе, пытаясь разгадать причину происходящих явлений, с огромной точностью воспроизводится созданным человеком удивительным аппаратом! Такова сила науки, знания.

Когда-то Московский планетарий, построенный в 1929 г., был единственным в нашей стране. Ныне планетарии работают во многих городах Советского Союза. При них действуют астрономические кружки, где обучаются науке о небе юные астрономы.



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 движений совершаются не мгновенно, а имеют некоторую длительность, т. е. 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?

Как измерить 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 в годах или месяцах. Для отсчета единиц времени у современного человека есть прекрасный механизм — часы. Они избавляют человека от непрерывной слежки за трудноуловимым 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. 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 половина девятого утра. Но ровно ли в это время звонит звонок на урок? По целому ряду причин электрический звонок может немного отстать и прозвонить позже назначенного момента. Но если, например, 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 высокая точность 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.

В разных случаях жизни 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 бóльшая 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 ход применяемых им часов должен быть как можно равномернее.

Борьба за точное время

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. Длину тени мерили шагами, т. е. грубо приближенно, а потому ошибка в оценке времени достигала многих минут. Впрочем, гномоны существовали еще тогда, когда сутки не были разделены на 24 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. 29).

В центре круглого циферблата перпендикулярно его плоскости укрепляется стержень. Плоскость циферблата скрепляется с горизонтальной подставкой так, чтобы угол между ними был равен углу между плоскостями небесного экватора и горизонта. 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 недостаток. Экваториальные солнечные часы будут работать только тогда, когда Солнце находится в северном полушарии неба, т. е. между 21 марта и 23 сентября. В другие дни года Солнце расположено ниже плоскости небесного экватора и стержень часов не отбросит тени.

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

Исправить недостаток солнечных часов можно, сделав циферблат горизонтальным. Такие горизонтальные солнечные часы очень удобны, но изготовить их труднее, чем экваториальные. Циферблат у гори-

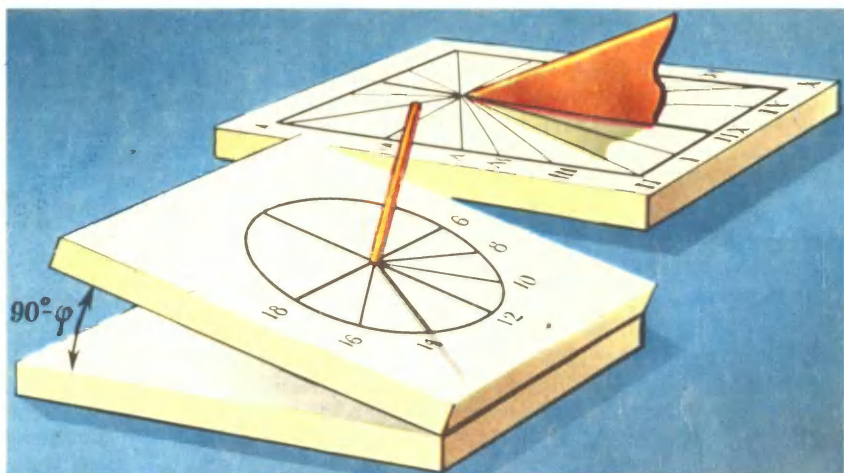


Рис. 29. Экваториальные и горизонтальные солнечные часы.

горизонтальных часов сложный: деления на нем имеют разную величину, которая зависит от широты места. Поэтому для каждого пункта Земли приходится вычерчивать свой циферблат.

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

На горизонтальной прямоугольной дощечке (рис. 29) укрепляем перпендикулярно к ней треугольную пластину 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 — время, выраженное 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 ч 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 $x = 12,5^\circ$.

Вычислив подобным образом деления для одной половины циферблата, вторую его половину делают симметричной (см. рис. 29).

Истинные солнечные сутки

Момент, когда солнечные часы показывают число «12», называется истинным солнечным полуднем.

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 плоскости орбиты, одни истинные солнечные сутки всегда были бы равны любым другим.

На самом деле происходит иное. Земля, как и все планеты, обходит Солнце по эллипсу. 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 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.

Коллекция часов

С развитием торговли и мореплавания возникла острая необходимость в точных часах, которые бы обладали большой равномерностью хода. 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 вв.), но уже 700 лет назад гиревые часы (правда, как очень большая редкость) появляются в Европе. Пружинные карманные часы были созданы в начале XVI в. Если в гиревых часах движущей силой механизма был вес гири, то в пружинных часах механизм приводился в движение силой сжатой пружины. И пружинные, и гиревые часы постепенно совершенствовались.

Любопытно, что с ростом точности часов менялся внешний вид циферблата и стрелок. Только около 1700 г. стали пользоваться минутной стрелкой, а до этого обходились одной часовой. Секундная стрелка еще моложе — она появилась лет на 60 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 сверхточные астрономические часы. Для поддержания равномерного хода их помещают в особые подвалы, где сохраняется постоянная температура и где часы не испытывают сотрясений. В результате астрономические часы позволяют измерять время с точностью до 0,001 с.

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 уверенность в том, что их ход 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. Для практических задач вращение Земли можно считать вполне равномерным.

Звездное время

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 мин раньше, чем в предыдущий раз. Выходит, что звездные сутки (промежуток времени между заходами звезды за земной предмет) по вашим часам равны не 24, а 23 ч 56 мин.

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 мин длиннее вторых. Солнце, перемещаясь по эклиптике, каждый раз кульминирует с разными звездами. Это происходит потому, что годовое движение Солнца совершается навстречу суточному, т. е. с запада на восток. Из-за этого Солнце каждый раз будет отставать в кульминации от тех звезд, с которыми оно кульминировало в предыдущую полночь. Вот почему каждые сутки звездное время на 4 мин 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 0 ч. В момент нижней кульминации — 12 ч. Когда эта точка заходит, звездные часы показывают 6 ч, когда восходит — 18 ч. Нетрудно сообразить (см. рис. 17), что звездное время в данный момент всегда равно прямому восхождению кульминирующей звезд. Зная координаты кульминирующих звезд, астрономы и определяют звездное время.

Попробуйте сами проделать подобные наблюдения. Для этой цели изготовьте прибор, похожий на употребляемый астрономами пассажный инструмент (рис. 30).

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 его должна совпадать с направлением небесного меридиана. Теперь выберите какую-нибудь яркую звезду, видимую в данный вечер, и с помощью изготовленного вами прибора пронаблюдайте ее верхнюю кульминацию. В этот момент звездное время будет равно прямому восхождению кульминирующей звезды, (см. приложение V).

Настоящий пассажный инструмент, конечно, сложнее (рис. 30). Это телескоп, труба которого может вращаться только в плоскости небесного меридиана. Наблюдая звезды в пассажный инструмент, астроном очень точно фиксирует их кульминации. В ряде советских обсерваторий вместо глаза астронома употребляют «электрический глаз» — прибор, называемый фотоэлементом, который автоматически и с точностью до 0,01 с отмечает прохождение звезды через небесный меридиан. Таким образом, звездное время определяют из непосредственных наблюдений над звездами. Зная же, как Солнце движется среди звезд, астрономы по звездному времени вычисляют истинное солнечное время, т. е. время, считаемое по настоящему Солнцу.

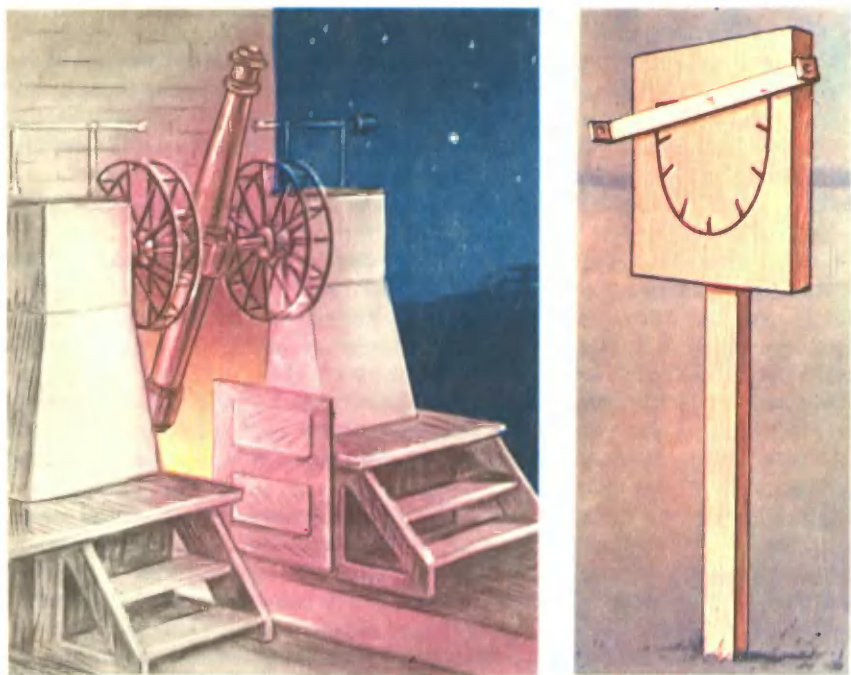


Рис. 30. Пассажный инструмент.

Слово «настоящему» здесь добавлено не случайно. Дело в том, что астрономы пользуются для измерения времени еще одним, не существующим в действительности, придуманным «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 поэтому 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 мера, т. е. истинные солнечные сутки, постоянно изменяется. Вот почему астрономы изобрели среднее солнечное время. Это время и показывают все наши часы. Оно отличается от звездного и от истинного солнечного времени.

Среднее солнечное время

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 мин в ту или другую сторону¹.

«Среднее солнце», регулирующее ход наших часов, не светит и не греет. Это воображаемая точка, которая, как условились астрономы, равномерно движется по небесному экватору. Таким образом, средние солнечные сутки — это средняя за год величина непрерывно изменяющихся истинных солнечных 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, поэтому 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 мин 56 с каждые сутки. В полдень 23 сентября звездное время равно 12 ч, а затем оно уходит вперед каждые сутки почти на 4 мин. 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 ежегодников².

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

² См., например, «Школьный астрономический календарь» на данный год.

Местное, поясное и декретное время

Земля — шар, и поэтому в разных ее пунктах время различно. Так, например, когда в Москве полдень, во Владивостоке 7 ч вечера, в Лондоне 10 ч 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 приняли тот пояс, центральный меридиан которого проходит через Гринвичскую обсерваторию. Далее на восток идут I, II, III, IV и т. д. часовые пояса. Москва лежит во втором часовом поясе.

Договорились в пределах каждого часового пояса жить по одному времени, именно по тому, по которому живут жители центрального меридиана этого пояса. Такое общее для всех время назвали 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. 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. Этот счет времени введен в 1930 г. 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, оно не слишком заметно отличается от местного времени.

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

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

Календарь

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

Астрономический год приблизительно 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 накапливал одни сутки (24 ч), которые прибавлялись к году. Так получался «високосный» год, содержащий в феврале 29 дней.

Юлианский календарь был, конечно, неточен. Разница между юлианским и астрономическим годом (11 мин 14 с) каждые 128 лет становилась равной одним суткам и к XVI в. стала весьма заметной.

В конце XVI в. 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.

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

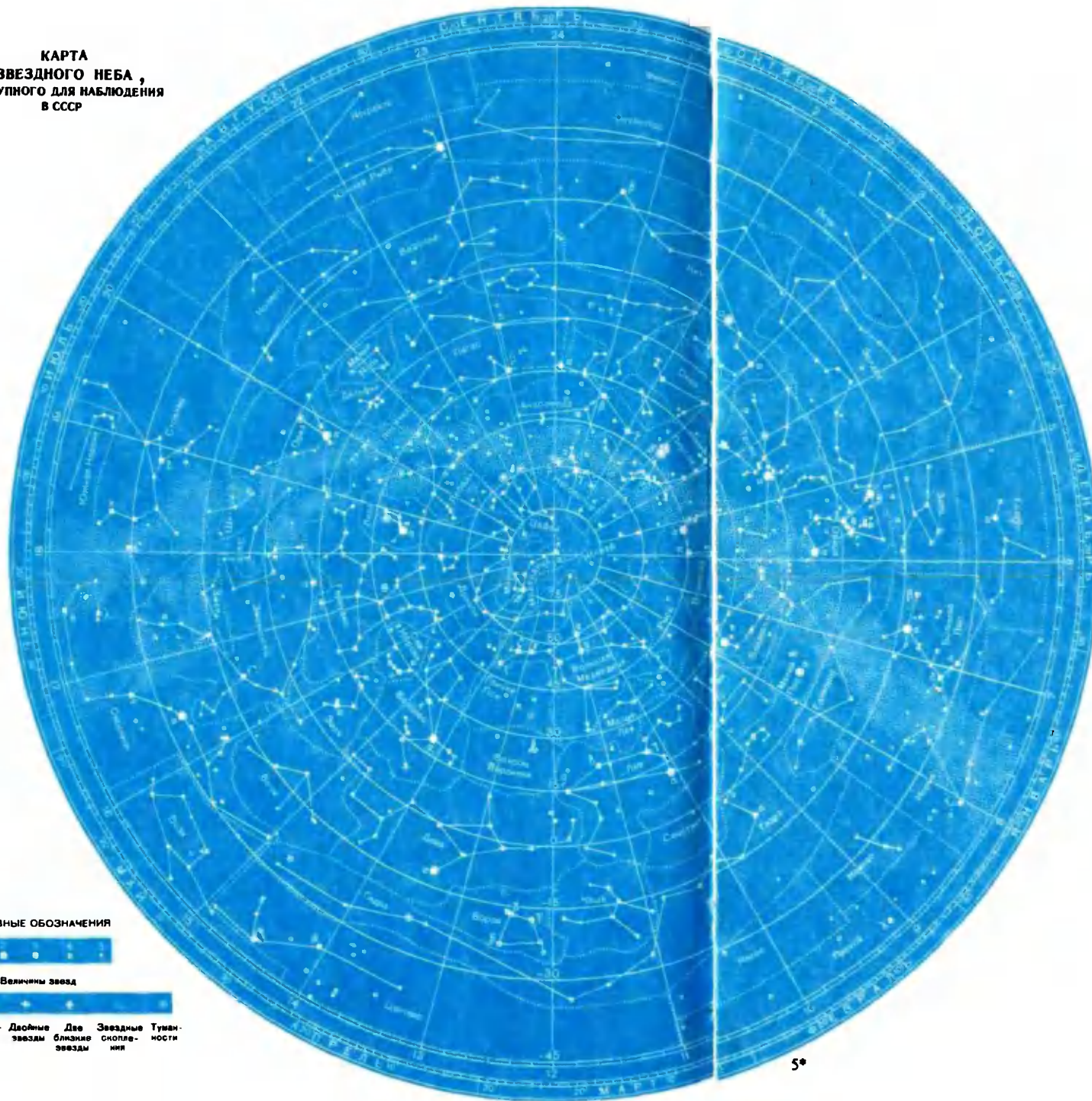
Звездное небо представляет редкое по своей красоте зрелище. Часто сравнивают небо, усеянное звездами, с черным бархатом, по которому рассыпаны разноцветные бриллианты. Как ни красиво такое сравнение, все же оно не может передать неопишемую красоту звездной ночи. Недаром когда-то древнеримский философ 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 любуется звездами, 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 (рис. 31). Знание звездного неба, умение пользоваться звездной картой — это первый и необходимый шаг на пути познания далеких звездных миров.

С первого взгляда подробное знакомство со звездным небом может показаться очень сложной, почти непосильной задачей. Ведь

**КАРТА
ЗВЕЗДНОГО НЕБА,
ДОСТУПНОГО ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ
В СССР**



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Рис. 31. Карта звездного неба.

звезд так много, что разобраться в них, пожалуй, не легче, чем пересчитать песчинки на морском берегу. На самом же деле все обстоит гораздо проще.

Немного о звездочетах

Астрономов иногда шутя называют звездочетами¹. Они действительно умеют считать звезды, и все звезды, которые видны невооруженным глазом на небе, уже давным-давно сосчитаны. Результат получился несколько неожиданным: оказывается, в темную ночь 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 2—3 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 всесторонне изучены. За последние 2—3 века астрономы определили их расстояние, размеры, цвет, температуру, химический состав и ряд других свойств.

¹ Звездочет — читающий по звездам человеческую судьбу, т. е. астролог, который, конечно, умеет и «считать» звезды.

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 в. 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!

Блеск звезд

В каталоге Гиппарха отмечено не только положение звезд, т. е. указаны их координаты, но и впервые в истории астрономии приведены числа, характеризующие видимую яркость звезд или, как говорят астрономы, их блеск. 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, 3, 4 и 5-ю.

Сортировка звезд по их блеску была выполнена Гиппархом, конечно, 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 2 раза ярче Луны. Это будет ошибкой. Установлено, что звезды соседних звездных величин по блеску в 2,5 раза отличаются друг от друга. Например, 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 $2,5^{14}$, т. е. 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.

Созвездия и обозначения звезд

Еще задолго до того, как были составлены первые звездные каталоги, 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 ковша Большой Медведицы у киргизов называлось «Жонь на привязи», у египтян — «Гиппопотам», 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 героях легендарных древнегреческих мифов.

В древности, когда еще 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 г. до нашей эры Евдоксом, отдельные звезды назывались: «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 звездам, а в 1603 г. астроном Байер ввел стандартные обозначения звезд в каждом из созвездий. По его предложению



Рис. 32. Созвездие Большой Медведицы (со старинной звездной карты).

В старинных звездных атласах всегда изображались нередко весьма искусно выполненные медведицы, львы, орлы и другие обитатели звездного неба. На современных звездных картах таких картинок вы уже не увидите — их не рисуют, так как они мешают рассматривать звезды (см. приложение III).

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. приложение II).

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 г. Недалеко от них есть звезда с номером 4506, взятым из английского каталога XIX в.

Некоторые наиболее яркие звезды наряду с буквенным обозначением до сих пор носят данные им много веков назад имена.

ярчайшая 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. 32). Прежде всего бросается в глаза сама медведица, косящаяся на вас своим по-человечески серьезным гла-

Так, например, α Малой Медведицы — это всем знакомая Полярная звезда, α Лебеда носит имя Денеб, α Орла — Альтаир и т. д.

Прежде чем продолжить наше знакомство с созвездиями и происхождением их наименований, заглянем в приложение. Там изображены карты звездного неба. Найдите на звездной карте 1 созвездие Большой Медведицы, с него мы и начнем знакомство со звездным небом.

Осенние созвездия

Осенью 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. Это 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 поэтому 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 5 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 окружности, проходящую через звезды хвоста Большой Медведицы (ϵ , ζ и η). Эта дуга указывает на очень яркую звезду Арктур — главную из созвездия Волопаса (рис. 33). 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



Рис. 33. Созвездие Волопаса.

Ю. 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 Лаокаона, правившего Аркадией, была дочь — красавица Каллисто. Она считалась не только красивойшей 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» (см. карту 4).

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 четы-



Рис. 34. Созвездие Лебедя.



Рис. 35. Созвездие Орла.

рех 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 Лебедя, где наиболее яркой звездой является Денеб (рис. 34). 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 звездной величины. Для созвездия Орла, возглавляемого Альтаиром, характерна Т-образная фигура, образованная звездами α , β , γ и δ (рис. 35). Первая из них, Альтаир, — это звезда 1-й величины, а остальные — звезды 2-й и 3-й 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



Рис. 36. Созвездие Пегаса.



Рис. 37. Созвездие Персея.

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 лебедя для одного из своих любовных походов.

Левее и ниже Лебеда, в восточной части неба, выделяется огромный квадрат из звезд 2-й звездной величины, которые образуют главную часть созвездия Пегаса (рис. 36). 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 короче и слегка выгнута к зениту. Левее Андромеды, на северо-востоке, низко над горизонтом можно легко различить равнобедренный треугольник, образованный звездами α , β и γ из созвездия Персея (рис. 37). Первая из них продолжает цепочку звезд Андромеды, что облегчает отыскание этого созвездия.

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.



Рис. 38. Созвездие Кассиопеи.



Рис. 39. Созвездие Цефея.

Выше и правее Персея бросается в глаза характерная группа звезд, напоминающая опрокинутую и растянутую букву «М». Перед нашими глазами созвездие Кассиопеи (рис. 38). 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 1 созвездие Цефея (рис. 39). Оно находится правее и выше Кассиопеи, почти в зените, так что в осенние вечера его приходится наблюдать запрокинув 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 красивой древней легендой.

Когда-то Эфиопией правил царь Цефей. Однажды его супруга, царица Кассиопея, имела неосторожность похвастать 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 разрушений, Цефей, по совету оракула¹, решил принести жертву чудо-

¹ Оракул — предсказатель судьбы.



Рис. 40. Созвездие Кита.

В этот момент из отрубленного тела 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 (рис. 40). Созвездие Кита расположено ниже Пегаса и Андромеды (см. звездную карту 2 в приложении). К сожалению, оно не отмечено какими-нибудь характерными яркими звездами и поэтому принадлежит к числу второстепенных созвездий.

Чтобы закончить знакомство с главнейшими звездами осеннего неба, обратите внимание на 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.

вищу 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 превращался в камень.

Воспользовавшись сном этих чудовищ, Персей отсек голову одной из них — горгоне Медузе.

Зимние созвездия

В зимние вечера Вега и Денеб, блиставшие осенью над головой, видны в северо-западной части горизонта, а третья вершина «летнего треугольника» — Альтаир и вовсе исчезла — она скрылась 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 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 (см. звездную карту 2 в приложении). Правее и выше Альдебарана зоркий глаз различает маленькую группку слабосветящихся звездочек. Это звездное скопление древние греки называли Плеядами, а у нас, в русском 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 Беллятрикс (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 (χ).

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 1,6) 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 Беллятрикс, 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.

Найти Близнецов очень просто: они находятся между Капеллой (α Возничего) и Проционом, почти на полпути между ними.



Рис. 41. Созвездие Ориона.

Капелла. Это восьмая по счету звезда 1-й звездной 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 звездной величины), а потому могут быть легко найдены на небе.

Названия ярких зимних созвездий, так же как и осенне-летних созвездий, имеют мифологическое происхождение. Орион — это легендарный охотник, отличавшийся необыкновенной силой и бесстрашием (рис. 41). Он хочет ударить дубинкой бросившегося на него быка — Тельца. Бык очень разъярен — в глазу у него горит ярко-красный Альдебаран, похожий на налившийся кровью глаз. Но охотника охраняют его верные помощники — Большой и Малый Псы. Картина жестокой схватки 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 лебедя, спускаясь с вершины летнего неба.

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 старин-

В Близнецах выделяются две звезды — Кастор (α) и Поллукс (β). Обе весьма ярки: Кастор 2-й звездной величины, Поллукс несколько ярче: 1,2 звездной 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 звездной 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

¹ «Капелла» в переводе означает «козочка».

ных звездных картах родоначальник всех извозчиков («возничих») держит в своих руках козочку Амалфею.

Интересно отметить, что приятное для школьников 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 «Песей звездой», что на латинском языке звучало, как «каникула», т. е. «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.



Рис. 42. Созвездие Льва.

Весенние созвездия

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 звездной величины и очень небольшое число звезд 2-й звездной величины (см. звездную карту 3 в приложении). 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 (рис. 42). 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.



Рис. 43. Созвездие Геркулеса.

Второе крупное весеннее созвездие — это созвездие Девы. Главная его звезда — Спика — принадлежит к звездам 1-й звездной 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.

Перечисленные три созвездия — Лев, Дева, Волопас — 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.

Летние созвездия

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 голубоватая Вега. Легко увидать и другие две звезды летнего треугольника — Денеб и Альтаир (см. звездную карту 4 в приложении). На востоке восходят из-за горизонта 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 (рис. 43), Змееносец и Северную Корону.

Первое из них находится справа от Лиры и состоит из звезд 2-й звездной величины. Шесть из них (β , δ , ϵ , π , γ и ζ) образуют фигуру, отдаленно напоминающую туловище гиганта, стянутое поясом (звезды ϵ и ζ). На старинных звездных 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 созвездия Змееносца. Между Геркулесом и Арктуром бросается в глаза красивая полукруглая цепочка из звезд 3-й и 4-й звездной 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 ярко-красный Антарес — главная звезда в ярком, но трудном для наблюдения в северных широтах созвездии Скорпиона.

Мы уже говорили, что Геркулес, один из легендарных сыновей Зевса, считался величайшим из героев. Не удивительно, 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 (рис. 44). 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, это 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



Рис. 44. Созвездие Гидры.



Рис. 45. Созвездие Скорпиона.

соседи Скорпиона — летние созвездия Стрельца и Козерога (см. звездную карту 4 в приложении). Первое из них изображается обычно в виде Центавра — фантастического соединения коня и человека, а второе — в виде мифического животного с головой барана и хвостом рыбы.

Из истории созвездий

Мы закончим на этом предварительное знакомство со звездным небом. Созвездий очень много — 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 звездной 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 в., а до того пространство между Возничим и Полярной звездой оставалось свободным, не принадлежащим к какому-либо созвездию. Еще в XVII

венок летел на небо, его цветы превратились в драгоценные камни, а потом заблестали 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 бога Солнца, Фазтона, что последний упал с неба в виде стремительно «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 (рис. 45). Там же хорошо видны

и XVIII вв. таких незанятых участков неба было немало. В конце концов все они заполнились малозаметными созвездиями. В XVII в. 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 др.

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 созвездию Рыси назвать Жирафом, а созвездию 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 вв. 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 вв.

К концу XVIII в. на небе почти не оставалось места для новых созвездий. Тем не менее некоторые увлекшиеся астрономы не постеснялись отделить части от древних созвездий, чтобы поместить на небо изобретенное ими созвездие. Нередко эти «реформы» порождались верноподданническими или националистическими настроениями. Еще Флемстид в начале XVIII в. 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 г. 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 в. представители церкви предложили 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 г. 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, космонавты. Нужны созвездия и тем, кто приступает к изучению вселенной. Они облегчают знакомство с отдельными звездами и другими достопримечательностями звездного неба.



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.

Основные сведения о Луне

Из всех небесных тел Луна наиболее близка к Земле. Расстояние до нее равно 384 403 км; 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 149,6 млн. км, т. е. почти в 400 раз дальше Луны, в такое же число раз превосходит ее по поперечнику. Если Солнце — это исполинский раскаленный газовый шар, в 1400 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 поэтому при движении Луны вокруг Земли ее расстояние от Земли почти не меняется. Луна движется сравнительно быстро: она совершает оборот вокруг Земли за $27\frac{1}{2}$ суток.

Обнаружить движение Луны вокруг Земли легко из наблюдений. 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.

Оказывается, каждые сутки Луна, передвигаясь среди звезд, смещается к востоку приблизительно на 13° . Из-за этого ежедневно Луна запаздывает в восходе почти на 50 мин, 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 полушарие, к которому принадлежит Полярная звезда. Этот узел договорились называть восходящим узлом, а второй, противоположный узел — нисходящим.

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 $18\frac{1}{2}$ 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.

Фазы Луны

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 выпуклостью, обращенной в сторону Солнца.

В журнале наблюдений заранее нарисуйте окружность радиусом 2—3 см. В нее врисуйте наблюдаемую вами фазу Луны, отметив день и час наблюдений. 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 днем, когда она, как маленькое белое облачко, будет видна справа от Солнца.

Через месяц, закончив наблюдения, просмотрите журнал наблюдений. Вы ясно себе представите, как и в какой последовательности сменяются лунные фазы (рис. 46). После новолуния серп Луны т

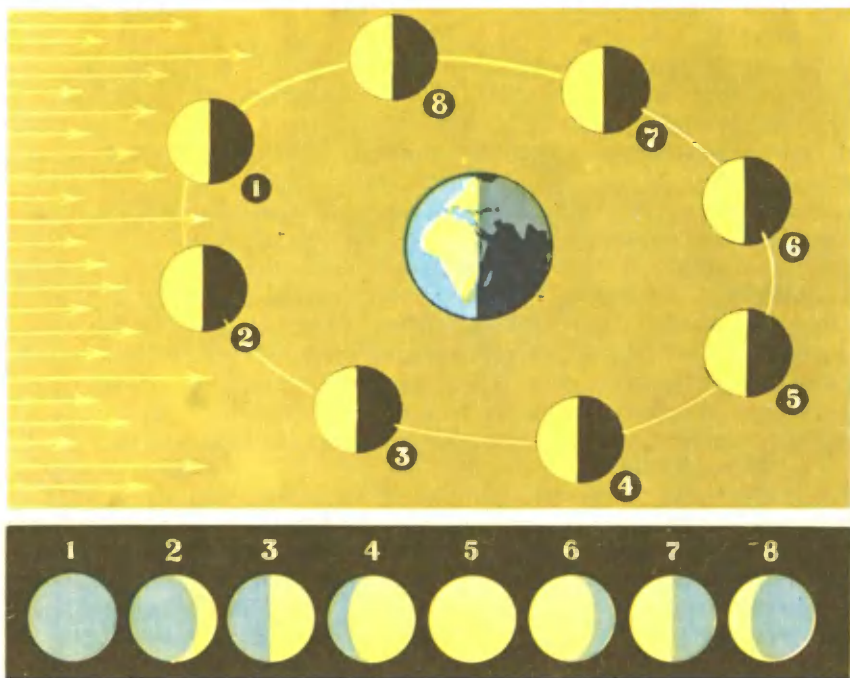


Рис. 46. Смена лунных фаз.

каждым днем растет и примерно через неделю превращается в половину круга, с выпуклостью, обращенной 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 выпуклостью, обращенной влево, который, уменьшаясь с каждым днем, наконец исчезает в лучах восходящего Солнца.

Наблюдения показывают, что от новолуния до следующего новолуния проходит около $29\frac{1}{2}$ сут, т. е. немногим меньше одного календарного месяца. Кстати сказать, и само 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 полно-

луния — «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 земной наблюдатель увидит другие, уже знакомые нам лунные фазы (см. рис. 46). 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. 47). 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. 47. Опыт, объясняющий лунные фазы.

«Пепельный свет» Луны

Когда серпик Луны бывает узким, легко заметить, что остальная часть Луны также освещена. Ее слабый свет отдаленно напоминает свечение тлеющего уголька, покрытого пеплом, почему опи-

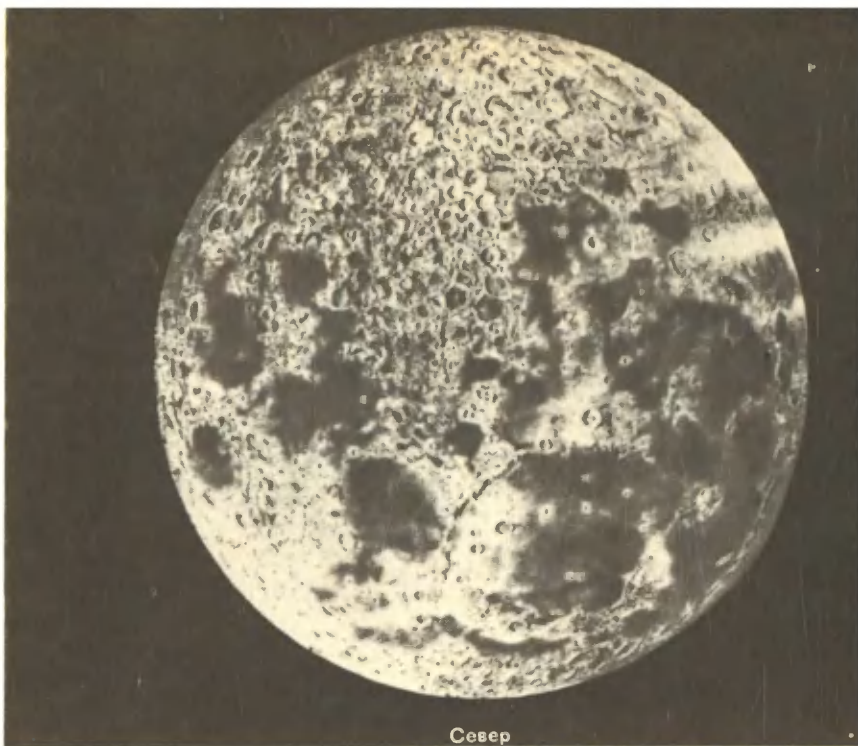


Рис. 48а. Рельефная фотография Луны (вид в телескоп).

Тихий океан, «пепельный свет» становится голубоватым, а когда материковое полушарие Земли (Евразия, Африка и Австралия), то желтоватым.

Лунные «моря»

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 в. 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 6 раз слабее Земли. Из-за слабого притяжения Луна никогда не могла удержать вокруг себя атмосферу.

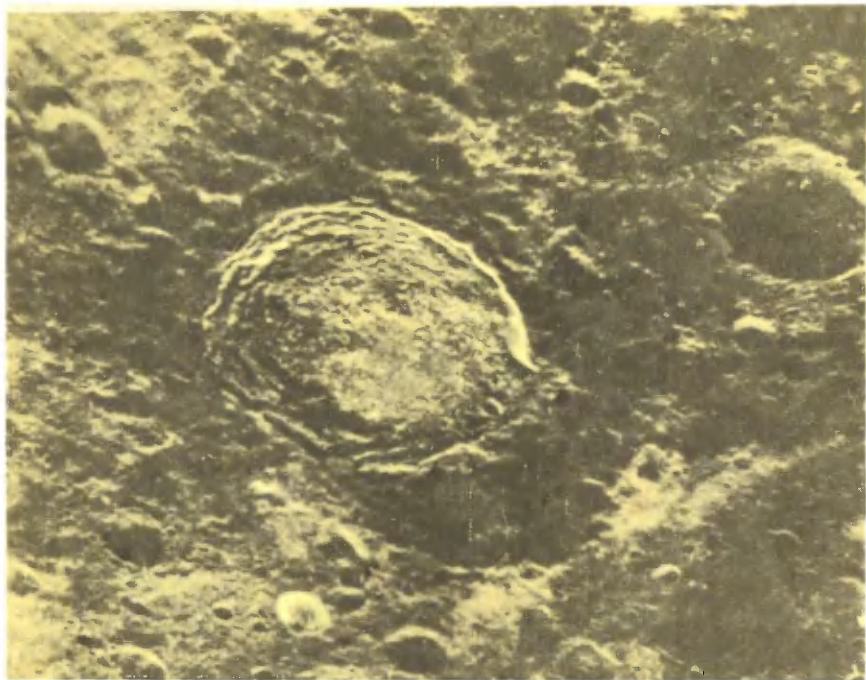


Рис. 49. Фотография поверхности обратной стороны Луны, полученная автоматической межпланетной станцией «Зонд-6».

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, породами.

Знание главнейших из лунных морей для астронома так же необходимо, как и знание созвездий. На рисунке 48 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. 48). Левый «глаз» лунной физиономии — это Море Спокойствия с двумя отростками — Морем Изобилия и Морем Нектара. Под «глазом» видно овальное темное пятно, именуемое Морем Кризисов, или Опасностей.

«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 линия под ним — это

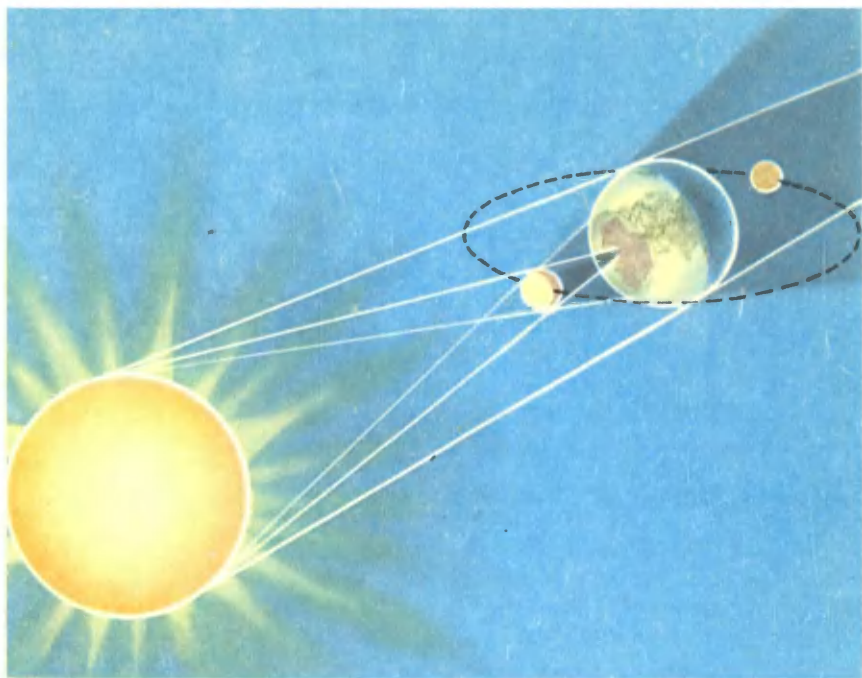


Рис. 50. Причина солнечных и лунных затмений.

наименее заметное из лунных морей — Море Холода. Правая «щека» Луны как будто вся в синяках и кровоподтеках. Называется она Океаном Бурь, залив которого в верхнем правом углу получил наименование Моря Влажности.

Отыщите на настоящей Луне все эти моря и попробуйте сделать 5–6 рисунков Луны в разных фазах с наблюдаемыми 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 установить один важный факт. 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 глаз. Средствами космонавтики доказано, что невидимая сторона Луны по своей физической

природе мало чем отличается от того полушария, которое доступно наблюдению (рис. 49).

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 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, т. е. совершите полный оборот вокруг своей «оси».

Солнечные и лунные затмения

При движении Луны вокруг Земли иногда происходят солнечные и лунные затмения (рис. 50). 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 полностью покрывается Луной, вокруг затмившегося Солнца вспыхивает жемчужно-серебристое сияние — так называемая солнечная корона (рис. 51). 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 (рис. 52).

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 и гелий. 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.

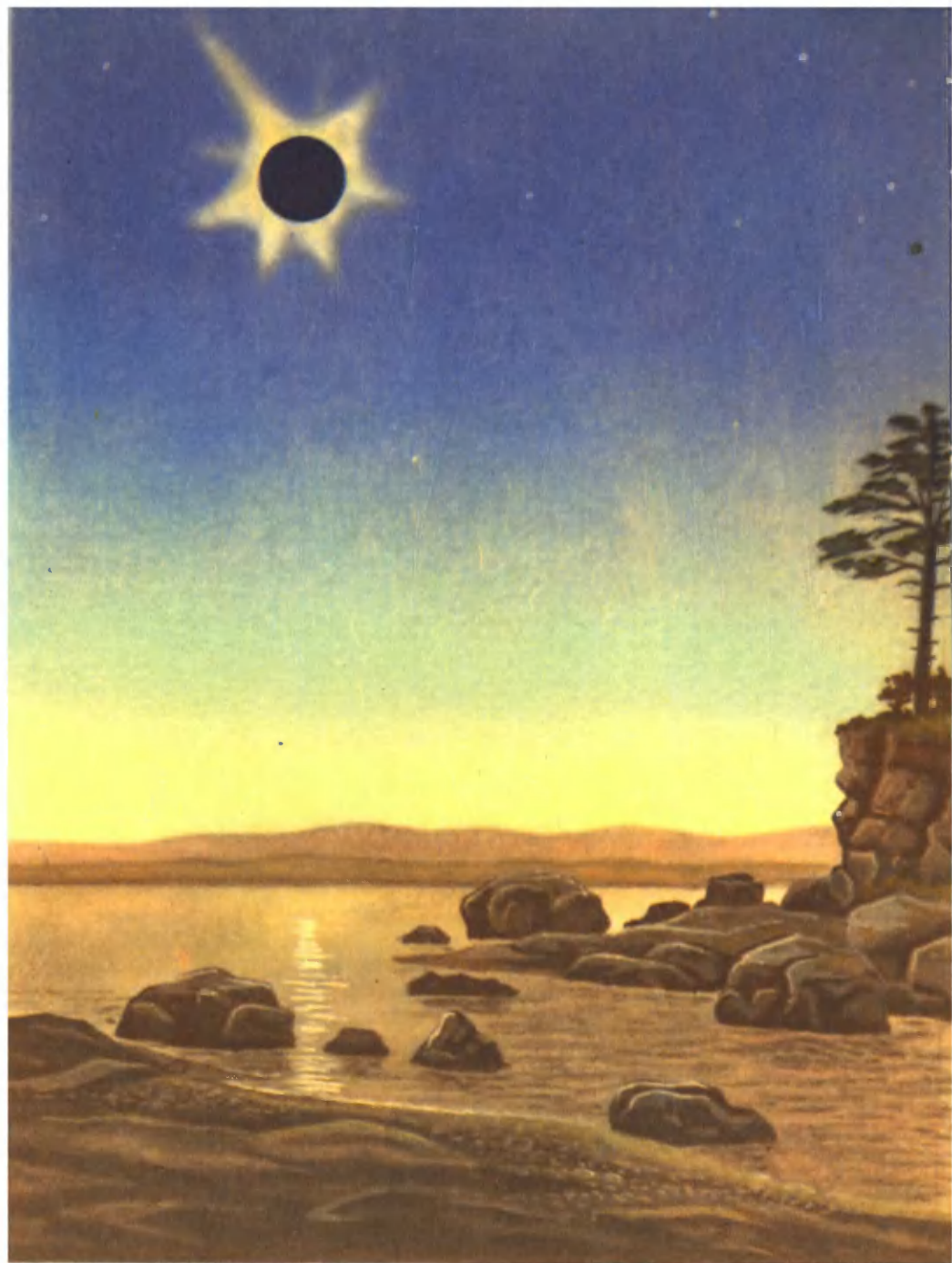




Рис. 52. Картина солнечного затмения на Луне.

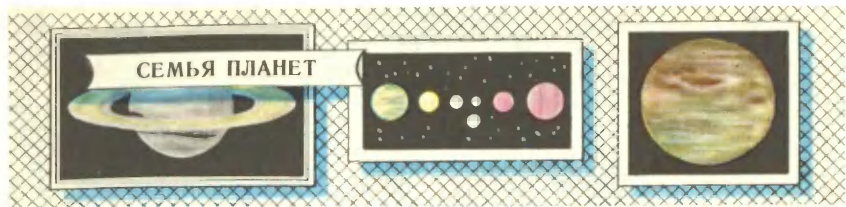
Когда Луна при движении вокруг Земли сама попадает в тень, отбрасываемую Землей в мировое пространство, наступает лунное затмение. Часть солнечных лучей, преломившись в земной атмосфере, входит внутрь конуса земной тени. Из-за них в момент полного затмения Луна все же остается видимой. Земная тень на 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 $18\frac{1}{2}$ 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.



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.

Видимые движения планет

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 пронырливого 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 (рис. 53).



Рис. 53. Вид Марса с одного из его спутников.

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. Загадочные петли, выписываемые планетами на звездном небе, способствовали распространению самых нелепых суеверий. В древности и в средние века многие серьезно верили, что планеты 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.

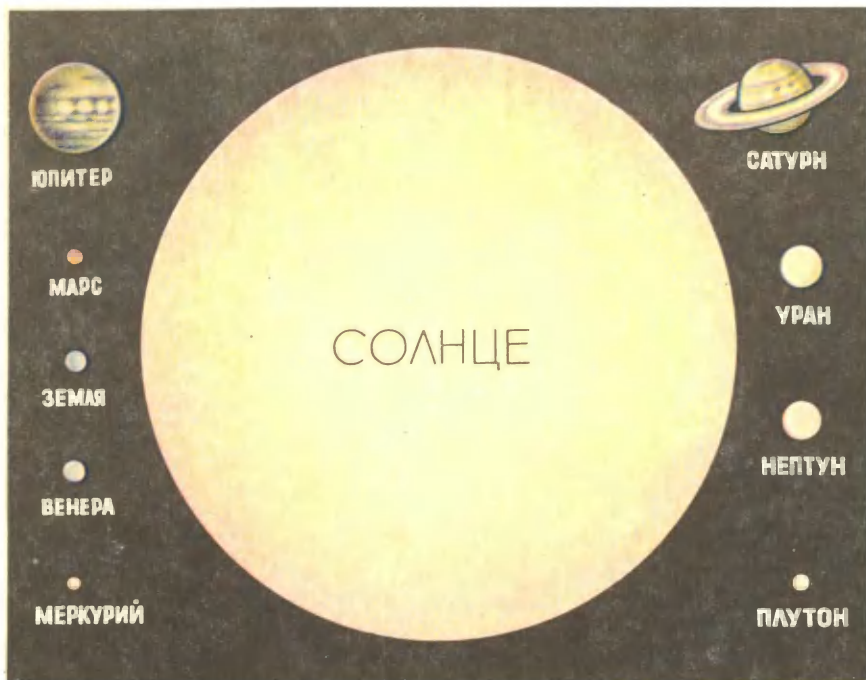


Рис. 54. Сравнительные размеры Солнца и планет.

Солнце и планеты

На рисунке 54 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 г. Она на небе кажется звездочкой 5-й звездной величины, так что, если знать участок неба, где находится в данный момент Уран, то эту планету можно увидеть и невооруженным глазом. Открытые в 1846 г. Нептун и в 1930 г. Плутон являются самыми далекими от Солнца планетами. Нептун недоступен невооруженному глазу, но в бинокль его можно разглядеть, как звездочку 8-й звездной величины. Что же касается Плутона, то, являясь светилом 15-й звездной величины, эта планета доступна для наблюдений только в мощные современные телескопы.

Рис. 55. Фотография Юпитера. →





Рис. 56. Вид Юпитера с одного из его спутников. На поверхности Юпитера видны Красное Пятно и тени от других спутников.

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, Венеру, Марс.

Все они, как и Земля, состоят в основном из тугоплавких каменных веществ и окружены атмосферами, причем плотность атмосферы Меркурия ничтожно мала.

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

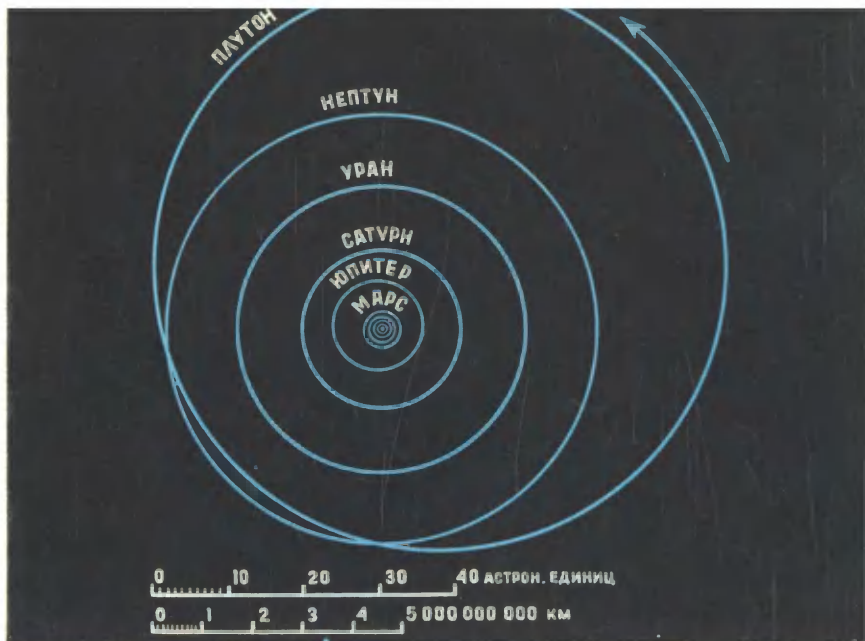


Рис. 57. Солнечная система.

покрывают поверхность Плутона. Возможно, что, кроме Плутона, к третьей группе далеких планет прибавятся и другие, пока не открытые спутники Солнца.

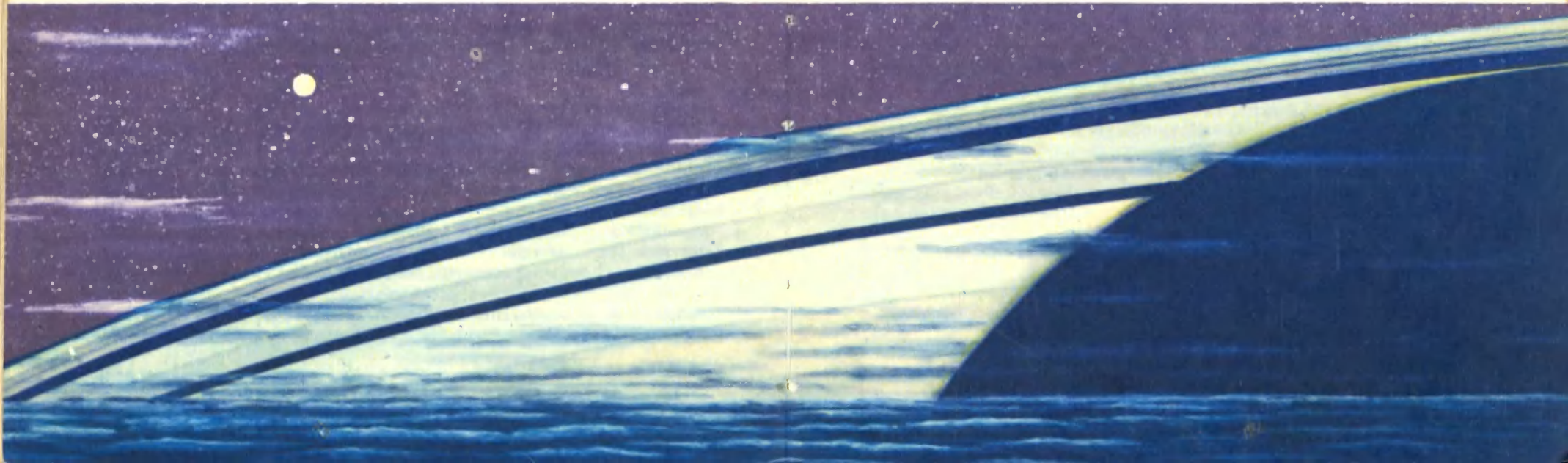
Солнечная система

На рисунке 57 изображен план солнечной системы: в центре — Солнце, а вокруг — орбиты различных планет. На чертеже солнечная система кажется маленькой, но на самом деле ее поперечник близок к 12 млрд. км. 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 поэтому их катастрофическое столкновение невозможно. Если посмотреть на солнечную систему сбоку, в плоскости чертежа, то легко убедиться, что все планеты обращают-



†Рис. 58. Вид Сатурна с одного из его спутников. Кольцо повернуто к наблюдателю ребром и отбрасывает тень на планету.

Рис. 59. Другой вид кольца Сатурна с его спутника. Заметны щели в кольце.



ся вокруг Солнца почти в одной плоскости, кроме Плутона, плоскость орбиты которого наклонена к плоскостям орбит остальных планет под углом 17° . Чем дальше планета от Солнца, тем больше продолжительность ее «года», т. е. период оборота вокруг Солнца. У ближайшей к Солнцу планеты Меркурия 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.

Чтобы отыскать планеты на небе, надо знать их внешние отличия и хотя бы созвездие, в котором они в данный момент находятся. Мы уже упоминали о характерных особенностях внешнего вида каждой из планет. Сведения о видимости планет на ближайший месяц можно найти в «Школьном астрономическом календаре» на данный учебный 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.

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 звездной 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 звездной величины. Отсутствие мерцания, большая яркость и характерный цвет сильно облегчают отыскание всех трех планет.

Найдя планеты на небе, займемся изучением их движений.

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

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 движутся с запада на восток. Такое движение планет называется прямым. Если планета описывает петлю, ее прямое движение временно сменяется попятным, а при смене направления 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 земному наблюдателю кажется, что планеты описывают на небе петли.

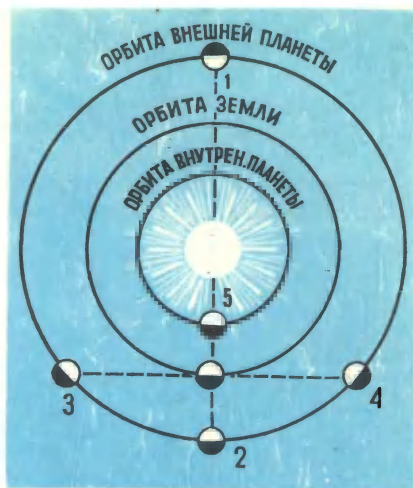


Рис. 60. Конфигурации планет.

Конфигурации планет

Взаимные расположения планет и Земли на их орбитах называются конфигурациями планет (рис. 60). Когда планета находится в точке, прямо противоположной Солнцу, то такая конфигурация называется противостоянием 2. 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 1. У внутренних планет, Меркурия и Венеры, бывают еще нижние соединения 5, когда эти планеты находятся перед Солнцем. Наконец, положения, при которых элонгация планеты становится равной 90° или 270° , носят названия восточной и западной квадратур 3 и 4.

КОМЕТЫ, МЕТЕОРЫ 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.

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 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 луковницы ростки, прозрачный, струйчатый хвост, — таков внешний вид типичной кометы.



Движение и внешний облик комет

Зато, когда кометы проносятся близко от Земли, они являются собой великолепное зрелище. Вначале, когда комета еще находится на значительном расстоянии от Земли (300—400 млн. км), астрономы обнаруживают ее как маленькое туманное пятнышко. С каждым днем, приближаясь к Земле и Солнцу, комета растет и в размерах и в яркости (рис. 61).

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 (рис. 62). 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.

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 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 яркое дневное светило кажется обычной звездой.

Строение комет

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,

Рис. 62. Фотография типичной кометы. →



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 известных рекламных 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.

Распад комет

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. 63).

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 массой 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, разогревая его и заставляя ярко светиться, а сами, побежденные сопротивлением

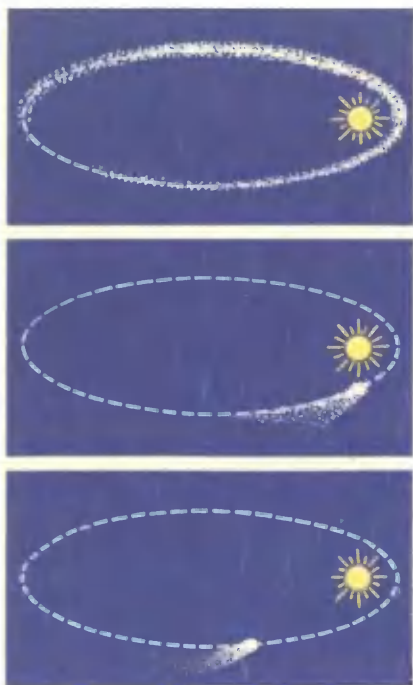


Рис. 63. Постепенное превращение кометы в метеорный поток.

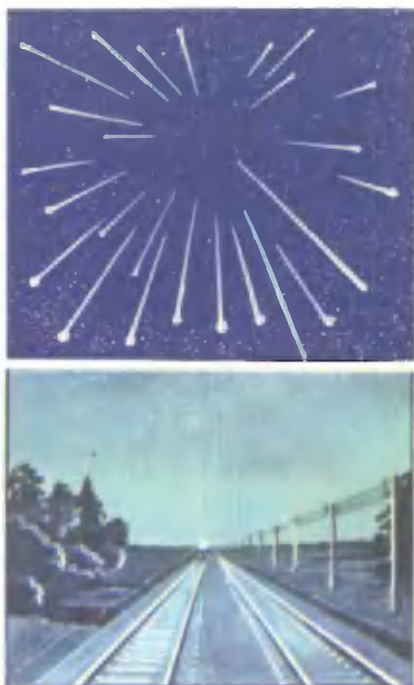


Рис. 64. Радиант метеорного потока.

атмосферы, полностью разрушаются на высоте около 80 км, создавая впечатление упавшей звезды. Некоторые из метеорных тел — остатки распавшихся кометных ядер, другие представляют собой маленькие метеоритики, т. е. самостоятельные спутники Солнца, как бы сверхкарликовые планетки.

Метеоры и метеориты

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, т. е. 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. 64).

У каждого метеорного потока есть свой радиант. По созвездию, где расположен этот радиант, получает наименование и сам поток. Так, например, в десятых числах августа много падающих звезд появляется в созвездии Персея, а потому и порождающий их метеорный поток получил название «персеид».

Среди великого множества космических твердых частиц, непрерывно бомбардирующих Землю, иногда встречаются сравнительно крупные небесные камни — метеориты. Если масса 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 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 масса метеоритов различны. Из найденных на Земле небесных камней самым крупным является метеорит «Гоба», обнаруженный в 1920 г. в Юго-Западной Африке. Его масса равна 60 т. В 1947 г. на Дальнем Востоке в районе Сихотэ-Алинского хребта упал огромный метеорит, масса которого до влета в атмосферу достигала 1500 т. Очень редко, примерно раз в тысячелетие, с Землей сталкиваются исполинские метеориты, массой в сотни тысяч и миллионы тонн.

Астрономы исследовали метеориты и убедились, что небесные камни имеют такой же состав, какой имеют земные породы. 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.

Метеориты массой в килограмм создают впечатление очень яркой падающей звезды, превышающей по блеску даже наиболее яркие из звезд. Более крупные метеориты при падении порождают явление, называемое болидом. На глазах наблюдателя ослепительно яркий метеорит нередко раскалывается на части, а ухо наблюдателя улавливает шум, напоминающий отдаленные раскаты грома.

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.

О том, что звезды на самом деле представляют собой далекие солнца, 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.

Расстояние до звезд

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 гг. 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 300 000 км, 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 миллиардов километров). В астрономии используют другую, несравненно более крупную меру расстояний — световой год. Так называют расстояние, которое луч света проходит за один год. Оно огромно — около $9\frac{1}{2}$ миллиардов 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 Капелла (45 св. лет) и очень далек Денеб. От этой третьей вершины «летнего треугольника» луч света должен лететь 560 лет! Из ярких звезд только Бетельгейзе и Беллятрикс дальше Денеба: расстояние до обеих звезд одинаково и равно 650 световым годам.

Рис. 65. Основные типы звезд. →

СВЕТИМОСТЬ ЗВЕЗД (СВЕТИМОСТЬ СОЛНЦА = 1)

10 000
100
1
 $\frac{1}{100}$
 $\frac{1}{10000}$

КРАСНЫЕ
ГИГАНТЫ

ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

20000

10000

8000

6000

4000

3000



ТЕМПЕРАТУРА

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. 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, отсюда вытекает, что все звезды мы видим в прошлом, т. е. 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 560 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.

Размеры и масса звезд

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. В следующей таблице приведены диаметры звезд, выраженные в поперечниках Солнца.

Название звезд	Диаметр звезд в поперечниках Солнца	Название звезд	Диаметр звезд в поперечниках Солнца
Антарес	300	Арктур	27
Канопус	40	Денеб	19
Альдебаран	38	Капелла	16

Все эти звезды относятся к числу гигантов, а наиболее крупным из них присвоено даже название сверхгигантов (рис. 65). Есть, однако, в мире звезд и такие, которые по своим размерам мало отличаются от Солнца. Таковы Сириус, Альфа Центавра, Вега, Процион и др.

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

Несмотря на огромные различия в размерах, массы 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, масса Антареса в 50 раз больше массы Солнца, масса Ригеля составляет 40 солнечных масс, масса Денеба — 35 солнечных масс. Массы же 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. Сердняя 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! Поэтому изучение звезд представляет интерес и для астрономии, и для физики.

Цвет, температура и светимость звезд

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 градусов¹. Далее идут: оранжевые звезды (4500° С), желтые звезды, к числу которых принадлежит и наше Солнце (6000° С), белые (7500° С), голубовато-белые (10 000° С) и голубые (15 000—20 000° С). Существует, наконец, редкий класс очень горячих звезд, которые также можно отнести к числу «голубых». Температура их поверхности достигает 25 000—30 000° С.

Из приведенной здесь таблицы вы узнаете температуры и цвета различных звезд. Найдите их типичных представителей на небе и убедитесь, правильно ли указана в таблице окраска этих звезд.

Цвет	Температура (в тысячах градусов)	Типичные звезды
Голубые	15—20	Спика, Ригель, Регул
Голубовато-белые	10	Сириус, Вега, Альтаир, Денеб
Белые	7,5	Процион
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, т. е. 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,

¹ Для перевода градусов шкалы Цельсия в Кельвины (К) прибавляем к указанным температурам 273.

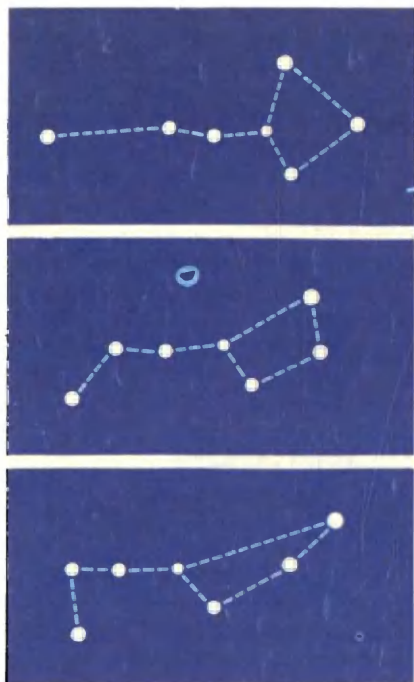


Рис. 66. Вид ковша Большой Медведицы 50 000 лет назад (вверху), в настоящее время и спустя 50 000 лет (внизу).



Рис. 67. Вид созвездия Орион в современную эпоху (вверху) и через миллион лет.

чем Солнце. Помести эту звезду на место Солнца — и жизнь на Земле прекратилась бы; более того, под испепеляющим действием лучей Ригеля вся Земля обратилась бы в раскаленный газ! Немного 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.

Движения звезд в пространстве

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 желания вся солнечная система, возглавляемая Солнцем, со скоростью 20 км/с движется по направлению к созвездию Геркулеса. Двигутся в пространстве и другие звезды — одни быстрее Солнца, другие медленнее.

Рано или поздно благодаря непрерывному движению звезд фигуры созвездий изменятся. Потеряет правильную форму ковш Большой Медведицы (рис. 66, 67), сложит свои крылья Лебедь, выпадут бриллианты из пояса Ориона. 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.

Новые и переменные звезды

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» 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 в. до нашей эры). В эпоху средневековья арабские астрономы обнаружили, что некоторые звезды периодически меняют свою яркость. В XVII—XIX вв. 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, с. 172). Вершина его, обращенная к Кассиопее, отмечена переменной звездой δ . Изменчивость ее блеска была открыта еще в конце XVIII в. Выяснилось, что блеск δ Цефея меняется периодически в пределах от 3,6 звездной величины до 4,3 звездной величины. Период изменения блеска этой звезды охватывает 5,366 суток, т. е. 5 дней 8 часов 48 минут.

Установлено, что причиной колебания блеска 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 несколько тысяч таких же пульсирующих звезд, как и δ Цефея. Подобные звезды носят название «цефеиды». 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 возрастание и убывание блеска, а также периоды его изменения у них значительно больше. Такие звезды называются 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. По-видимому, кроме пульсации звезды, здесь происходит также периодическое помутнение ее атмосферы. Типичным представителем долгопериодических переменных является звезда Омикрон (σ) созвездия Кита, прозванная Удивительной. В момент максимального блеска Удивительная становилась иногда звездой 1,5 звездной величины, а в минимуме блеска опускалась до звезд 10-й звездной величины. Весь период изменения блеска этой звезды занимает немногим меньше года, точнее $331\frac{1}{2}$ сут.

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 неправильные, 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 звездной величины, у второй — от 3,1 до 3,9 звездной величины.

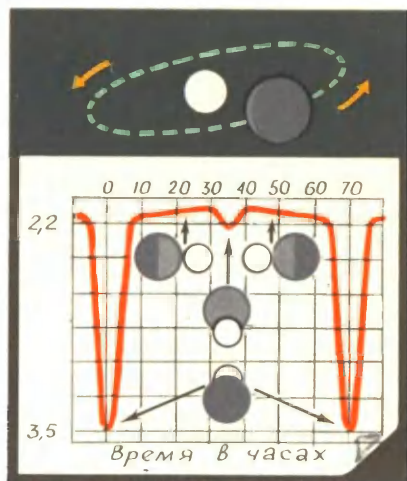


Рис. 68. Переменная звезда Алголь.

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», объясняются тем, что накопившаяся в недрах звезды внутриатомная энергия иногда внезапно освобождается и звезда при этом 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 звездной 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. 68). 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 уменьшается. Причина этого «вторичного минимума» в том, что с Земли и Алголь и очень близкий к нему спутник сливаются для нашего глаза в одну звезду, и мы воспринимаем общий блеск обеих звезд. Отсюда ясно, что затмевает ли спутник Алголь 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 звезды другою. Количество же света, излучаемое обеими звездами, на самом деле не меняется.

На рисунке 68 показана кривая изменения блеска Алголя. В течение 2 дней и 11 ч Алголь светит с постоянным блеском в 2,2 звездной величины. Затем в течение 4½ ч его блеск уменьшается до 3,5 звездной 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 сут.

Есть среди затменно-переменных такие звезды, у которых блеск меняется непрерывно. К ним относится одна из наиболее удобных для наблюдений переменных звезд — β Лиры. Яркость ее меняется с периодом почти в 13 сут 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, т. е. на самом деле состоит из двух звезд, сливающихся для нашего

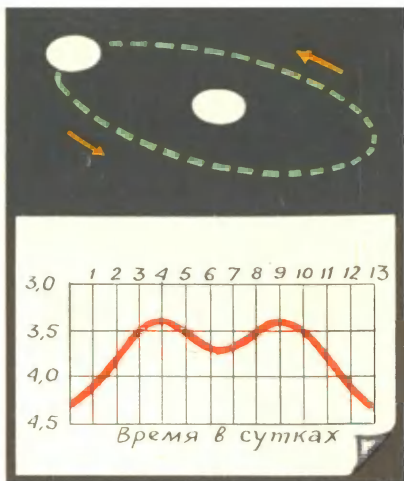


Рис. 69. Переменная звезда β Лиры.

глаза в одну (рис. 69). 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. 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.

Двойные звезды

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, т. е., иначе говоря, наше небо было бы украшено 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 (рис. 70).

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. Обе звезды, составляющие эту пару, хорошо видны невооруженным глазом. Более яркая из них, 2-й звездной величины, носит название Мицар, а ее спутник, 5-й звездной величины, — Алькор. Такие названия дали этим звездам арабы, которые, как рассказывает предание, проверяли по ним зоркость юных воинов.

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.

Рис. 70. Вид неба с планеты, принадлежащей к системе двойной звезды. →



Результат получается несколько неожиданным: оказывается, Мицар отстоит от Алькора почти в 17 000 раз дальше, чем Земля от Солнца. 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. Не удивительно, что за несколько сотен лет, протекших с момента открытия этой звезды арабами, Алькор не обнаружил заметного смещения.

Вот еще примеры двойных звезд, 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 звездной величины, другая 4,5 звездной величины. 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 4). Главная звезда 3,8 звездной величины, а ее спутник, отстоящий от нее на $22'$, является звездой 4,5 звездной величины. В северной части того же созвездия, недалеко от звезд π и σ , видна любопытная двойная звезда ν Стрельца. Обе составляющие ее — звезды 4-й звездной величины, а расстояние между ними почти такое же, как между Мицаром и Алькором ($12'$). Звезда ν Стрельца интересна тем, что это первая из двойных звезд, замеченных человеком. О ней писал еще Птолемей, называя ν Стрельца «туманной» и «двойной», а позже ею интересовался Улугбек и другие выдающиеся астрономы. Список других двойных звезд см. в приложении.

Звездные скопления

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, наиболее красивы уже упомянутые нами ранее Плеяды.

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



Рис. 71. Видимые размеры Плеяд и Луны. Главная звезда Плеяд — Альциона. 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 звездной величины, а остальные — 4-й и 5-й звездной величины. С первого взгляда кажется, что Плеяды занимают такой маленький участок неба, что полная Луна, без сомнения, их закроет. На самом деле это не так (см. рис. 71). Кстати, легко проверить наблюдениями правильность рисунка: Плеяды лежат очень близко от эклиптики, и нередко можно наблюдать интересное явление — частичное покрытие Плеяд движущейся среди звезд Луной.

Исследование отдельных звезд в Плеядах показало, что все они движутся в одном направлении и, следовательно, на самом деле образуют звездное скопление.

Расстояние до Плеяд луч света преодолевает за 490 лет. Помещенное среди Плеяд, наше Солнце казалось бы слабой звездочкой 10-й звездной величины, доступной для наблюдения лишь в телескопы.

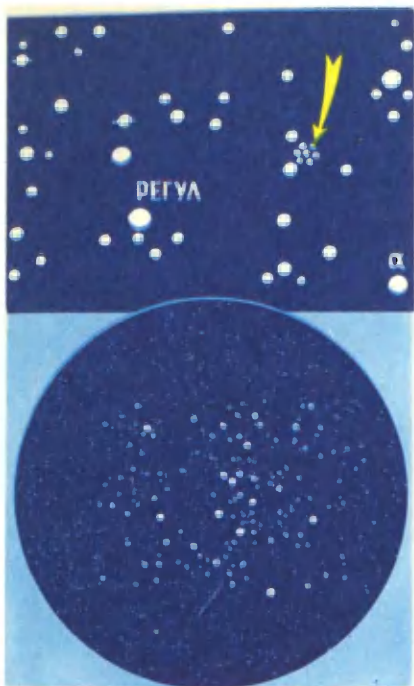


Рис. 72. Ясли — рассеянное звездное скопление в созвездии Рака.

Между тем Альциона и другие звезды Плеяд хорошо видны невооруженным глазом. Отсюда следует, что звезды Плеяд принадлежат к числу звезд-гигантов, а поперечник 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 3–5-й звездной величины, окружающих Альдебаран¹. 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, Солнце оказалось бы звездой, недоступной для невооруженного глаза,

а это означает, что звезды Гиад обладают гораздо большими размерами и светимостью, чем наша 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 принести в жертву богам 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

¹ Альдебаран к Гиадам не относится.

Птолемея; 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. 72).

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; 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 познакомимся. 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 миллиарды 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 туманности.

Газовые туманности

Примером такого межзвездного вещества может служить знаменитая туманность в созвездии Ориона (рис. 73). 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



Орион

туманность Ориона вполне доступна для невооруженного глаза, она была неизвестна древним астрономам. Ее случайно обнаружили в 1618 г., 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 др.), 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 ошибочно 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 эти звезды, и туманность станет невидимой.

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.

Млечный Путь и Галактика

Когда ночи бывают достаточно темны, на небе легко заметить беловатую, неправильных очертаний полосу Млечного Пути. У древних греков была распространена легенда, будто Млечный Путь —

← Рис. 73. Туманность Ориона.

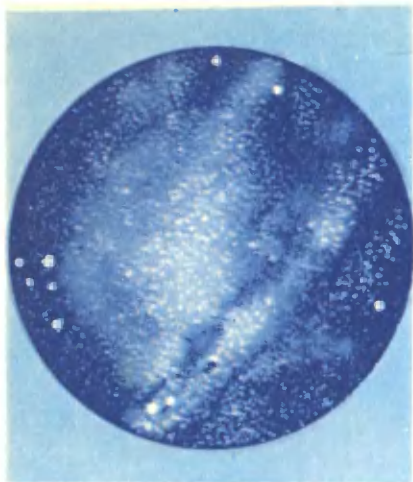


Рис. 74. Вид Млечного Пути в телескоп.

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 (см. карту 4).

Раздвоение Млечного Пути только кажущееся. На самом деле в этом направлении 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».

это то молоко, которое пролила богиня Гера, когда кормила младенца Геркулеса. Впрочем, один из греков, знаменитый философ Демокрит, живший в V—IV вв. 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. 74). Грандиозное скопище миллиардов солнц, из которых, что весьма вероятно, многие окружены планетами с обитающими на них разумными существами, — вот что такое Млечный Путь!

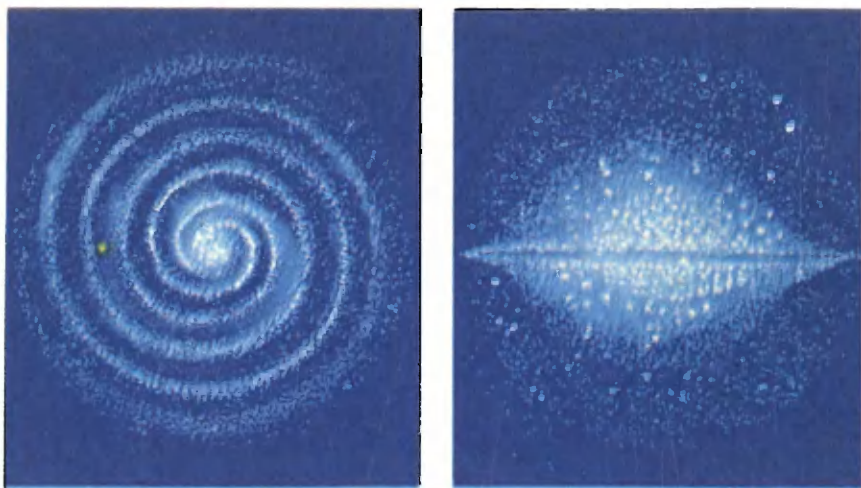


Рис. 75. Схема строения Галактики. Желтым кружком слева отмечено положение Солнца.

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 (рис. 75).

Астрономы назвали этот «звездный остров» Галактикой. В него входит примерно 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 Солнце и остальные звезды обращаться вокруг ядра. Долог путь Солнца вокруг центра Галактики: Солнце вместе с Землей и другими планетами завершает его только за 200 миллионов лет! Такова продолжительность галактического года, который 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. Все видимые в этих направлениях звезды и представляются нам на небе Млечным Путем. Если 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.

Туманность Андромеды и другие галактики

В созвездии Андромеды, недалеко от звезды β (рис. 76), в темную ночь зоркий глаз легко различит маленькое овальное туманное пятнышко. Впервые его заметили арабские астрономы еще в X в. Внешне оно напоминает туманность Ориона, поэтому и получило в XVII в. 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. 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!

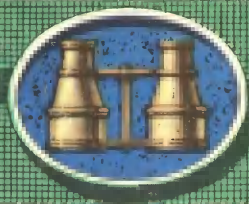
Рис. 76. Туманность Андромеды и ее расположение на небе. →



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 скоростью, как и лучи света, — 300 000 км/с. Несмотря на это, если бы сегодня отправилась в далекий путь ваша радиограмма, то она достигла бы места назначения через 2,2 миллиона 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 более двух миллионов 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.



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 гениальная система Коперника, вероятно, навсегда бы осталась гипотезой, т. е. более или менее вероятным предположением.

Изобретение телескопа

В действительности история астрономии сложилась иначе. Бурное развитие торговли в XV—XVI вв., 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 г. 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 Липперсгейем и два других голландца сделали подобное же открытие.

Первая зрительная труба, «приближающая» далекие предметы, была изготовлена в виде бинокля, т. е. пары труб для наблюдения обоими глазами. Но это еще не был телескоп — оптический инстру-

мент 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 Падуе проживал знаменитый последователь Коперника, астроном и основатель классической 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 укрепленных в ней линз (рис. 77, а). Первая из них, обращенная к предмету (объекту) и называемая поэтому объективом, была плоско-выпуклой, собирающей линзой. Другая линза, к которой наблюдатель прикладывал свой глаз, называлась окуляром. Окуляр в трубе Галилея был рассеивающей линзой, 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 зрения, 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 театральные бинокль, то наилучшая из галилеевских труб давала увеличение в 33 раза. Все они были далеки от современных телескопов — даваемые ими изображения получались нерезкими, размытыми, с радужной каймой по краям. Причина этого лежала в оптических искажениях, абберациях, свойственных всем линзам. И все же с такими крайне скромными средствами Галилей сделал великие открытия.

Он был первым из людей, взглянувшим на небо вооруженным 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 обнаружены многочисленные неровности — лунные горы, что доказывало сходство лунного

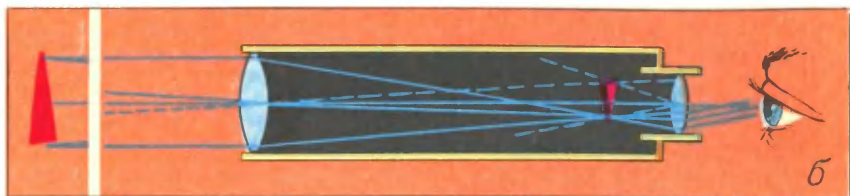
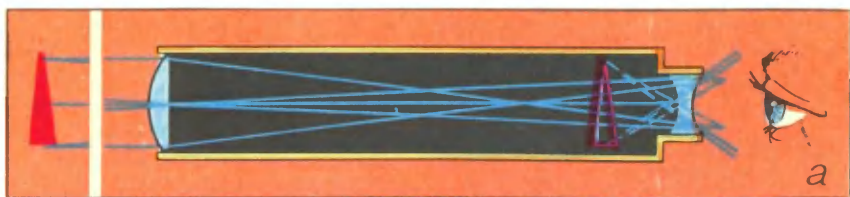
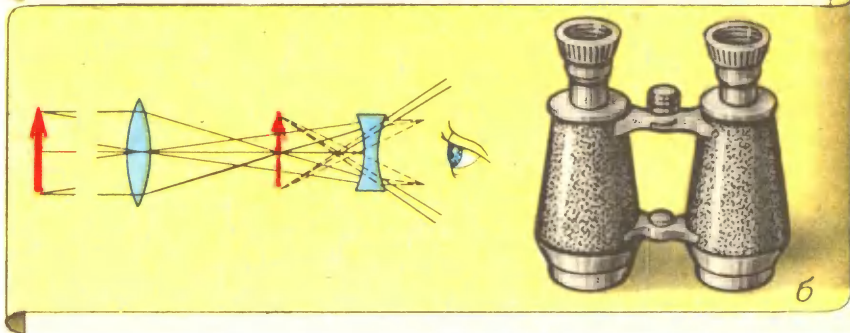
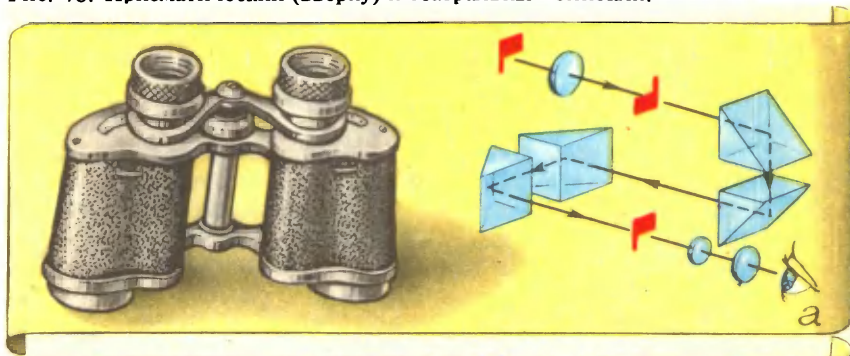


Рис. 77. Устройство телескопов Галилея (вверху) и Кеплера.

Рис. 78. Призматический (вверху) и театральный бинокли.



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 маленькие звездочки, меняющие свое расположение по отношению к планете. Галилей совершенно правильно увидел в Юпитере 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, увидел его состоящим из множества звезд. Кроме того, в любой области неба, куда бы ни направлял Галилей свой телескоп, он наблюдал 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.

Театральный и призматический бинокли

Телескоп Галилея дошел и до наших дней в форме театрального бинокля (рис. 78, б). 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, т. е. наведение на резкость, производится вращением кремальеры, помещенной между трубками.

Поле зрения театрального бинокля сравнительно мало и, как правило, не превышает 5° . Кроме того, 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 построил 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 (см. рис. 77, б).

Кеплеровский телескоп был явно лучше галилеевского. Он давал значительно большие 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. 78, а).

На схеме вы видите, что луч света, пройдя через объектив, попадает затем на призмы, которые, изменив несколько раз направление луча, отбрасывают 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 линз, которые совместно действуют, как одна собирающая линза. Окуляр, так же как и объектив, представляет собой систему из двух собирающих линз, но отстоящих друг от друга на некотором расстоянии. Все эти усложнения делаются для одной цели — уменьшения искажений, вносимых линзами.

Призматический бинокль гораздо лучше театрального. Он дает лучшие изображения, поле зрения в нем повсюду одинаково ярко



Рис. 79. Простейшая подставка для бинокля.

и достигает в поперечнике около 8° . Большинство призматических биноклей шестикратные, т. е. дающие увеличение в 6 раз, но есть и восьмикратные и даже двенадцатикратные бинокли.

Диаметр объектива шестикратного бинокля больше, чем у театрального, и равен 30 мм. 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 др.

При наблюдении 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 79. 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.

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 темные пятна.

Наблюдения солнечных пятен

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 м укрепляют две доски, на одной из которых устанавливают бинокль. На объектив бинокля надевают ширму, отбрасывающую тень на нижнюю доску, где прикрепляют 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, их можно видеть и на экране. Зная диаметр изобра-

жения Солнца на экране, заранее заготовьте на отдельных листах плотной 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. Вообще 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 период вращения Солнца близок к 34—35 сут.

Природа Солнца

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°C , а в недрах Солнца жара достигает $15\,000\,000^{\circ}\text{C}$.

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. Строго говоря, у любого газового шара нет вполне определенной внешней границы, как у твердых тел, — плотность газовых шаров с удалением от их центра постепенно сходит на нет. Под поверхностью Солнца условно понимают тот относительно тонкий почти непрозрачный слой газа (толщина его не более 200 км), который отделяет внутренние области Солнца от его внешней и вполне прозрачной атмосферы. Так как от этой условной поверхности Солнца исходит основная доля его тепла и света, астрономы называют ее фотосферой (что в буквальном переводе с греческого языка означает «сфера света»).

Поверхность Солнца — это постоянно бушующий океан раскаленных газов. В нем нередко возникают колоссальные округлые области, в которых солнечные газы за счет воздействия магнитных сил несколько охлаждаются по сравнению с остальной солнечной поверхностью. Эти области 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 на 1500°C меньше температуры остальной солнечной поверхности.

Те солнечные пятна, которые становятся доступными для наблюдений в бинокль или даже невооруженным глазом, огромны (рис. 80). По диаметру они превосходят земной шар.



Рис. 80. Солнечные пятна и Земля.

Лунные горы

Если в бинокль мы обнаруживаем на Солнце следы грандиозных движений, в сравнении с которыми сильнейшие земные ураганы кажутся пустяком, то совершенно иная картина 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 можно легко заметить многочисленные 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. Есть на Луне и обширные горные цепи, напоминающие по своей форме земные горы.

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 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 Лангрена (номер 100), а левее Лангрена 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 2—3 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 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 кратеры, 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.

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, возможно, и поныне действующие вулканы. Когда-то из их жерл изливалась раскаленная лава, которая потом застыла в виде кольцевых гор — лунных кратеров. Многие из лунных кратеров образовались при падении на Луну метеоритов.

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.



Из всех членов солнечной системы, доступных для наблюдения в бинокль, Луна и Солнце, несомненно, самые подходящие. Что касается планет, бинокль бессилен существенно увеличить их изображение. При рассматривании в бинокль все они кажутся почти такими же, как и при рассматривании невооруженным глазом. Правда, около Юпитера иногда удается увидеть крупнейшие из его спутников. Зато в мире звезд бинокль открывает много нового и интересного.

Наблюдения звезд в бинокль

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 театральные бинокли можно наблюдать звезды до 7,5 звездной величины, в обычный шестикратный призматический бинокль — до 8,5, а при очень хороших атмосферных условиях — даже до 9-й звездной величины. Таким образом, если невооруженный глаз видит на всем небе не более 6 тысяч звезд, то в призматический бинокль доступны наблюдению 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 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 доступных биноклю звезд измеряется сотнями. Многие из переменных недостаточно исследованы, и поэтому наблюдения таких звезд ценны для науки¹.

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 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 вы найдете список наиболее интересных двойных звезд, доступных для наблюдения в шестикратный призматический бинокль. Приведем дополнительные сведения о некоторых из них.

Кратные звезды

В созвездии Лебеда почти на середине расстояния между α и δ этого созвездия находится тройная звезда α^2 Лебеда. Главная звезда 4-й звездной величины имеет двух спутников. Более яркий спутник (5,5 звездной величины) отстоит от нее на $5'38''$. Второй спутник (7,5 звездной величины) отстоит на $1'47''$ от главной звезды. 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. Их называют кратными звездами. Попробуйте себе представить, как выглядело бы небо на планете, освещенной

¹ Подробнее см. «Школьный астрономический календарь» на данный учебный год.

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. С помощью телескопа средней силы легко убедиться, что θ Ориона, кажущаяся в бинокль одиночной звездой, на самом деле состоит из шести звезд.

В созвездии Лиры звезды ζ и δ относятся к числу весьма красивых и легко доступных для наблюдения двойных звезд. Первая из них состоит из двух звезд—4,5 и 5,5 звездной величины,—находящихся друг от друга на расстоянии 44", причем более яркая из них—желтого цвета, а вторая—светло-зеленая. Составляющие

δ Лиры такие же по яркости, как и звезда 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 г., когда комета Галлея проходила вблизи γ Малого Коня, астрономы заметили ее двойственность. Главная звезда—4,5 звездной величины, а ее спутник, отстоящий на расстоянии 6'6",—6,0 звездной величины.

К сожалению, многие из двойных звезд, наблюдаемых в бинокль, принадлежат к оптическим парам.

Звездные скопления и туманности

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 скопища многих сотен солнц очень велико—луч

света преодолевает его за 4300 лет. 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 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 из наиболее известных шаровых скоплений является звездное скопление в созвездии Геркулеса (рис. 81). В темные ночи зоркий глаз различает его как маленькую, круглую туманную звезду. В бинокль оно кажется шариком, состоящим из светящегося тумана. На самом же деле это мощный шаровой рой звезд. Не удивительно, 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 34 000 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 плотного шарового 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 суще-

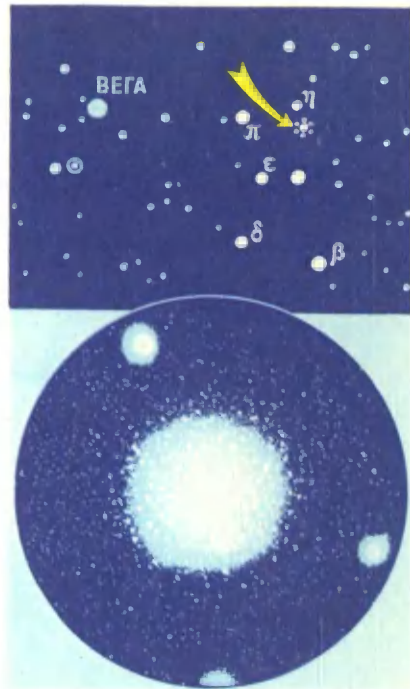


Рис. 81. Шаровое звездное скопление в созвездии Геркулеса.



Рис. 82. Планетарная туманность в созвездии Лисички.

близко к 43 тысячам световых лет. Внимательно изучите список звездных скоплений, указанных в приложении, 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 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. 82). Она принадлежит к особому классу так называемых планетарных туманностей. Внешне эти туманности отдаленно

створении Галактики, потому что ослепительный блеск звезд скопления 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 шаровую 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

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.

Наблюдения галактик

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 1,7 млн. световых лет. С помощью бинокля можно продвинуться несколько дальше вглубь вселенной.

Недалеко от туманности Андромеды, в созвездии Треугольника, глаз, вооруженный биноклем, может различить маленькое туманное пятнышко. Это внегалактическая туманность, т. е. грандиозная звездная система, состоящая из миллиардов звезд, как и галактика в созвездии Андромеды. Мы с Земли ее видим плашмя, поэтому в мощные современные телескопы спиралеобразное строение этого звездного острова хорошо заметно. Расстояние до галактики в созвездии Треугольника — 2,3 млн. 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 звездной 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 2,7 млн. световых лет, а вторая еще дальше — на расстояние 3 млн. 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 луч света шел 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 0,999 пути было им уже пройдено, 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 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 звездный «остров»—Галактика—решительно ничем не выделяется среди бесчисленного множества ему подобных «звездных островов».

Таковы выводы современной астрономии, навсегда развенчавшей наивные древние представления об исключительном, центральном положении Земли и человека во вселенной.

СПИСОК НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ И ТУМАННОСТЕЙ, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ В БИНОКЛЬ И САМОДЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП

Созвездие	Координаты		Тип	Диаметр (в минутах)	Общая яркость (в звездных величинах)	Расстояние (в световых годах)
	α	δ				
Звездные скопления						
Персей	2 ^h 14 ^m	+56°40'	Рассеянное	36'	4, ^m 5	4300
Персей	2 36	+42 21	»	18	5, 5	1500
Телец (Плеяды)	3 42	+23 48	»	120	1, 4	490
Близнецы	6 03	+24 21	»	40	5, 3	2700
Рак (Ясли)	8 34	+20 20	»	90	3, 7	490
Геркулес	16 38	+36 39	Шаровое	10	5, 7	34000
Пегас	21 25	+11 44	»	7	6, 0	43000
Туманности						
Орион	5 ^h 30 ^m	-5°27'	Диффузная	60	—	1800
Лисичка	19 55	+22 27	Планетарная	8	7, 6	3400
Андромеда	0 37	+41 43	Внегалактическая	450×100	4, 8	670000
Треугольник	1 28	+30 09	»	60×40	6, 7	750000
Гончие Псы	13 26	+47 43	»	12×6	8, 1	3000000



Н е 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.

Линзы для телескопа

Главное в любом телескопе — это его оптическая часть, линзы — объектив и окуляр. В качестве объектива самодельного телескопа надо взять круглое очковое стекло¹. Оптики, наряду с фокусным расстоянием, вводят еще одну величину, характеризующую линзу. Эта величина называется оптической силой линзы. Она равна обратной величине ее фокусного расстояния ($\frac{1}{F}$). Единицей оптической силы линзы считается диоптрия. Так называют оптическую силу собирающей (например, двояковыпуклой) линзы, у которой фокусное расстояние равно 1 м. Условились оптические силы собирающих линз считать положительными, а рассеивающих — отрицательными. Так, например, линза в +0,5 диоптрии — это собирающая линза с

¹ См.: Наука и жизнь, 1976, № 8.

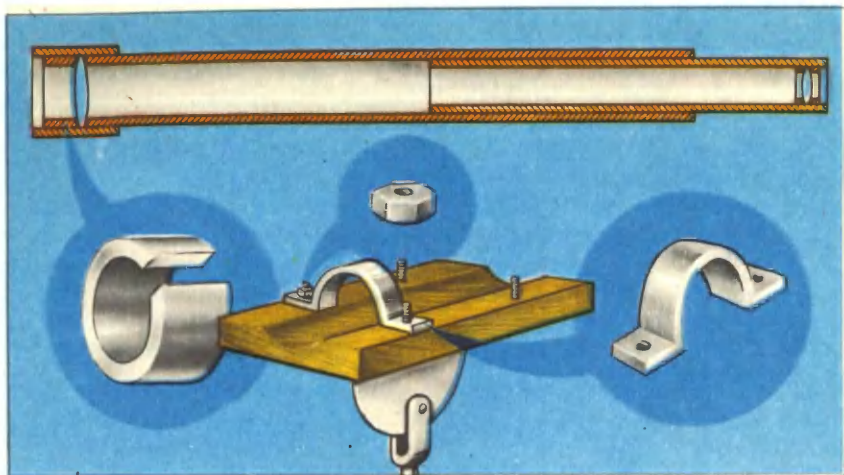


Рис. 83. Устройство самодельного телескопа.

фокусным расстоянием 2 м, а линза в -2 диоптрии — рассеивающая, имеет фокусное расстояние 50 см.

Итак, выберите 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 окуляра 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 см, так как иначе телескоп будет увеличивать слишком мало. Для окуляра пригоднее всего линзы с фокусным расстоянием 3—5 см.

Тубус и штатив телескопа

Объектив и окуляр телескопа надо укрепить в трубе, называемой тубусом. Тубус может быть изготовлен из плотной бумаги или картона. Его внутреннюю часть во избежание рассеяния света желательно зачернить тушью. Поперечник тубуса должен быть равен диаметру объектива (рис. 83). Чтобы укрепить объектив телескопа на конец тубуса надевают трубку с несколько большим диаметром, а вставленный внутрь ее объектив прижимают картонным кольцом.



Рис. 84. Простейший штатив для самодельного телескопа.

Окуляр укрепляют в специальной окулярной трубке, которая плотно входит в ту трубку, где находится объектив. Надо сделать так, чтобы наблюдатель мог свободно передвигать окулярную трубку, добываясь 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 83. На окулярный конец телескопа желательно надеть колпачок с круглым вырезом диаметром 5—6 мм — «окулярный зрачок».

Телескоп готов, но, чтобы вести с ним астрономические наблюдения, необходимо его укрепить на подставке.

Самая простая подставка — это треножник из трех связанных палок (рис. 84). Положив между



Рис. 85. Неподвижный штатив для телескопа.

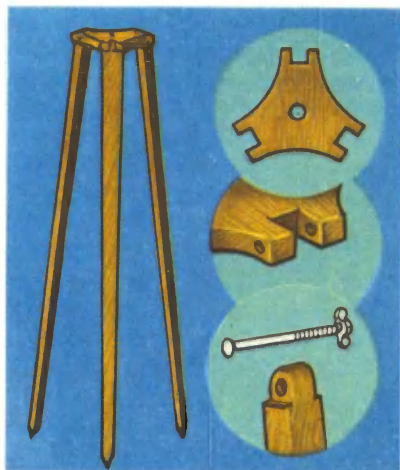


Рис. 86. Переносный штатив для телескопа.

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 штатив. Предлагаем два варианта. Первый из них — неподвижный штатив (рис. 85), основная часть которого врыта в землю. Второй штатив — переносный, напоминающий фотографический (рис. 86).

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.

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, поэтому 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, 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.

Наблюдения Солнца

И все-таки, несмотря на все недостатки, самодельный телескоп в одном отношении лучше бинокля — увеличение, даваемое им, гораздо больше. 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. 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: $W = 10g + f$.

На краю Солнца, вблизи пятен, удается 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 изготовляемого дополнения к телескопу хорошо видна на рисунке 87.

Изображение Солнца на экране в разных 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. Природа гранул и причины их образования пока еще не вполне ясны.

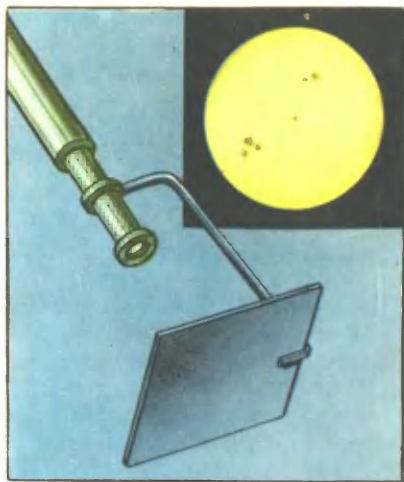


Рис. 87. Наблюдение солнечных пятен на экране.

Как видите, телескоп позволяет рассмотреть достаточно подробно строение поверхностного слоя Солнца — фотосферы. Если вам повезет наблюдать полное солнечное затмение, направьте телескоп или бинокль на полностью затмившееся Солнце. Вы увидите гораздо лучше, чем невооруженным глазом, солнечную хромосферу, протуберанцы, корону, т. е. все части солнечной атмосферы.

Наблюдения Луны и звезд

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 не поймана, слегка подвигайте телескоп в разные стороны, смотря в него. Когда в поле зрения появится та звезда, которую вы ищите, остановите телескоп. Чтобы получить нужную сновровку в обращении с телескопом, попрактикуйтесь днем, наводя телескоп на какие-нибудь далекие земные предметы.

Из-за небольшого поля 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. Однако из звездных скоплений в телескоп покажутся особенно красивыми Хи и Аш (χ и h) 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 двойные звезды, которые можно наблюдать с помощью самодельного телескопа. Это, во-первых, звезда β Лебеда, имеющая, кроме общего обозначения, еще и собственное имя — Альбирео. Она состоит из двух звезд 3,0 и 5,3 звездной величины, расстояние между которыми равно 34". Замечательна окраска обеих звезд: главная из них золотисто-желтая, а спутник ярко-голубой. Альбирео — самая красивая из ярких двойных звезд. Действительное расстояние между составляющими ее звездами огромно — оно близко к 600 млрд. км. При таком удалении от глав-

ной звезды ее голубой спутник обращается вокруг нее с периодом около 240 000 лет.

Вторая, также очень красивая двойная звезда является главной (α) в созвездии Гончих Псов. Она состоит из двух солнц желтого и лилового оттенка. С Земли они кажутся звездами 3,2 и 5,7 звездной величины, находящимися на расстоянии 20" друг от друга. В действительности их разделяет почти 125 млрд. км. За все время наблюдений спутник α Гончих Псов не сместился по отношению к главной звезде, что неудивительно, так как период обращения в этой системе близок к 24 000 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 звездной величины и отстоит от него на 14",5, что соответствует действительному расстоянию в 52 млрд. км.

Вы убедились, что Мицар является тройной звездой, и если Алькор обращается вокруг Мицара с периодом в 2 000 000 лет, то его гораздо более близкий спутник имеет и значительно меньший период обращения — всего около 6000 лет. С помощью специальных приборов еще в 1889 г. 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 20 000 000 км, и имеет период обращения всего в 20½ дней!

Вот вам еще пример системы из четырех солнц, связанных взаимным тяготением!

Наблюдения планет

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. 88). В телескоп Венера похожа на маленькую Луну — как и наш спутник, она непре-

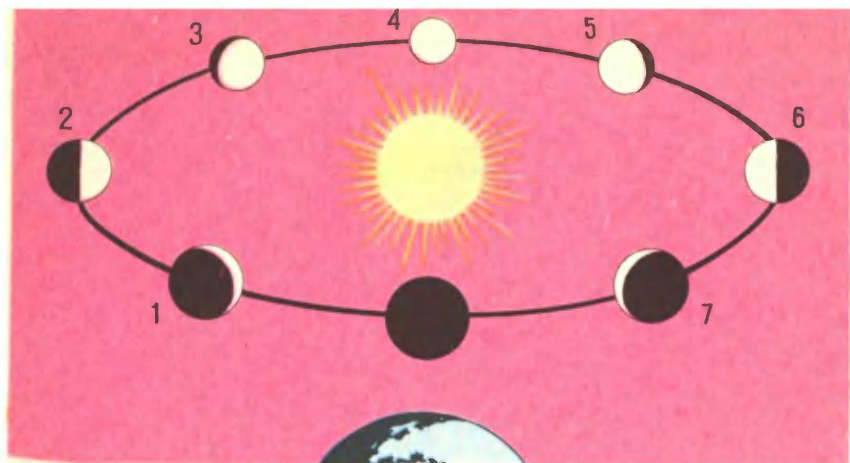


Рис. 88. Причина смены фаз планеты Венеры.

рывно, 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, поэтому и видимые размеры Луны в любых ее фазах одинаковы. Иное мы видим у Венеры (рис. 88). Удаленность ее от Земли непрерывно 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 ч 55 мин. Рядом с Юпитером хорошо заметны его четыре главных спутника, четыре луны. Их взаимные расположения, или конфигурации, даются в специальных таблицах астрономических справочников и календа-

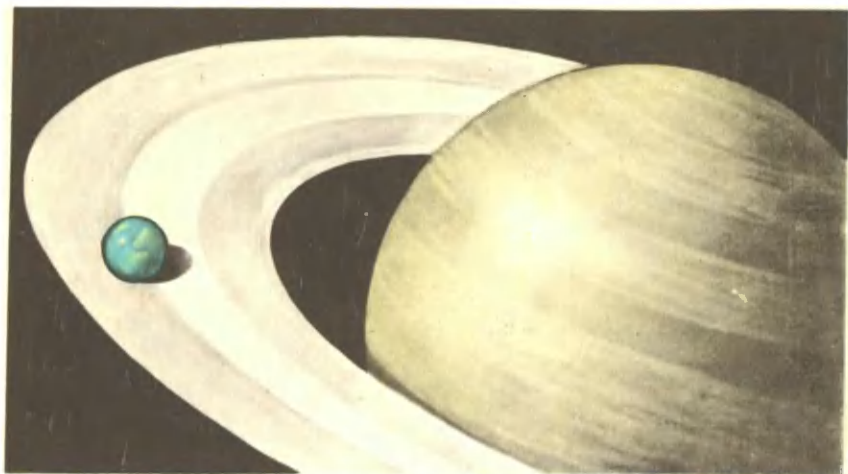


Рис. 89. Сравнительные размеры земного шара и кольца Сатурна.

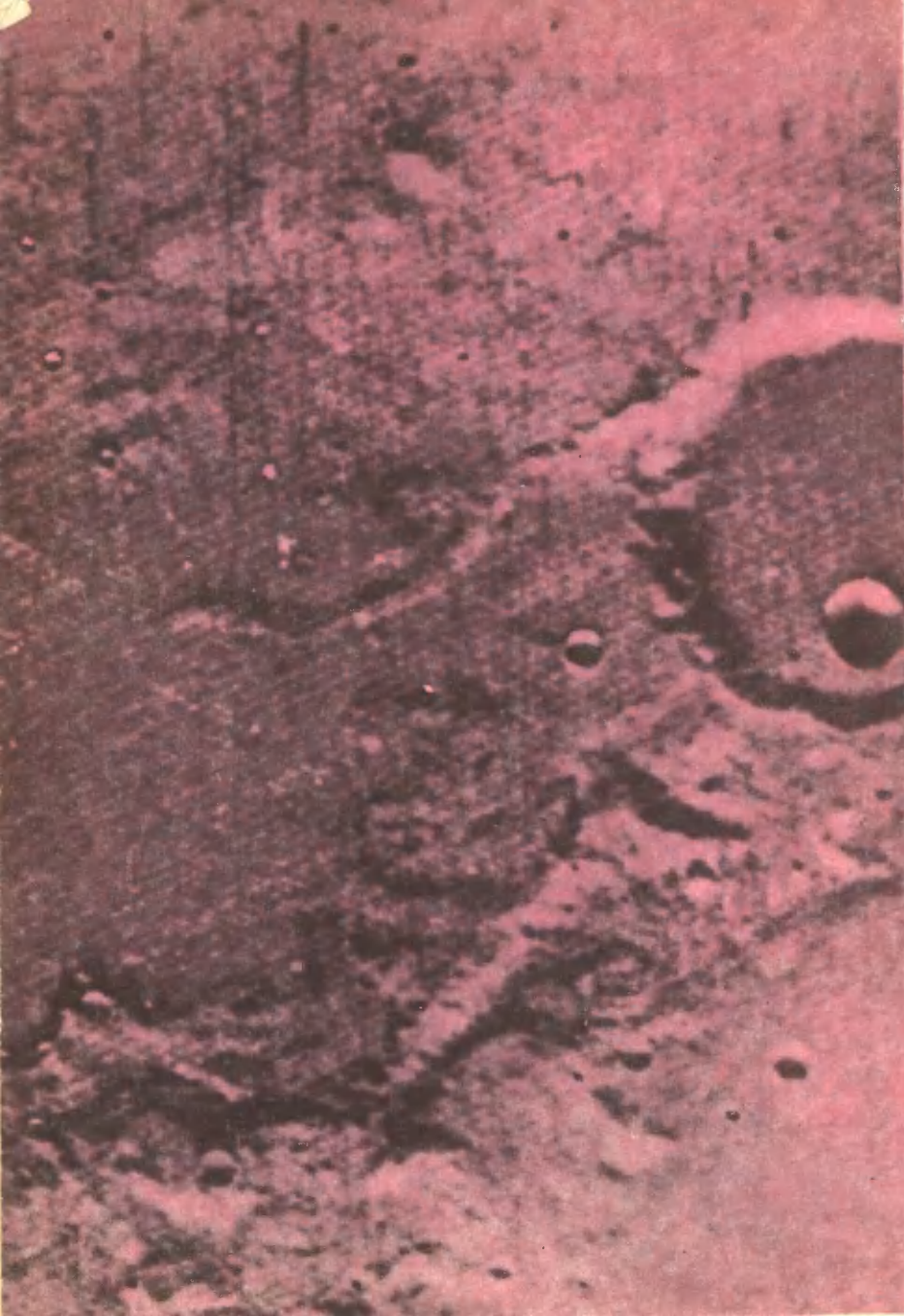
рей¹. Зарисуйте расположение спутников по отношению к Юпитеру и следите в последующие ночи, как они будут двигаться вокруг Юпитера.

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. 89). 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

¹ См., например, «Астрономический календарь» на данный год.



← Рис. 90. Фотография участка поверхности Марса с одного из космических аппаратов.

журнале появится 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, необходим гораздо более крупный и совершенный телескоп (рис. 90).

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 необычайный 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.

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 дан список книг, прочтя которые вы сможете пополнить свое астрономическое образование. Однако одного теоретического образования недостаточно. В книге М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя» (Наука, 1974) вы найдете указания, как собственными силами изготовить крупный и совершенный телескоп, а из книг П. Г. Куликовского «Справочник любителя астрономии» и В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» вы узнаете о

таких наблюдениях, которые введут вас в лабораторию настоящих научных исследований.

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.

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 ряд 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, обсуждение их результатов на научных конференциях кружка, участие в научных экспедициях и многое другое — такова яркая, содержательная жизнь астрономических кружков планетария — замечательного молодежного научного коллектива.

Не удивительно, что многие из бывших кружковцев Московского планетария ныне, получив специальное астрономическое образование, стали настоящими астрономами.

Очень интересная работа ведется в юношеских секциях Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) при Академии наук СССР. Это общество имеет отделения в нескольких десятках крупных советских городов. Все справки о работе ВАГО можно получить по адресу: 103009, Москва К-9, Абонементный ящик 918. В ряде отделений ВАГО работают также секции телескопостроения, где всегда можно получить консультацию и иную помощь при постройке самодельного телескопа.

Ну, а как быть тем читателям, 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 г. 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 познать природу и строить счастливую жизнь на нашей планете Земля.

ПРИЛОЖЕНИЕ

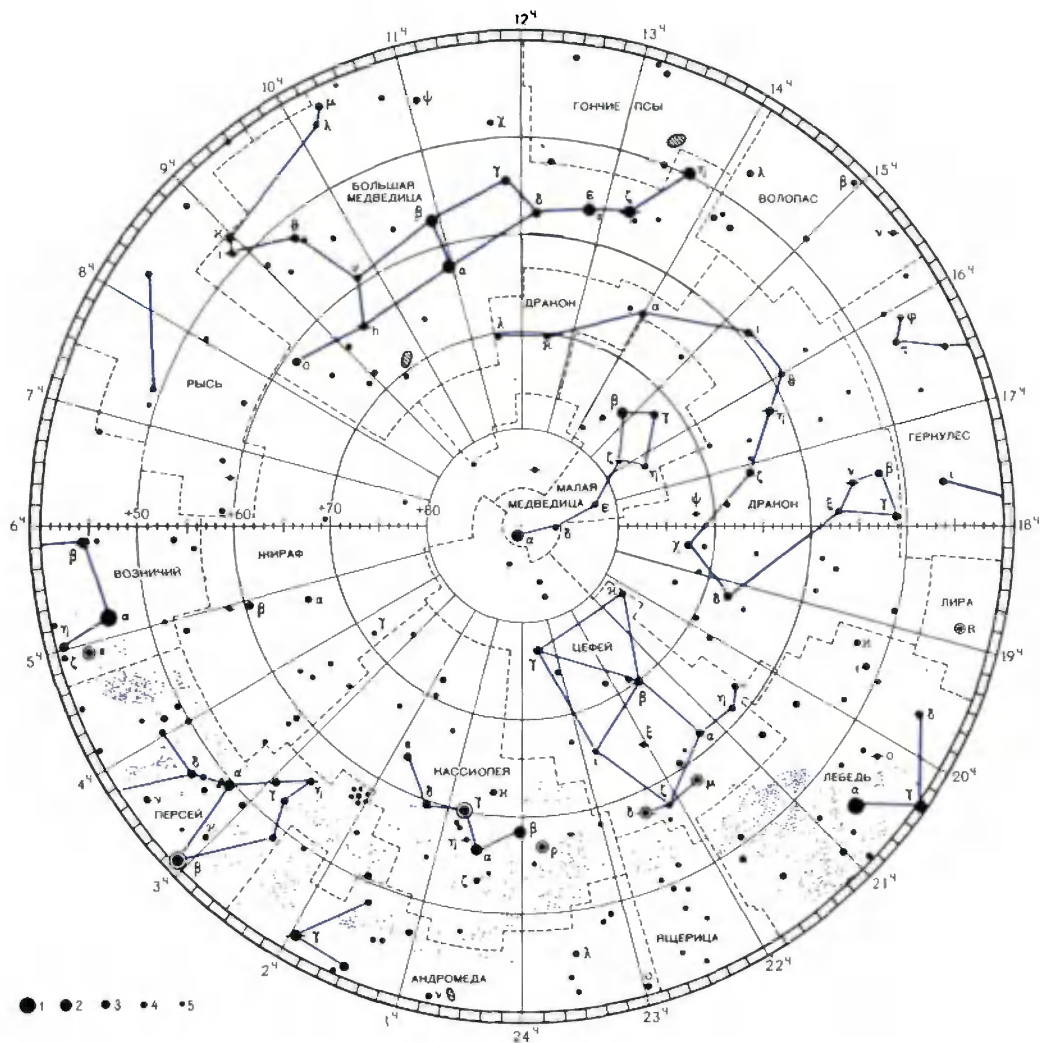
I. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Воронцов-Вельяминов. Очерки о Вселенной, Наука, 1976.
2. Детская энциклопедия, т. 2, Просвещение, 1964.
3. М. М. Дагаев. Наблюдение звездного неба, Наука, 1975.
4. В. П. Цесевич. Что и как наблюдать на небе, Наука, 1973.
5. П. Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии, Наука, 1971.
6. Ф. Ю. Зигель. Сокровища звездного неба, Наука, 1976.
7. Школьный астрономический календарь, Просвещение. Издается на каждый учебный год.
8. Журналы «Земля и Вселенная», «Наука и жизнь».

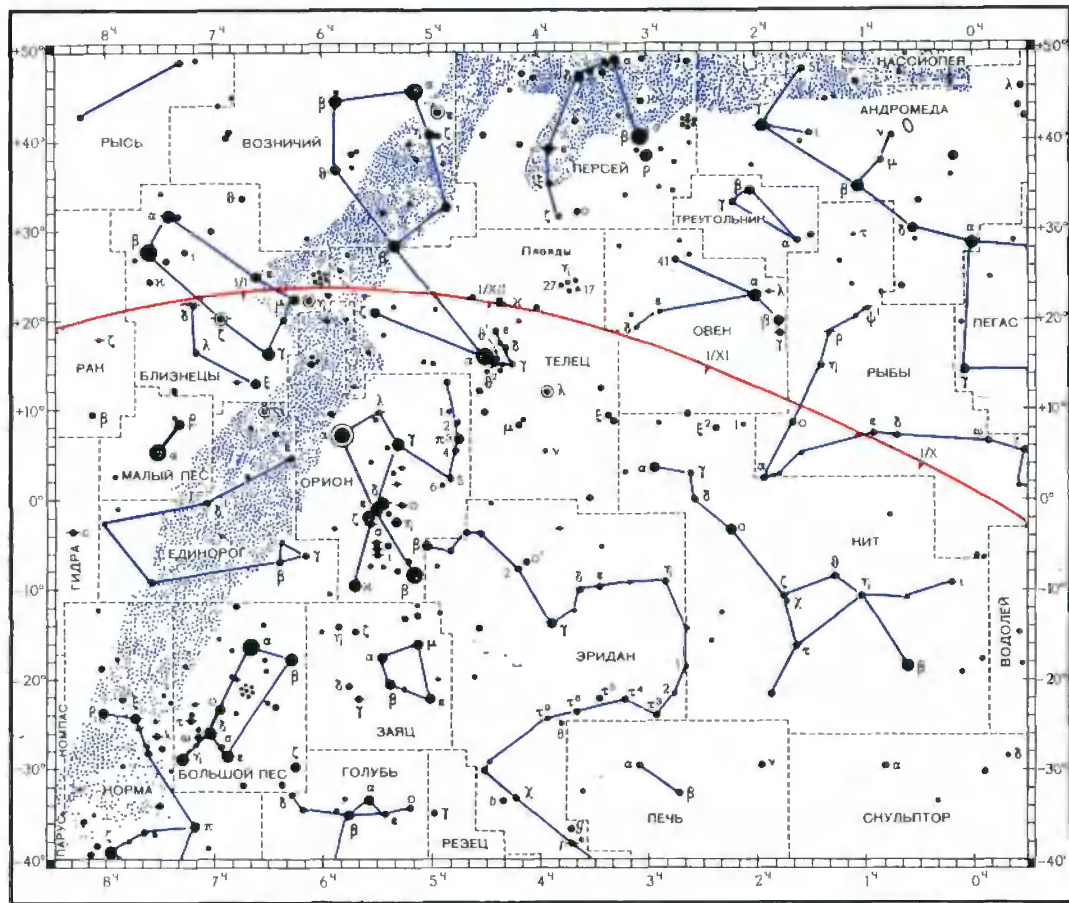
II. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α — альфа	ν — ню
β — бета	ξ — кси
γ — гамма	\omicron — омикрон
δ — дельта	π — пи
ϵ — эpsilon	ρ — ро
ζ — дзета	σ — сигма
η — эта	τ — тау
θ — тета	υ — ипсилон
ι — иота	ϕ — фи
κ — каппа	χ — хи
λ — лямбда	ψ — пси
μ — мю	ω — омега

III. КАРТЫ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

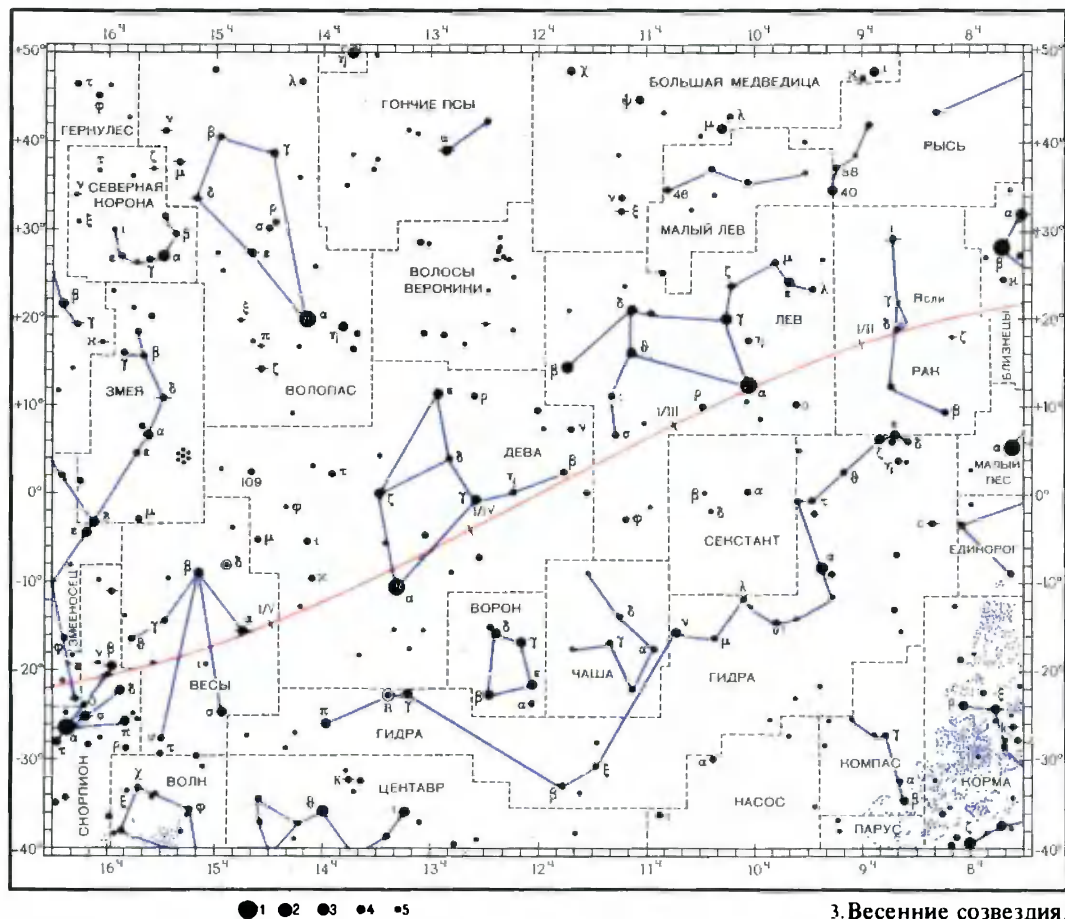


1. Околополярные созвездия.

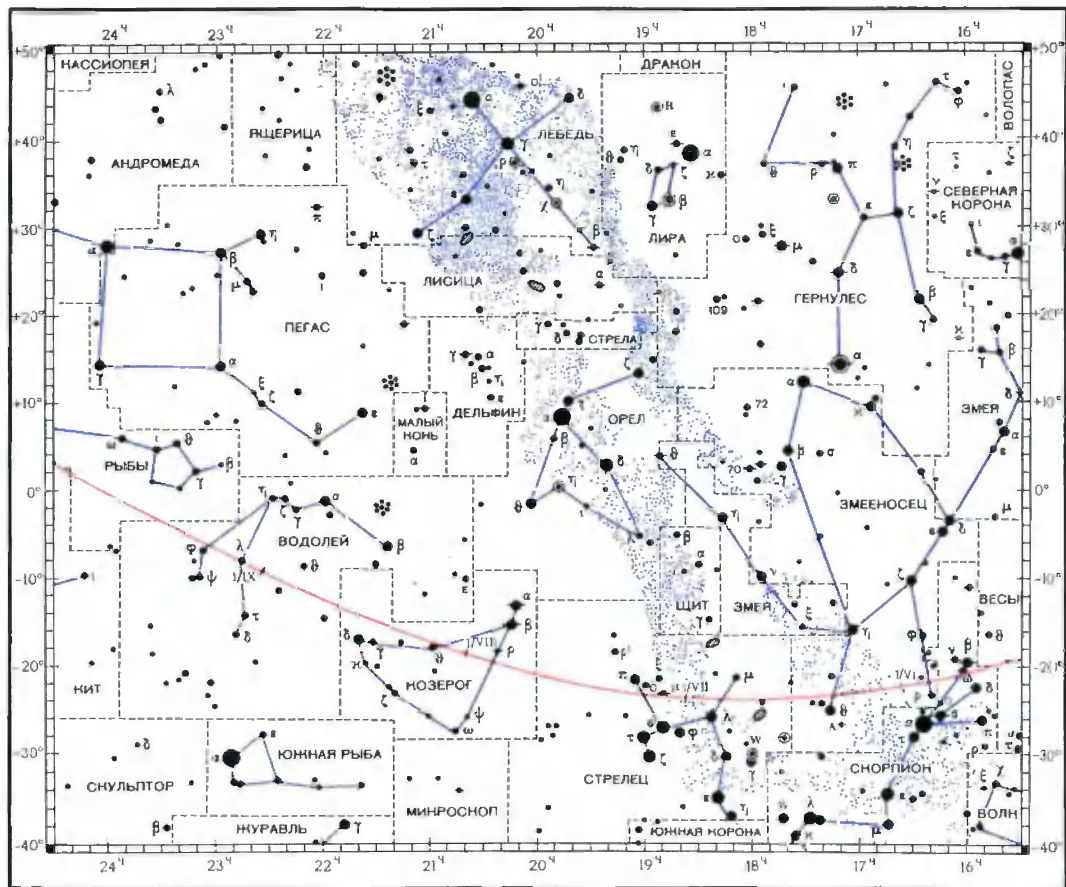


● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

2. Зимние созвездия.



3. Весенние созвездия.

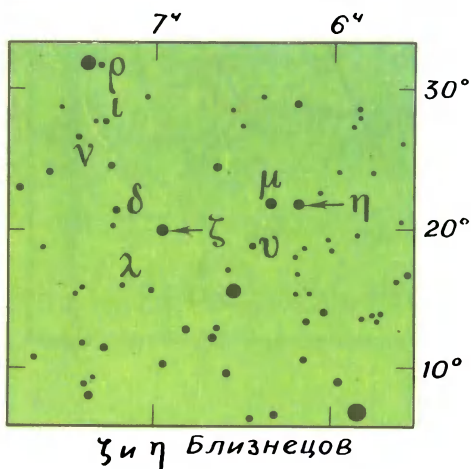


● 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5

4. Осенние и летние созвездия.

IV. ДАННЫЕ О НЕКОТОРЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗДАХ, ДОСТУПНЫХ
ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ И В БИНОКЛЬ¹

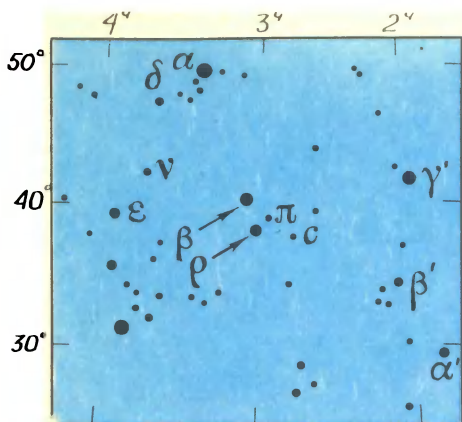
Название	Наибольший блеск	Наименьший блеск	Период	Тип
ζ Близнецов	3, ^m 7	4, ^m 1	10, ^d 2	Цефеида
η Орла	3,7	4,4	7,2	»
δ Цефея	3,6	4,3	5,4	»
RT Возничего	5,0	5,8	3,7	»
W Близнецов	6,5	7,1	7,9	»
S Стрелы	5,4	6,1	8,4	»
T Лисички	5,4	6,2	4,4	»
β Персея	2,2	3,5	2,9	Затменная
β Лиры	3,4	4,3	12,9	»
ρ Персея	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	—	»
ο Кита	3,4	9,3	331,5	Долгопериодическая
χ Лебеда	4,9	13,3	406,7	»



Ниже приводятся звездные
величины звезд сравнения, изобра-
женных 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

¹ Блеск звезд указан в звездных величинах, а период его изменения — в сутках.



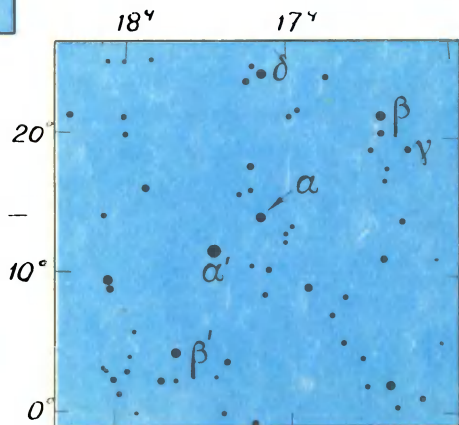
β и ρ Персея

2) β и ρ Персея'

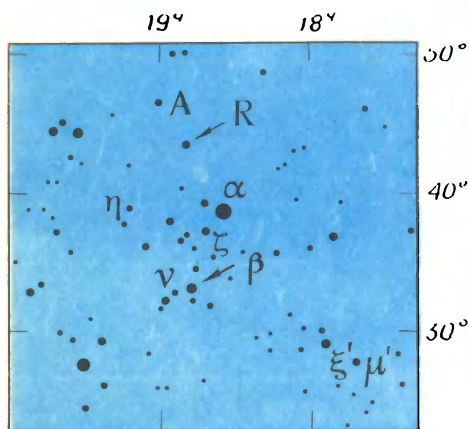
α	1,90	α'	3,68
γ'	2,20	ν	3,93
ε	2,96	с	4,27
β'	3,08	π	4,62

3) α Геркулеса

α'	2,14
β	2,81
β'	2,94
δ	3,16
γ	3,79



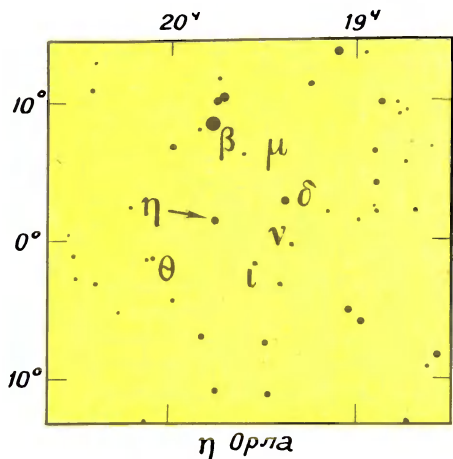
α Геркулеса



κ и β Лиры

4) κ и β Лиры

γ	3,30
μ'	3,48
ξ'	3,82
ζ	4,06
η	4,46
Α	5,06



η Ορλα

5) η Ορλα

θ 3,37 ι 4,28

δ 3,44 μ 4,65

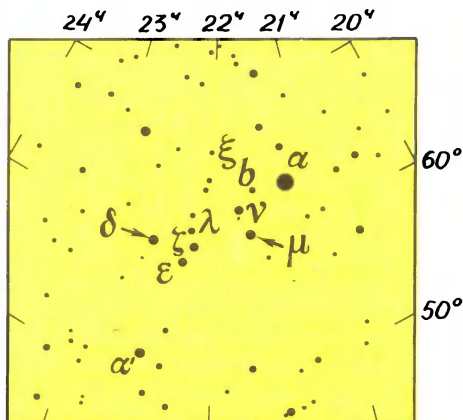
β 3,90 ν 4,86

6) δ и μ Цефея

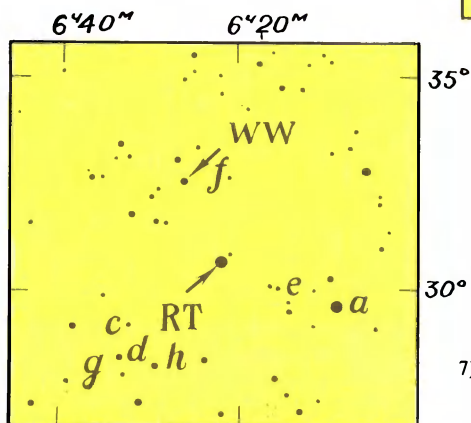
ζ 3,62 ξ 4,40

α 3,85 ν 4,46

ε 4,23 б 4,89



δ и μ Цефея



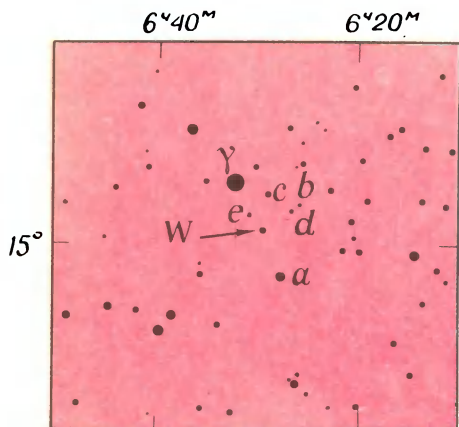
RT и WW Возничего

7) RT и WW Возничего

a 4,45 e 6,27

c 5,54 f 6,43

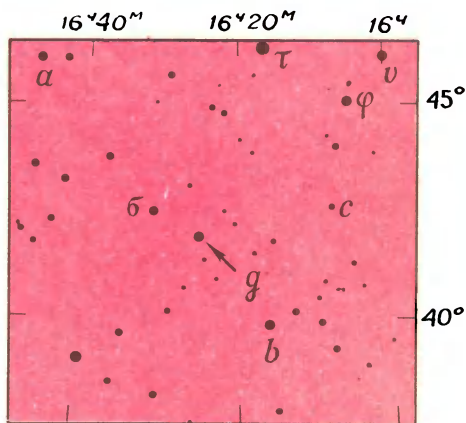
d 5,84 g 6,54



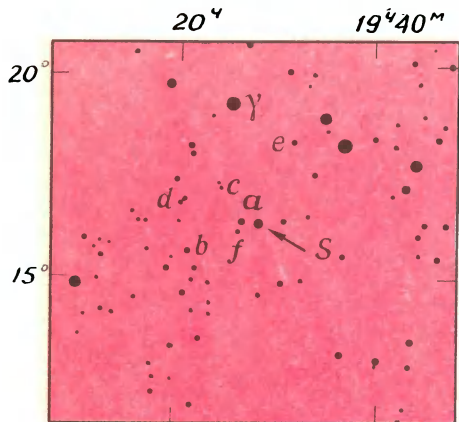
W Близнецов

- 8) W Близнецов
 a 5,61 d 7,13
 b 6,37 e 7,13
 c 6,67

- 9) g Геркулеса
 v 4,64
 a 4,86
 б 5,54
 c 6,01

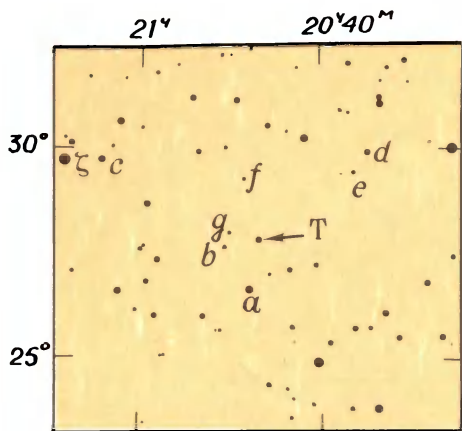


g Геркулеса



Стрелы

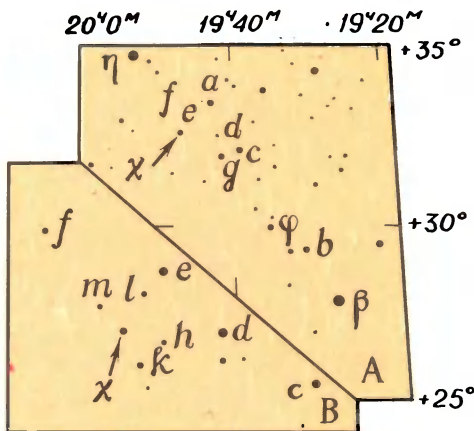
- 10) S Стрелы
 a 5,38 d 5,89
 b 5,47 e 6,29
 c 5,56 f 6,81



T Лисички

11) *T* Лисички

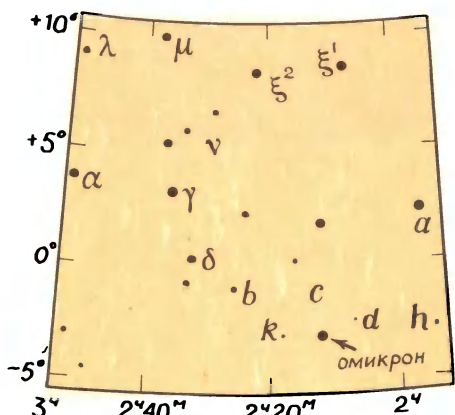
<i>a</i> 4,76	<i>e</i> 6,09
<i>b</i> 5,24	<i>f</i> 6,40
<i>c</i> 5,57	<i>g</i> 6,44
<i>d</i> 5,86	



χ Лебедя

12) *χ* Лебедя

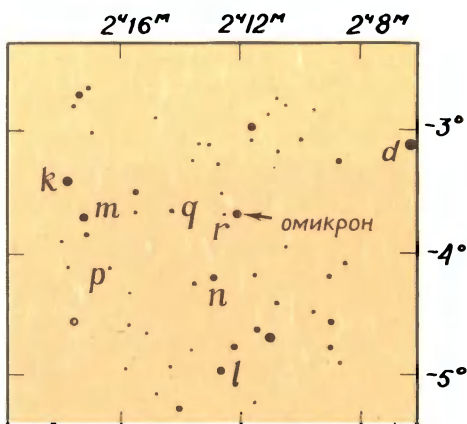
<i>β</i> 3,09	<i>c</i> 5,89	<i>h</i> 7,62
<i>η</i> 4,03	<i>d</i> 6,18	<i>k</i> 8,03
<i>φ</i> 4,79	<i>e</i> 6,35	<i>l</i> 8,33
<i>a</i> 5,03	<i>f</i> 6,90	<i>m</i> 8,73
<i>b</i> 5,42	<i>g</i> 7,28	



o Кита

13) *o* Кита

<i>α</i> 2,82	<i>ξ</i> ² 4,34	<i>h</i> 6,04	<i>n</i> 8,08
<i>γ</i> 3,58	<i>ξ</i> ¹ 4,54	<i>k</i> 6,30	<i>p</i> 8,62
<i>a</i> 3,94	<i>μ</i> 4,36	<i>l</i> 6,55	<i>q</i> 8,84
<i>δ</i> 4,04	<i>λ</i> 4,69	<i>m</i> 7,26	<i>r</i> 9,19



o Кита

V. ТАБЛИЦА ОСНОВНЫХ СВЕДЕНИЙ О ДВАДЦАТИ НАИБОЛЕЕ ЯРКИХ ЗВЕЗДАХ

Наименование	Обозначение в созвездии	Экваториальные координаты		Звездная величина	Цвет	Расстояние в световых годах	Диаметр в сравнении с солнечным
		α	δ				
Сириус	α Большого Пса	6 ^h 43,0 ^m	-16°39'	-1,6	Бело-голубой	8,7	1,2
Канопус	α Киля	6 23,0	-52°40'	-0,9	Желто-белый	180	40
Альфа Центавра	α Центавра	14 36,5	-60°39'	+0,3	Желтый	4,3	1,2
Вега	α Лирь	18 35,4	+38°44'	0,1	Бело-голубой	26,5	2,0
Капелла	α Возничего	5 13,3	+45°57'	0,2	Желтый	45	16
Арктур	α Волопаса	14 13,4	+19°25'	0,2	Оранжевый	36	27
Ригель	β Ориона	5 12,3	-8°15'	0,3	Белый	650	17
Процион	α Малого Пса	7 36,9	+5°21'	0,5	Белый	11,3	1,4
Ахернар	α Эридана	1 36,0	-57°28'	0,6	Голубой	140	2,5
Бета Центавра	β Центавра	14 00,6	-60°09'	0,9	Голубой	200	2,3
Альтаир	α Орла	19 48,5	+8°45'	0,9	Белый	16,5	1,0
Бетельгейзе	α Ориона	5 52,7	+7°24'	0,9	Красный	650	400
Альфа Креста	α Креста	12 24,0	-62°51'	1,4	Голубой	220	1,9
Альдебаран	α Тельца	4 33,3	+16°25'	1,1	Красный	68	38
Поллукс	β Близнецов	7 42,5	+28°08'	1,2	Оранжево-желтый	35	8,3
Спика	α Девы	13 22,7	-10°55'	1,2	Голубой	160	1,5
Антарес	α Скорпиона	16 26,6	-26°20'	1,2	Красный	170	300
Фомальгаут	α Южной Рыбы	22 55,1	-29°52'	1,3	Белый	23	1,2
Денеб	α Лебеда	20 39,9	+45°07'	1,3	Белый	540	19
Регул	α Льва	10 05,9	+12°12'	1,3		84	1,4

VI. ТАБЛИЦА ГЛАВНЕЙШИХ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

Название потока	Даты максимума действия потока	Координаты радианта		Созвездие, в котором находится радиант
		α	δ	
Квадрантиды	3 января	15 ^h 24 ^m	+52°	Волпас
Лириды	22 апреля	18 06	+34°	Лира
Аквириды	4 мая	22 20	-1°	Водолей
Кассиопейды	27 июля	23 44	+60°	Кассиопея
Аквириды	28 июля	22 40	-14°	Водолей
Персеиды	12 августа	3 10	+58°	Персей
Ориониды	22 октября	6 18	+15°	Орион
Леониды	16 ноября	10 06	+22°	Лев
Гемениды	12 декабря	7 20	+33°	Близнецы
Урсиды	22 декабря	15 32	+83°	Малая Медведица

VII. ЦВЕТА И ТЕМПЕРАТУРЫ НЕКОТОРЫХ ЯРКИХ ЗВЕЗД

Для того чтобы лучше различить цвет перечисленных ниже звезд, желательно наблюдать их в бинокль.

Название	Цвет	Температура, °C
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	Темно-красный	2 500

VIII. СПИСОК НЕКОТОРЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ НЕВООРУЖЕННЫМ ГЛАЗОМ И В БИНОКЛЬ

Звезда	Угловое расстояние	Блеск		Цвет		Примечание
		главной звезды	спутника	главной звезды	спутника	
γ Малой Медведицы	57'00"	3, ^m 0	5, ^m 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	Голубоватый	
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	Тройная
σ^2 Лебеда	01 47	4, 5	5, 5	Желтый	Голубой	
ν Дракона	01 02	4, 7	4, 7	Желтоватый	Белый	

IX. ЛУННЫЕ КОЛЬЦЕВЫЕ ГОРЫ

Карта Луны с изображением горных хребтов и кратеров дана на странице 90. В графе «Квадрат» обозначен квадрат, внутри которого на карте надо искать кратер с данным номером.

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
1	Ньютон	b 1	37	Фернелий	b 1
2	Шорт	b 1	38	Хензиус	b 1
3	Симпелиус	b 1	39	Хайнзель	c 1
4	Манцинус	b 1	40	Бувар	c 1
5	Моретус	b 1	41	Пиаци	c 1
6	Грумбергер	b 1	42	Рамсен	c 1
7	Казатус	b 1	43	Капуан	c 1
8	Клапрот	b 1	44	Цих	b 1
9	Вилсон	b 1	45	Вюрцельбауэр	b 1
10	Кирхер	b 1	46	Гаурик	b 1
11	Бетгинус	b 1	47	Хэлл	b 1
12	Бланканус	b 1	48	Вальтер	b 1
13	Клавий	b 1	49	Нониус	b 1
14	Шейнер	b 1	50	Риччи	a 1
15	Цухиус	c 1	51	Рейта	a 1
16	Сегнер	c 1	52	Фурнерий	a 1
17	Бэкон	b 1	53	Стевин	a 1
18	Неарх	b 1	54	Газе	a 1
19	Влакк	a 1	55	Снеллиус	a 1
20	Хоммель	b 1	56	Рейхенбах	a 1
21	Лицетий	b 1	57	Неандр	a 1
22	Магинус	b 1	58	Пикколомини	a 1
23	Лонгомонтан	b 1	59	Понтан	b 1
24	Шиллер	c 1	60	Пуассон	b 1
25	Фоцилид	c 1	61	Алиацензис	b 1
26	Варгентин	c 1	62	Вернер	b 1
27	Ингирами	c 1	63	Питат	b 1
28	Шиккард	c 1	64	Геозид	b 1
29	Вильгельм	b 1	65	Меркатор	c 1
30	Тихо	b 1	66	Вителло	c 1
31	Соссюр	b 1	67	Фурье	c 1
32	Щофлер	b 1	68	Лагранж	c 1
33	Мавролий	b 1	69	Виета	c 1
34	Бароций	b 1	70	Доппельмайер	c 1
35	Фабриций	a 1	71	Кампанус	c 1
36	Меций	a 1	72	Кис	b 1

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
73	Пурбах	b1	116	Бонплан	b2
74	Лакайль	b1	117	Реомюр	b2
75	Плейфер	b1	118	Лаланд	b2
76	Азофи	b1	119	Гиппарх	b2
77	Сакробоско	b1	120	Летрон	c2
78	Фракастор	a1	121	Билли	c2
79	Сантбек	a1	122	Фонтана	c2
80	Петавий	a1	123	Ганстин	c2
81	Гумбольдт	a1	124	Дамуазо	c2
82	Полибий	a1	125	Гримальди	c2
83	Гебер	b2	126	Флэмстид	c2
84	Арзахель	b2	127	Ландсберг	c2
85	Тебит	b1	128	Мостинг	b2
86	Буллиальд	c1	129	Деламбер	b2
87	Гиппал	c1	130	Тэйлор	b2
88	Кавендиш	c1	131	Мессье	a2
89	Мерсенй	c1	132	Маскелайн	a2
90	Гассенди	c1	133	Сабин	a2
91	Любинецкий	c2	134	Риттер	b2
92	Альпетрагий	b2	135	Годин	b2
93	Эри	b2	136	Зоммеринг	b2
94	Аль Манун	b2	137	Шрётер	b2
95	Катарина	a2	138	Гамбар	b2
96	Кирилл	a2	139	Рейнгольд	c2
97	Теофил	a2	140	Энке	c2
98	Колумб	a2	141	Гевелий	c2
99	Венделин	a2	142	Риччиоли	c2
100	Лангрэн	a2	143	Лорманн	c2
101	Гоклен	a2	144	Кавалериус	c2
102	Гуттенберг	a2	145	Рейнер	c2
103	Капелла	a2	146	Кеплер	c2
104	Изидор	a2	147	Коперник	c2
105	Кант	a2	148	Боде	b2
106	Декарт	b2	149	Паллас	b2
107	Абуль Вэфа	b2	150	Триснеккер	b2
108	Парро	b2	151	Агриппа	b2
109	Альбатений	b2	152	Араго	a2
110	Альфонс	b2	153	Тарунций	a2
111	Птолемей	b2	154	Шуберт	a2
112	Гершель	b2	155	Аполлоний	a2
113	Дэви	b2	156	Фирминик	a2
114	Герике	b2	157	Зильбершлаг	b2
115	Пэрри	b2	158	Гигинус	b2

Номер	Название	Квадрат	Номер	Название	Квадрат
159	Укерт	b2	196	Бригг	c3
160	Боскович	b2	197	Лихтенберг	c3
161	Росс	a2	198	Тететус	c3
162	Прокл	a2	199	Калипп	b3
163	Пиккар	a2	200	Кассини	b3
164	Кондорсе	a2	201	Гаусс	b3
165	Плиний	a2	202	Мессала	a3
166	Менелай	b2	203	Масон	a3
167	Манилий	b2	204	Плана	a3
168	Эратосфен	b2	205	Бюрг	a3
169	Гей-Люссак	c2	206	Эгеде	b3
170	Майер	c2	207	Франклин	a3
171	Марий	c2	208	Евдокс	b3
172	Ольберс	c2	209	Аристотель	b3
173	Краффт	c2	210	Платон	b3
174	Селевк	c3	211	Леверье	b3
175	Геродот	c3	212	Геликон	b3
176	Аристарх	c3	213	Мопертюи	b3
177	Эйлер	c3	214	Кондамин	b3
178	Битей	b3	215	Бианчини	c3
179	Жансен	a2	216	Шарп	c3
180	Витрувий	a2	217	Мейран	c3
181	Маральди	a2	218	Герард	c3
182	Макробий	a3	219	Репсольд	c3
183	Клеомед	a3	220	Пифагор	c3
184	Ремер	a3	221	Фонтенель	b3
185	Литтров	a2	222	Эпигений	b3
186	Посидоний	a3	223	Архитас	b3
187	Геминус	a3	224	Гертнер	b3
188	Бессель	b3	225	Фалес	a3
189	Автолик	b3	226	Страбон	a3
190	Аристилл	b3	227	Эндимион	a3
191	Архимед	b3	228	Атлас	a3
192	Тимохарис	b3	229	Геркулес	a3
193	Ламберт	b3			
194	Диофант	b3	А	Мостинг А	b2
195	Делиль	c3	Д	«Прямая стена»	b1

Х. 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 занятий	Тема занятий
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
22	Солнечная система (общий обзор)
23	Есть ли жизнь на других планетах?
24	Планеты-карлики (астероиды)
25	Небесные камни — метеориты

Номер занятий	Тема занятий
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 странице 171. 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.

XI. НАБЛЮДЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Наблюдение переменных звезд — интересная и очень полезная 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 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.

Сама 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: $a5v5b$. Если переменная по 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, $a=3,0$ звездной величины, $b=5,4$ звездной величины, а оценка блеска переменной $a2v8b$. Тогда разность в блеске звезд сравнения $a-b=2,4$ звездной величины соответствует 10 делениям промежутка блеска между ними, откуда одно деление этого интервала соответствует $\frac{2,4}{10}=0,24$ звездной величины. Но переменная звезда слабее звезды не на одну, а на две десятых интервала блеска между звездами сравнения, т. е. на $2 \cdot 0,24=0,48$ звездной величины. Отсюда следует, что блеск переменной равен $3,0+0,48=3,48$ звездной величины.

В приложении указаны как наиболее доступные для наблюдений переменные звезды, так и самые удобные для них звезды сравнения.

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	22 ч 31 мин, московское время	δ Цефея	$a7v3b$	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 мин¹.

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 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 взаимно перпендикулярных 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 вверх отрезок, длина которого численно равна звездной величине переменной в данный момент.

Полученные точки покажут, как менялась яркость переменной звезды. Конечно, из-за ошибок 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 опытнее 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 В. П. Цесевича «Переменные звезды и их наблюдение» (М., Наука, 1980).

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗЕМЛЯ И НЕБО	5
СО ДНА ВОЗДУШНОГО ОКЕАНА	9
СОЛНЦЕ ДВИЖЕТСЯ ПО НЕБУ	16
АДРЕС НА НЕБЕ	25
ПУТЕШЕСТВИЕ ВОКРУГ ЗЕМЛИ	35
ПОЯС ЗОДИАКА	42
КОТОРЫЙ ЧАС?	54
ЗВЕЗДНОЕ НЕБО В МИФАХ И ЛЕГЕНДАХ	65
СОСЕДНИЙ МИР	85
СЕМЬЯ ПЛАНЕТ	98
КОМЕТЫ, МЕТЕОРЫ И МЕТЕОРИТЫ	108
СРЕДИ ЗВЕЗД	115
БИНОКЛЬ И ЕГО ИСТОРИЯ	139
ПЯТНА НА СОЛНЦЕ И ГОРЫ НА ЛУНЕ	145
НА ПОРОГЕ БЕСКОНЕЧНОСТИ	150
САМОДЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП	157
КАК СТАТЬ АСТРОНОМОМ	168
ПРИЛОЖЕНИЕ	
I. Список рекомендуемой литературы	171
II. Греческий алфавит	—
III. Карты звездного неба	172
IV. Данные о некоторых переменных звездах, доступных для наблюдений невооруженным глазом и в бинокль	176
V. Таблица основных сведений о двадцати наиболее ярких звездах	181
VI. Таблица главнейших метеорных потоков	182
VII. Цвета и температуры некоторых ярких звезд	—
VIII. Список некоторых двойных звезд, доступных для наблюдений невооруженным глазом и в бинокль	183
IX. Лунные кольцевые горы	184
X. Примерная программа занятий астрономического кружка	187
XI. Наблюдение переменных звезд	188

Феликс Юрьевич Зигель

ЗВЕЗДНАЯ АЗБУКА

Редакторы Л. Л. Величко, Л. С. Мордовцева

Макет и художественное редактирование М. Л. Фрама

Художники С. Ф. Лухин, Ю. И. Филатов

Технический редактор И. В. Квасницкая

Корректор Т. В. Савченкова

ИБ № 3362

Сдано в набор 22.10.79. Подписано к печати 15.10.80. А 14132. 60×84¹/₁₆. Бум. офсетная № 1. Гарн. таймс. Печать офсетная. Усл. печ.л. 11,16. Уч.-изд.л. 11,97. Тираж 100000 экз. Заказ 762. Цена 50 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной роши, 41.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

