

Е.А.Саркисян



НЕБЕСНЫЕ  
СВЕТИЛА—

НАДЕЖНЫЕ  
ОРИЕНТИРЫ

Е. А. Саркисян

# НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА—НАДЕЖНЫЕ ОРИЕНТИРЫ

ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1981

ББК 22.6  
С20

С  $\frac{60601-695}{103(03)-81}$  213-81 4306021200



Астрономия — древнейшая наука. Она возникла, как и физика, из практической потребности людей. Трудно сказать, где и когда это произошло, но, очевидно, очень давно, в те времена, когда еще не существовало письменности.

Вероятно, еще в эпоху каменных орудий люди заметили, что смена дня и ночи обусловлена восходом и заходом Солнца, что времена года зависят от полуденной высоты Солнца над горизонтом. Основные занятия древнейших народов (скотоводство и земледелие) способствовали наблюдениям за небесными явлениями, обнаружению их связи с временами года.

Расширение торговых отношений, путешествия в отдаленные страны вызвали возникновение и развитие астрономии — науки о Солнце, Луне и звездах — надежных ориентирах в дальних караванных путях. Первые астрономические наблюдения пригодились не только для ориентировки. На их основе были найдены способы измерения времени. Уже в глубокой древности были заложены основы календаря.

Астрономические наблюдения проводились на протяжении всей многовековой истории человечества. И все это

время развитие астрономии было связано с развитием других наук, в частности математики и физики. Используя достижения этих наук, астрономия дает людям сведения, позволяющие объяснить целый ряд явлений. Например, астрономия изучает в космосе вещество в таких состояниях и масштабах, которые неосуществимы в лабораториях, и этим расширяет наши представления о материи.

Человек познает окружающий мир благодаря умению наблюдать, сопоставлять факты, делать выводы, накапливать опыт и знания. Эти качества, необходимые специалисту любой профессии, каждый может формировать в себе сам. Но для этого ему нужен помощник. Книга, которую вы держите в руках, может стать для вас таким помощником. Она написана с целью помочь учащимся VI—VII классов, интересующимся астрономией, одновременно с расширением и углублением знаний в этой области, научиться наблюдать, сопоставлять факты, делать выводы.

Книга состоит из трех глав: «Звездное небо», «Путь Солнца зимой и летом», «Луна — спутник Земли».

Советуем не брать на веру все, о чем в книге рассказано, а попробовать самим обнаружить существование того



или иного явления, выявить закономерности его протекания. С этой целью в каждой из глав вместе с краткими сведениями о звездах, Солнце и Луне даны рекомендации для наблюдений за их движениями, указаны способы ориентировки на местности с помощью этих светил.

Астрономические наблюдения наглядно покажут вам, как важно уметь:

- 1) не только смотреть, но и видеть;
- 2) не только видеть, но и замечать про-

исходящие изменения; 3) не только замечать происходящие изменения, но и уметь выявлять закономерности их протекания.

Наблюдения интересно проводить группой в несколько человек. Это создает возможность сравнивать результаты, от чего достоверность наблюдений повышается. Поэтому не проводите наблюдения в одиночку, а предложите их и своим друзьям. Заведите тетрадь для записей и зарисовок.

## ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

ШКАЛА ЗВЕЗДНЫХ ВЕЛИЧИН.  
СОЗВЕЗДИЯ.

При наблюдениях звездного неба можно заметить, что звезды имеют разную яркость. В зависимости от наблюдаемой яркости, астрономы сгруппировали звезды по так называемым звездным величинам и составили своеобразную шкалу. По этой шкале самые яркие звезды имеют отрицательную звездную величину. Чем ярче звезда, тем отрицательное число, выражающее ее звездную величину, по абсолютному значению больше. Затем по шкале идут звезды нулевой величины, за ними те, которые причисляются к звездам первой величины, и т. д. Самые слабые звезды из тех, что мы видим невооруженным глазом, относятся к группе звезд шестой звездной величины.

Однако эти числа характеризуют лишь наблюдаемую с Земли яркость звезд и отнюдь не говорят об их размерах. Поясним сказанное на примере.

Известная вам из курса географии Полярная звезда наблюдается с Земли как звезда второй звездной величины, в то время как доказано, что ее диаметр больше солнечного в 120 раз. Сириус же, который по диаметру всего в 12 раз больше Солнца, наблюдается как звезда — 1,6 звездной величины и является самой яркой звездой на небе. Причина,

как вы, вероятно, догадываетесь, в том, что эти звезды находятся на разных расстояниях от Земли: Полярная расположена так далеко, что свет от нее достигает Земли за 472 года, а от Сириуса — за 8,7 года. Таких примеров можно привести еще много.

Таким образом, звездная величина зависит в основном от того, на каком расстоянии находится звезда от Земли.

Для изображения звезд мы использовали условные обозначения звездных величин, показанные на рисунке 1.

Несмотря на то что современная астрономия пользуется системой координат, очень похожей на ту, что принята в географии, и любую звезду можно найти по ее координатам, для быстрой ориентировки по небу очень помогает знание расположения созвездий.

Что такое созвездие? Чтобы облегчить распознавание на небе ярких звезд, древние наблюдатели разделили звездное небо на отдельные участки, которые впоследствии назвали созвездиями. Таким образом, созвездия — это участки неба с принадлежащими им группами звезд.

Все небо разделено на 88 созвездий, которые можно находить по характерному для них расположению звезд.







	Нулевая звездная величина и ярче
	Первая звездная величина
	Вторая звездная величина
	Третья звездная величина
	Четвертая звездная величина
	Пятая и слабее

Рис. 1. Условные обозначения звезд различных звездных величин, принятые в книге.

Так как в созвездия входят звезды разной яркости, то для облегчения ориентировки принято следующее стандартное обозначение: ярчайшая из звезд созвездия обозначается буквой альфа ( $\alpha$ ) — начальной буквой греческого алфавита, вторая по яркости звезда — буквой бета ( $\beta$ ) — второй буквой греческого алфавита и т. д. Вместе с тем яркие звезды в созвездиях имеют еще и собственные имена (в основном греческие и арабские), которые сохранились вместе с названиями созвездий до сегодняшнего дня.

Наши предки создавали своим воображением в очертаниях созвездий образы мифических героев. Это позволяло с помощью действующих в мифах и легендах персонажей определенным образом группировать созвездия, что также облегчало ориентировку в звезд-

ном небе. В этом вы убедитесь сами, когда при первом знакомстве со звездным небом мифы и легенды помогут вам не только легко запомнить, но и быстро найти на небе целые группы созвездий.

Осмотр неба обычно начинают с самых ярких звезд и относительно их запоминают расположение более слабых. Следуя этому правилу, знакомство со звездным небом начните с отыскания подобной ковшу фигуры, образованной семью яркими звездами. Ковш входит в созвездие Большой Медведицы (рис. 2). Вместе с ковшом в данное созвездие входит много слабых звезд, но их запоминать нет необходимости. Созвездие Большой Медведицы вы всегда легко найдете по ковшу.

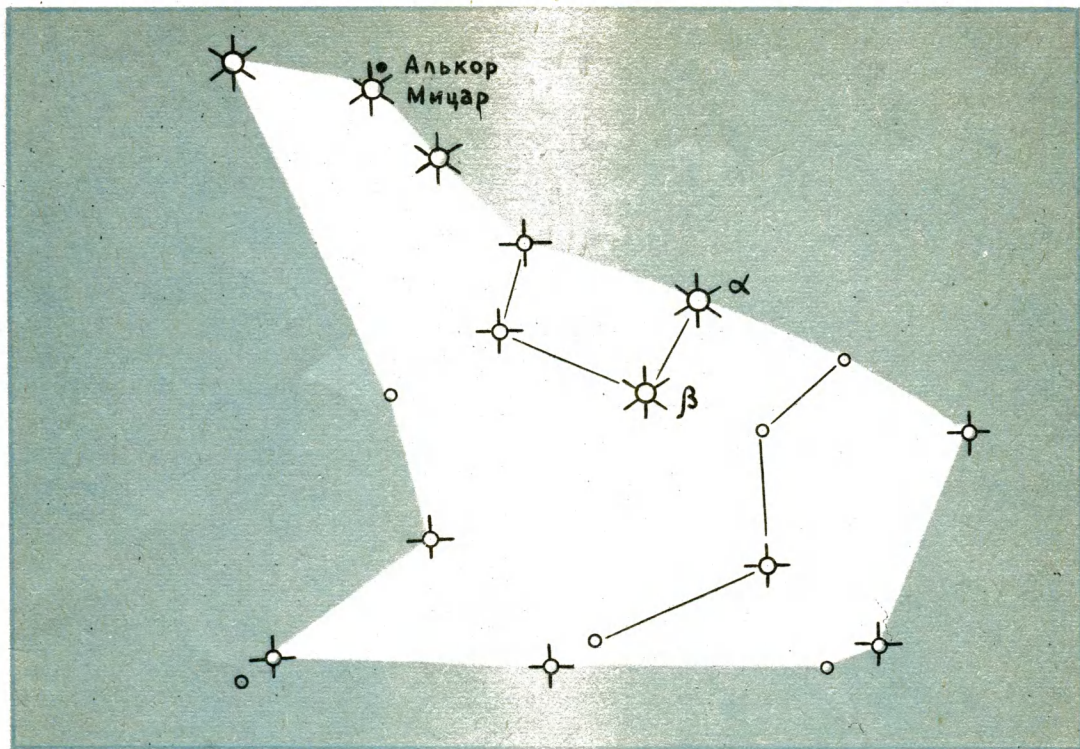
Вторая от конца ручки ковша звезда названа Мицаром, что в переводе с арабского обозначает «конь». В безлунную ночь, внимательно приглядевшись к Мицару, с ней рядом вы заметите слабую звезду, названную Алькором, что в переводе с арабского означает «всадник». Так вы и можете запомнить эти две звезды: всадник на коне.

Алькор — звезда шестой звездной величины. Так как ее яркость стоит на самом пределе видимости невооруженным глазом, то в старину по ней проверяли зрение. Продолжив взглядом изгиб ручки ковша, вы найдете очень яркую звезду нулевой величины — Арктур. Это ярчайшая звезда созвездия Волопаса (рис. 3).

Между созвездиями Большой Медведицы и Волопаса расположено созвездие Гончих Псов.

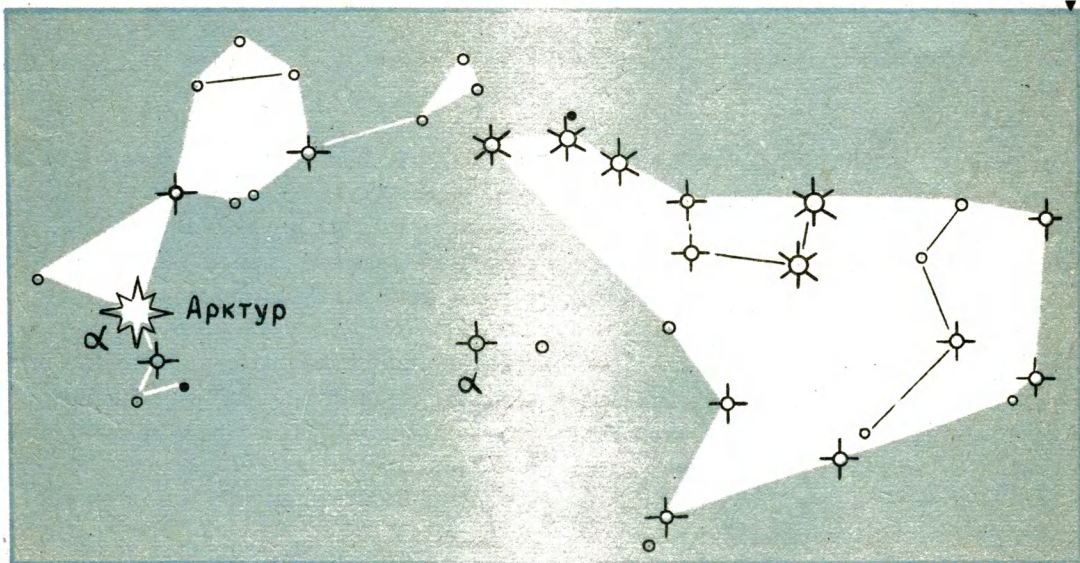
Древние греки об этих созвездиях рассказывали следующую легенду.





▲ Рис. 2. Созвездие Большая Медведица.

Рис. 3. Созвездия Волопаса и Большой Медведицы.



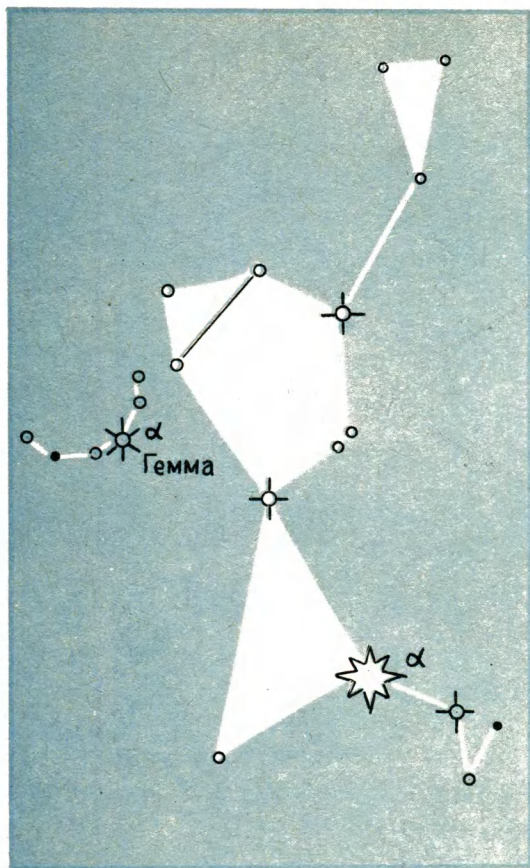


Рис. 4. Созвездия Волопаса и Северной Короны.

Когда-то в незапамятные времена у правителя Аркадии была дочь — красавица Каллисто. По красоте она соперничала с прекрасной богиней Герой — женой бога Зевса. Гера решила отомстить Каллисто и превратила ее в медведицу.

Когда сын Каллисто Аркад, возвращается с охоты, увидел у дома дикого зверя, он, ничего не подозревая, хотел убить его. Но всемогущий Зевс не допустил этого. Он удержал руку Аркада,

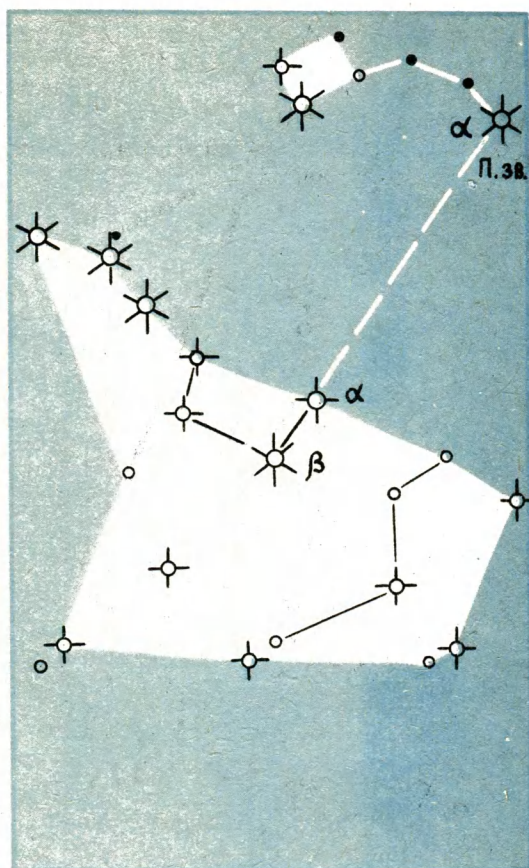
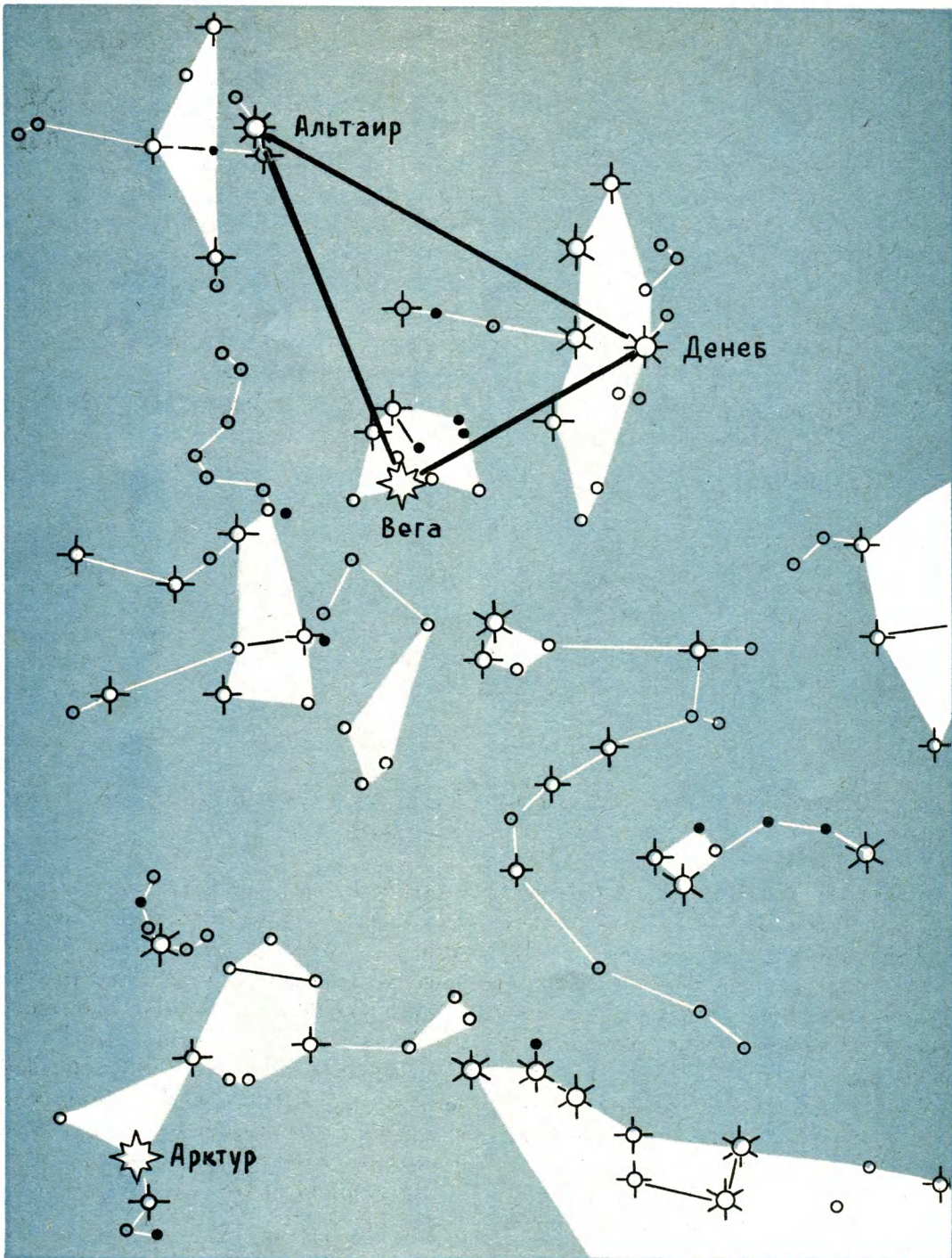


Рис. 5. Созвездия Большой и Малой Медведицы.

а Каллисто взял на небо, превратив в красивое созвездие. Зевс переселил на небо и юного Аркада в качестве Волопаса и наказал охранять мать. Аркада в этом должны были помогать гончие псы. Название «Арктур» произошло от «арктофилас», что по-гречески означает «страж», «хранитель». Легенда поможет вам запомнить взаимное расположение и названия этих созвездий.

За Волопасом полукруглой цепочкой  
Рис. 6. Группа околополюсных созвездий.







расположено созвездие Северная К о р о н а с главной звездой Геммой, что в переводе означает «жемчужина» (рис. 4). Вряд ли можно найти более удачное название как для созвездия, так и для главной звезды.

Если через две крайние звезды в ковше Большой Медведицы провести вверх прямую и на ней отложить пять раз расстояние между этими звездами, то эта линия пройдет через Полярную звезду, ярчайшую в созвездии М а л а я М е д в е д и ц а (рис. 5). Это — звезда второй звездной величины.

Созвездие Малой Медведицы менее эффектно, чем созвездие Большой Медведицы. Ее ковш меньше по размерам и состоит из неярких звезд. Однако это важное созвездие, так как в него входит Полярная звезда.

Познакомимся еще с одной группой созвездий (рис. 6). В эту группу входит одно из самых больших созвездий неба, названное Г е р к у л е с о м (у греков — мифический герой Геракл, сын Зевса), а рядом с ним — поверженный им Д р а к о н. Созвездие Дракона длинной лентой вьется между созвездиями Большой и Малой Медведицы. Маленький четырехугольник из звезд изображает голову, а лента — туловище.

Какие еще мифические герои попали на небо? Здесь и л и р а, на которой когда-то играл Орфей, и о р е л, который по велению Зевса в течение 30 000 лет клевал печень Прометея. Здесь и сам Зевс, летящий по небу в образе л е б е д я. Эти три созвездия, более компактные и более яркие, чем Геркулес и Дракон, поистине являются украшением звездного неба.

Альфа Лиры — звезда нулевой звездной величины, названная Вегой, является самой яркой после Сириуса звездой неба.

Яркие звезды созвездия Лебеда напоминают крест. Альфа Лебеда — Денеб — звезда первой звездной величины.

Альфа Орла названа Альтаиром, что в переводе с арабского означает «летащий». Альтаир — звезда первой звездной величины.

Вега — Денеб — Альтаир образуют так называемый осенне-летний треугольник, который ярко горит на небе в течение всего лета и осени.

Пока ограничимся десятию перечисленными созвездиями. Научитесь находить их на небе сначала с помощью рисунков книги, а затем по памяти\*.

## НЕБЕСНАЯ СФЕРА. УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА НЕБЕ

Поупражнявшись в быстром обнаружении на небе перечисленных в предыдущем параграфе 10 созвездий и 7 ярких звезд, вы можете в один из вечеров проделать следующие наблюдения. Заметив расположение какой-либо яркой звезды относительно определенного тела отсчета (высокого дома, дерева и т. д.), зарисуйте ее в тетради, указав дату, час наблюдения и сторону горизонта, где находится выбранная вами звезда; затем через каждые 30 мин (2—3 раза) повторяйте наблюдения и делайте зарисовки. Сравнив рисунки, вы заметите, что наблюдаемая вами звезда перемещается

---

\* Таблицы для записи наблюдений вы найдете в приложении.

относительно тела отсчета, следовательно, и относительно Земли.

На фотографии полярной области неба (рис. 7) ясно видны концентрические дуги — следы путей звезд, перемещающихся вместе с небосводом вокруг Земли. Такую фотографию вы можете получить сами. Для этого достаточно установить фотоаппарат на бесконечность и, направив на Полярную звезду, открыть объектив на 30—40 мин.

Наблюдаемое явление вызвано суточным вращением Земли вокруг оси, то есть вращение звездного неба — движение кажущееся. Так же как пассажиру,

смотрящему в окно движущегося вагона, кажется, что движется не поезд, а дома и деревья в противоположном направлении, наблюдателю звездного неба, находящемуся на поверхности вращающейся Земли, кажется, что вращается небосвод.

Астрономы древности, заметив вращение звездного неба как единого целого вокруг Земли, решили, что звезды расположены на одинаковых расстоя-

Рис. 7. Фотография полярной области неба, полученная неподвижным фотоаппаратом.



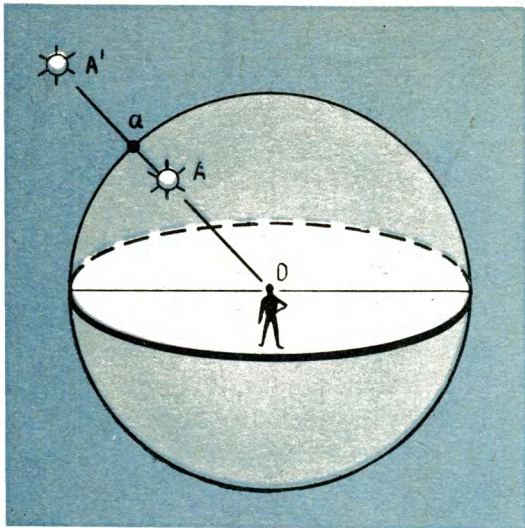


Рис. 8. Положение звезды на небесной сфере.

ниях от Земли и прикреплены к полюсу шару, который и вращается вокруг нее. Этот шар был назван *небесной сферой*.

Небесная сфера — воображаемая шаровая поверхность произвольного радиуса, центром которой является глаз наблюдателя. Поясним, почему удобно пользоваться небесной сферой при наблюдениях звезд.

Начертим сферу с центром в точке  $O$ , где находится наблюдатель (рис. 8). Затем проведем прямую линию от точки  $O$  к звезде  $A$ . Она пересечет небесную сферу в точке  $a$ . Положение наблюдаемой звезды не изменится, если она будет находиться не в точке  $A$ , а в точке  $A'$ , лежащей на той же прямой. Значит, когда мы говорим, что звезда находится в точке  $a$ , то она, следовательно, лежит на прямой  $OA$ , продолженной в мировое пространство.

На небесной сфере возможны только угловые измерения расстояний между отдельными звездами. Например, различие в положениях звезд  $B$  и  $C$  на небесной сфере выражается углом  $BOC$  (рис. 9), в положениях звезд  $A$  и  $P$  — углом  $AOP$  и т. д. Звезды  $B$  и  $C$  нам кажутся расположенными ближе или дальше, чем  $A$  и  $P$ , в зависимости от того, какой из углов больше.

Расстояния между звездами на небесной сфере, измеренные центральными углами или соответствующими дугами, называются *угловыми расстояниями*.

Вы можете сами измерить угловые расстояния между знакомыми вам яркими звездами (например, между звездами донышка ковша Большой Медведицы или между крайней звездой ковша и Полярной звездой и т. д.) с помощью очень простого прибора (рис. 10). На небольшую узкую планку длиной 15—20 см вбейте на расстоянии 0,5 см друг от друга маленькие гвозди без шляпок, каждый десятый гвоздь делайте выше остальных. К концам планки прикрепите прочные нити, которые должны сойтись на расстоянии 57 см от планки. В этом месте сделайте узел и прикрепите к нему бусинку.

При наблюдениях бусинку надо взять в рот и держать за зубами, а планку отвести двумя руками на расстояние, соответствующее длине натянутых нитей. При таком положении планки расстояние между гвоздями будет соответствовать  $0,5^\circ$ .

Для угловых измерений расположите планку так, чтобы она находилась в плоскости, проходящей через выбран-



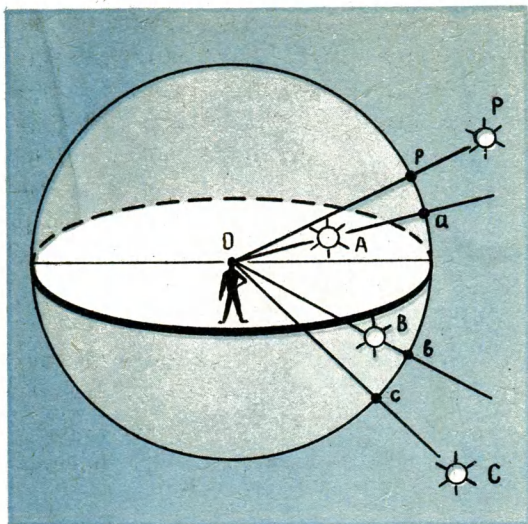


Рис. 9. Угловые расстояния между звездами на небесной сфере.

ные вами звезды и глаз. Затем, передвигая планку вправо или влево, добейтесь того, чтобы на каждую из звезд спроектировался один из насаженных на планку гвоздей. По расстоянию между гвоздями вы легко сможете определить расстояние между звездами.

Угловые измерения можно проводить и с помощью астрономического посоха — угломерного инструмента, которым широко пользовались наблюдатели древности. Для его изготовления возьмите длинную линейку и к ее концу прикрепите прямоугольник из жести, так, чтобы загнутая клицевой стороне линейки часть прямоугольника составила квадрат (рис. 11, а). В центре квадрата сделайте отверстие диаметром 3 мм. Затем к концам небольшого бруска прибейте гвозди, вырежьте в нем паз, соответствующий сечению линейки, и наденьте брусок на

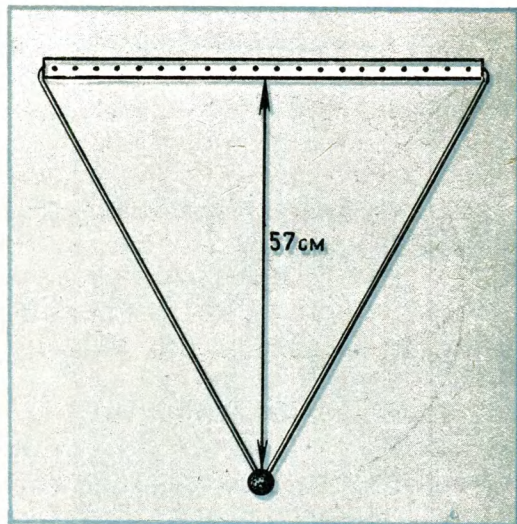


Рис. 10. Прибор для угловых измерений на небесной сфере.

линейку (рис. 11, а). Теперь остается нанести на линейку деления. Нанесение делений (градуировка прибора) делается так: транспортир (по возможности больших размеров) прикладывают к началу линейки так, чтобы центр его дуги совпал с серединой начала линейки. К центру дуги транспортира предварительно прикрепляют две нити, которые свободно перекидывают через гвозди бруска. При перемещении бруска (назовем его ползунком) угол между нитями изменяется.

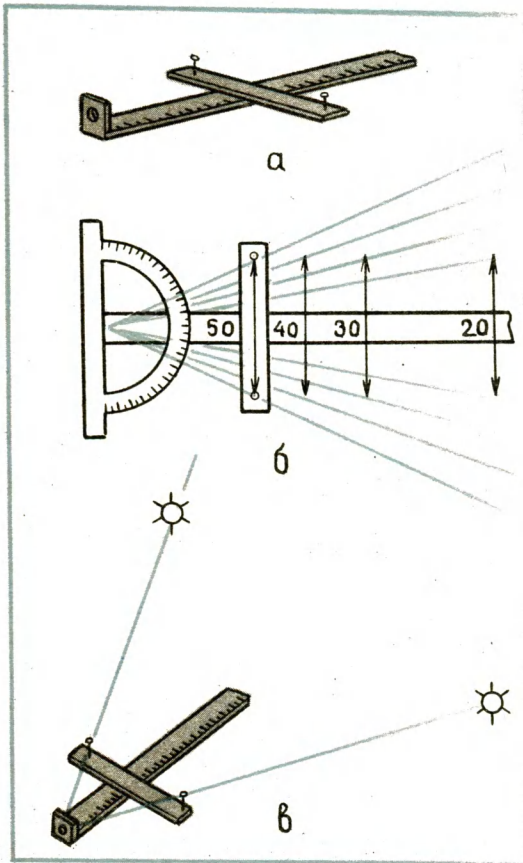
По положению ползунка на линейку наносят деления и записывают цифры, соответствующие углам между нитями (рис. 11, б). Ползунки передвигают так, чтобы деления наносились через градус.

При угловых измерениях посох располагают так, чтобы ползунки лежали в плоскости, проходящей через две выбранные звезды и глаз. Передвигая пол-

зунок, добиваются того, чтобы гвозди (назовем их визирами) проектировались на звезды. Тогда по положению ползунка на линейке можно определить угловое расстояние между данной парой звезд (рис. 11, в).

Результаты измерений записывайте в тетрадь и время от времени сравнивайте между собой. Если вы ни через день, ни через неделю, ни через месяц (даже через год) не заметите никаких изменений

Рис. 11. Астрономический посох: а — общий вид; б — градуирование линейки; в — пользование посохом.



в угловых расстояниях между звездами, не удивляйтесь. Никакой ошибки нет.

Очень большая удаленность звезд от Земли делает движения звезд незаметными, поэтому даже глубокие старцы видят очертания созвездий такими, какими они их наблюдали в детстве. На самом же деле собственные движения звезд стечением огромных промежутков времени приводят к изменению очертаний созвездий (рис. 12).

Как же астрономы обнаруживают перемещения звезд? Они сравнивают записи наблюдений, разделенных десятилетиями, и определяют изменения в угловых расстояниях между звездами.

Современные астрономы для измерений угловых расстояний между звездами пользуются фотографиями отдельных участков звездного неба, полученными одним и тем же телескопом с промежутком времени в десятилетия. Этот метод не только увеличивает точность измерений, но и позволяет сохранить с помощью фото пленки вид того или иного участка звездного неба в определенный момент времени. Спустя десятилетия или даже столетия, сделав новый снимок того же участка звездного неба и сравнив его с тем, что был сделан много лет назад, можно будет с большой точностью вычислить изменения, которые произошли за это время во взаимных положениях звезд.

Вероятно, вы догадались, что изменения угловых расстояний между звездами на небесной сфере говорят о том, что звезды движутся в пространстве относительно друг друга.

Как яркость звезд ничего не говорит об их размерах, так и угловые расстоя-

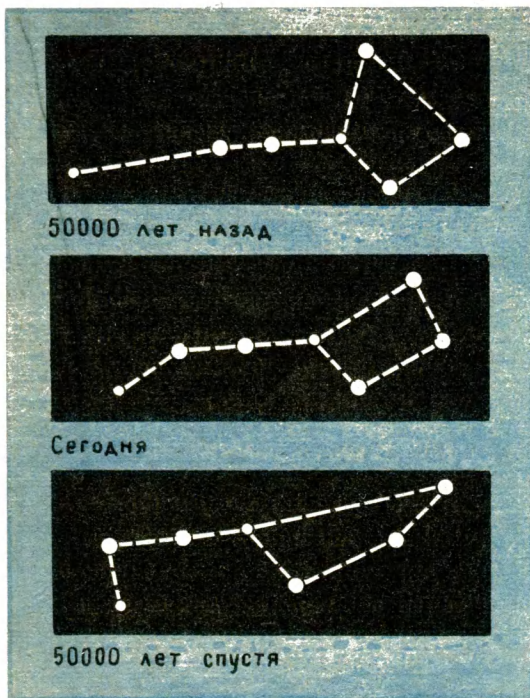


Рис. 12. Изменение видимого положения ярких звезд созвездия Большой Медведицы.

ния между двумя звездами на небесной сфере ничего не говорят о действительных расстояниях между ними. Для ясности вернемся к рисунку 9. На этом рисунке угловое расстояние  $ab$  в несколько раз превосходит угловое расстояние  $bc$ , в то время как звезда  $B$  гораздо ближе к звезде  $A$ , чем к звезде  $C$ . Приведем конкретный пример: звезды Мицар и Алькор в созвездии Большой Медведицы кажутся нам находящимися рядом. На самом деле они расположены друг от друга на колоссальном расстоянии (около  $2,5 \cdot 10^{12}$  км). В то же время Сириус и Альтаир, которые расположены в диаметрально противоположных час-

тях небесной сферы (Земля находится между ними), фактически отстоят друг от друга на расстоянии  $25 \cdot 10^{13}$  км, т. е. всего в 100 раз дальше друг от друга, чем первые две звезды.

## ВРАЩЕНИЕ НЕБЕСНОЙ СФЕРЫ

Рассмотрим более подробно наблюдаемое с Земли вращение небесной сферы.

Как мы уже говорили, вращение небесной сферы является следствием суточного вращения Земли. Оно происходит вокруг оси, совпадающей с осью вращения Земли. Эту ось наблюдаемого вращения небесной сферы назвали осью мира, а точки, в которых она пересекает небесную сферу, по аналогии с земными полюсами — северным  $P$  и южным  $P'$  полюсами мира (рис. 13).

Вблизи южного полюса мира нет яркой звезды. Вблизи же северного полюса мира расположена известная вам Полярная звезда (чем и вызвано ее название). Большая близость Полярной звезды к северному полюсу мира делает ее движение вокруг оси мира незаметным для земного наблюдателя. Это обстоятельство позволило считать Полярную звезду практически расположенной в полюсе, что значительно облегчило нахождение на звездном небе местоположения северного полюса мира.

Наблюдаемая с Земли картина суточного вращения звездного неба зависит от того, где находится наблюдатель: на полюсе ли Земли, на экваторе, или в средних широтах. Попробуем в этом разобраться с помощью рисунка 14. Если не учитывать, что размеры Земли по



сравнению с расстоянием до Полярной звезды очень малы, то может показаться, будто направления на Полярную звезду из разных точек Земли должны сойтись, как изображено на рисунке 14, а. Однако по сравнению с расстоянием до Полярной звезды размеры Земли настолько малы, что учитывать их не имеет смысла. Пренебрегая размерами Земли, мы приходим к выводу, что направления на Полярную звезду из разных точек Земли фактически совпадут с осью мира. Поэтому практически для наблюдателей, находящихся в разных широтах, существуют свои оси мира, параллельные оси суточного вращения Земли и, следовательно, параллельные между собой (рис. 14, б).

Наблюдатель, находящийся на полюсе Земли, видит Полярную звезду расположенной в зените. Для наблюдателя, находящегося на экваторе, Полярная звез-

да расположена на горизонте, а для живущих в средних широтах Полярная звезда наблюдается под некоторым углом к горизонту, который на рисунке 14, б обозначен буквой  $\varphi$ .

Каким же будет вид звездного неба для каждого из упомянутых наблюдателей? Это вы легко сможете представить себе с помощью модели небесной сферы, сделанной из колбы, наполовину наполненной водой, с нанесенными на ее поверхность звездами. Колба закрыта пробкой, через которую продета спица — ось мира (рис. 15, а, б, в). Поверхность воды — горизонт.

Вращая колбу вокруг оси мира, вы заметите, что наблюдатель, находящийся на полюсе Земли, видит все созвездия северного полушария небесной сферы. Эти созвездия описывают concentрические окружности с центрами, лежащими

Рис. 13. Полюсы мира.

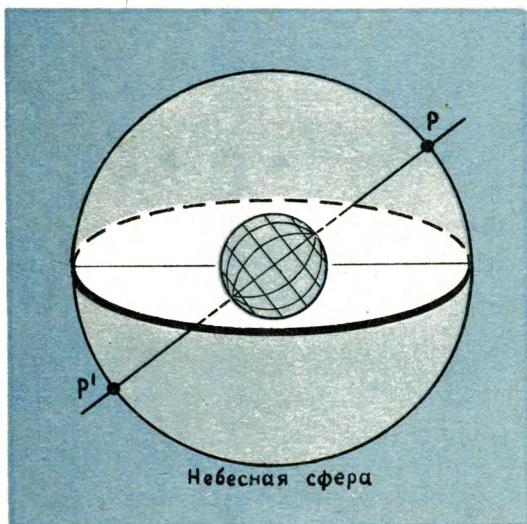
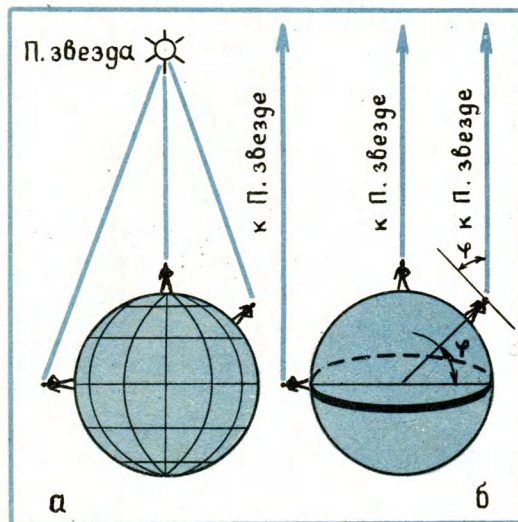


Рис. 14. Направления на Полярную звезду: а — масштабы не учтены; б — масштабы учтены.



на оси мира, и, таким образом, никогда не заходят за горизонт (рис. 16, а). Наблюдатель, находящийся на экваторе, видит все 88 созвездий неба. Эти созвездия ежедневно заходят за горизонт и восходят из-за горизонта (рис. 16, б). Наблюдатель, находящийся в средних широтах, видит тем больше звезд небесной сферы, чем дальше он находится от полюса. Некоторые из наблюдаемых им звезд никогда не заходят за горизонт, другие — заходят и восходят (рис. 16, в). При внимательном рассмотрении рисунка вы заметите, что за горизонт не заходят те звезды, угловые расстояния которых от оси мира меньше или равны высоте Полярной звезды над горизонтом.

Вы, наверно, обратили внимание на то, что на полюсе Земли, где географическая широта равна  $90^\circ$ , Полярная звезда имеет ту же высоту над горизонтом.

Рис. 16. Видимое движение звезд на разных широтах: а — на полюсе; б — на экваторе; в — в средних широтах.

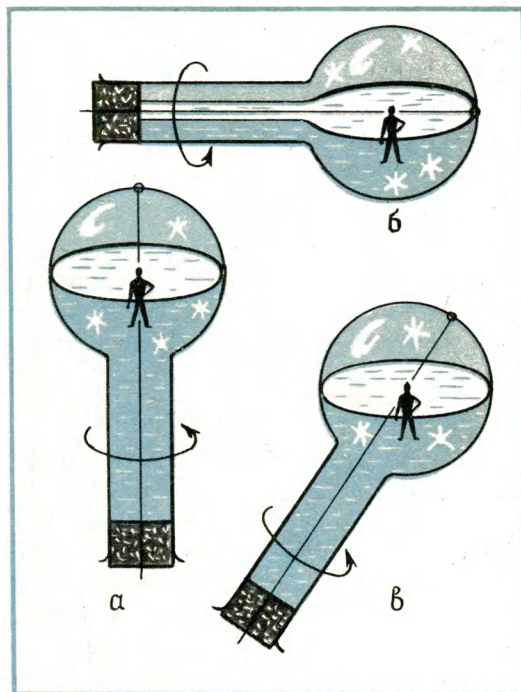
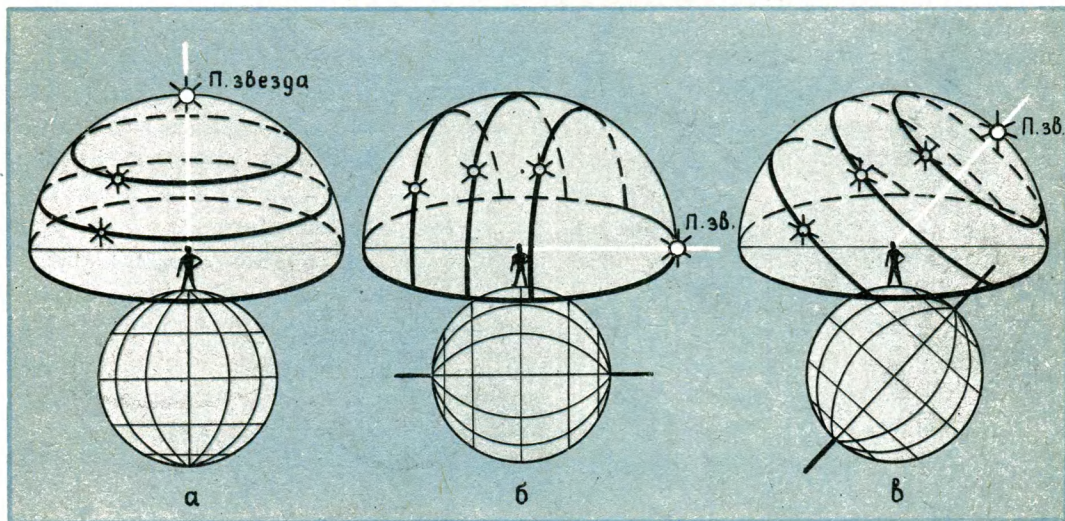


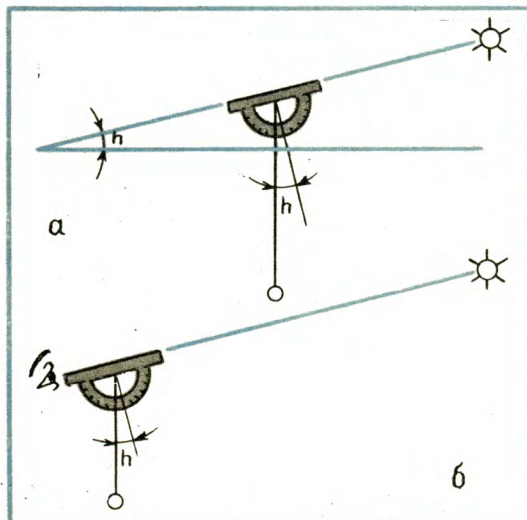
Рис. 15. Модель небесной сферы, с помощью которой можно показать видимый путь звезд: а — на полюсе; б — на экваторе; в — в средних широтах.



То же самое наблюдается на экваторе: высота Полярной звезды над горизонтом равна географической широте экватора —  $0^\circ$ . Достаточно показать, что эта закономерность справедлива для любой широты, и тогда мы будем иметь общее правило. Внимательно рассмотрев рисунок 14, б, вы без особого труда сможете сделать следующий вывод: *высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения.*

Высоту полярной звезды над горизонтом можно определить с помощью **высотомера** (эклиметра). Прикрепите к линейке большой транспортир так, чтобы края транспортира и линейки совпали. К центру дуги транспортира на тонком гвозде подвесьте грузик на нити (отвес). Чтобы нить могла свободно двигаться, на конце нити сделайте петельку и наденьте ее на гвоздь. При наблюдении

Рис. 17. Измерение высоты светила эклиметром: *а* — принцип действия прибора; *б* — способ использования эклиметра.



нии угол отклонения отвеса равен высоте светила над горизонтом (рис. 17, а).

Способ пользования эклиметром ясен из его устройства: надо нацелить прибор на Полярную звезду так, чтобы звезда оказалась на луче зрения, идущего к ней от глаза наблюдателя вдоль верхнего края транспортира (рис. 17, б). Далее следует осторожно прижать нить отвеса к дуге транспортира и посмотреть, через какое деление шкалы она проходит. Это и будет высота Полярной звезды над горизонтом, то есть географическая широта места наблюдения. Эту цифру запишите или запомните.

## ИЗМЕНЕНИЕ ВИДА ЗВЕЗДНОГО НЕБА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Помимо суточного вращения вокруг оси, Земля в течение года совершает полный оборот вокруг Солнца. Вследствие этого вид звездного неба для наблюдателя на Земле изменяется в течение года. Мы видим все новые и новые группы звезд, встречи с которыми повторяются ежегодно в одни и те же месяцы. Круглый год мы видим лишь те звезды, которые на нашей широте не заходят за горизонт.

Суточные и годичные изменения вида звездного неба послужили причиной создания подвижной карты звездного неба, с помощью которой можно определить, какие созвездия на данной широте можно наблюдать в определенные месяцы, дни и часы (см. приложение).

Наклейте звездную карту на плотную бумагу и обрежьте по внешнему кругу. Прежде чем научиться пользоваться картой, попробуйте найти на ней знакомые вам созвездия и яркие звезды.

Поупражнявшись в этом, расположите карту так, чтобы надпись на краю «Октябрь» оказалась внизу перед вами. Тогда по линии Мицар — Полярная звезда, по другую сторону от Малой Медведицы, вы встретите созвездие К а с с и о п е и, напоминающее растянутую букву М. За Кассиопеей расположено созвездие А н д р о м е д ы, три яркие звезды которой вытянулись почти в прямую линию. Альфа Андромеды вместе с тремя яркими звездами созвездия П е г а с а образует квадрат, который так и называется — к в а д р а т П е г а с а. Созвездие Пегаса на небе вы легко можете найти по этому квадрату.

Ближе к Полярной звезде, чем Кассиопея, расположено созвездие Ц е ф е й — пятиугольник, острием направленный к Полярной звезде. На линии Пегас — Андромеда расположено созвездие П е р с е й, которое вы легко найдете по равнобедренному треугольнику, образованному его яркими звездами. Альфа Персея, звезда второй звездной величины, расположена на линии ярких звезд созвездия Андромеды.

По линии Цефей — альфа Андромеды расположено созвездие К и т а, которое, как и Цефей, состоит из слабых звезд.

Теперь расположите карту так, чтобы надпись «Апрель» оказалась внизу перед вами, и рассмотрите перечисленную группу созвездий еще раз. Эту группу созвездий связывает очень интересная легенда.

Когда-то Эфиопией правил царь Цефей. Однажды его супруга — царица Кассиопея имела неосторожность похвастаться своей красотой перед обитате-

лями моря — немеридами. Оскорбленные немериды пожаловались богу моря Посейдону. Разгневанный дерзостью Кассиопеи, властитель морей напустил на берега Эфиопии морское чудовище — Кита.

Чтобы избавить свое царство от разрушений, Цефей по совету оракулов решил принести жертву чудовищу — отдать ему на съедение свою дочь Андромеду. Он приковал ее к прибрежной скале и оставил в ожидании страшной участи.

В это время на другом краю света мифический герой Персей проник на уединенный остров, где жили страшные чудовища горгоны, у которых на голове вместо волос были змеи. Взгляд этих чудовищ был так ужасен, что каждый, кто встречался с ними глазами, превращался в камень. Персей избежал этой участи, так как смотрел не на них, а на их изображения в отполированном щите.

Воспользовавшись тем, что чудовища спят, Персей подкрался к ним и отсек голову одной из них. Из отрубленной туловища выпорхнул крылатый конь Пегас. Персей схватил отрубленную голову, вскочил на Пегаса и полетел на родину.

Когда Персей пролетал над Эфиопией, он увидел прикованную к скале Андромеду. В это время Кит уже вынырнул из морских пучин и готов был проглотить свою жертву. Персей, ринувшись вниз, показал Киту не потерявшую волшебной силы отрубленную голову, и Кит, окаменев, превратился в остров. Андромеда была спасена.

Теперь еще раз посмотрите на эту группу созвездий и постарайтесь запомнить их очертания и взаимное положение.



Расположив карту так, чтобы надпись «Июнь» оказалась в самом нижнем положении, вы увидите другую группу очень ярких и красивых созвездий, которые в средних широтах можно наблюдать в течение всей зимы. Здесь и Большой Пес с яркой звездой Сириус, и одно из красивейших созвездий неба — Орион, получивший свое название по имени мифического стрелка, убитого богиней Артемидой за то, что он дерзнул вызвать ее на состязание в метании диска. Созвездие своими очертаниями действительно напоминает стрелка. Три яркие звезды, расположенные одна под другой по прямой линии, образуют так называемый «пояс Ориона». Наиболее яркие звезды созвездия расположены в вершинах четырехугольника. Они имеют собственные имена. Вы запомните Бетельгейзе (в левом верхнем углу), что в переводе означает «звезда в плече гиганта».

Сириус — Бетельгейзе — Прочион (звезда нулевой величины, входящая в созвездие Малый Пес) образуют так называемый зимний треугольник, который ярко горит на небе в течение всей зимы.

На линии «пояс Ориона» — Бетельгейзе расположены две яркие звезды созвездия Близнецов: Поллукс и Кастор. Созвездие Близнецов — вечный памятник истинной любви. Легенда рассказывает о том, что один из братьев — Кастор — был смертным, а другой — Поллукс — бессмертным. Когда Кастор погиб, Поллукс отдал ему половину своего бессмертия. С тех пор неразлучные братья стали проводить один день на сверкающем Олимпе, а другой — в царстве мрачного Аида.

На линии Орион — Полярная звезда расположено созвездие Возничего с яркой звездой нулевой звездной величины Капеллой.

Между Орионом и Возничим расположено созвездие Тельца с главной звездой — Альдебаран (первой звездной величины). В созвездии Тельца находится звездное скопление Плеяды.

Теперь вы знакомы с достаточно большим числом созвездий северного полушария небесной сферы, поэтому можете самостоятельно изучить звездную карту. Когда вы будете достаточно хорошо ориентироваться во взаимном положении созвездий и их очертаниях, познакомьтесь с правилами пользования накладным кругом к карте.

Наклейте накладной круг (см. приложение) на гладкую плотную бумагу. Вырежьте в нем окошко времени (отверстие) по той из замкнутых линий, которая соответствует широте вашего местожительства.

Звездную карту подкладывайте под накладной круг так, чтобы штрих момента времени совпал со штрихом выбранной для наблюдения даты, указанной на краю карты. Тогда в вырезе накладного круга будут видны те звезды и созвездия, которые можно наблюдать на вашей широте в выбранное вами время. Зенит находится в центре выреза, по краям выреза указаны стороны горизонта.

Вращая звездную карту против часовой стрелки, вы увидите, как изменяется наблюдаемая в ваших широтах картина звездного неба вследствие суточного вращения и годичного движения Земли по орбите.



Звездная карта и накладной круг к ней — ваши верные помощники в быстром распознавании ярких звезд и созвездий.

### ОРИЕНТИРОВКА ПО ЗВЕЗДАМ

С древних времен и до настоящего времени звезды были и остаются надежными ориентирами, по которым люди находят стороны горизонта и определяют время ночи. Способов ориентировки много, мы расскажем о некоторых из них.

1. Знание местоположения Полярной звезды очень важно, так как она указывает на северную сторону горизонта и тем самым помогает определить и остальные стороны света. Однако Полярная звезда может быть закрыта дымкой или облаками, а в просвете могут быть видны другие звезды и созвездия. Следовательно, не менее важно уметь находить местоположение Полярной звезды с помощью видимых на небе ярких звезд и созвездий. Для этого надо хорошо помнить околополюсные созвездия и их взаимное положение.

2. Ориентироваться можно и по ручке ковша Большой Медведицы. В полночь весной она направлена на восток,

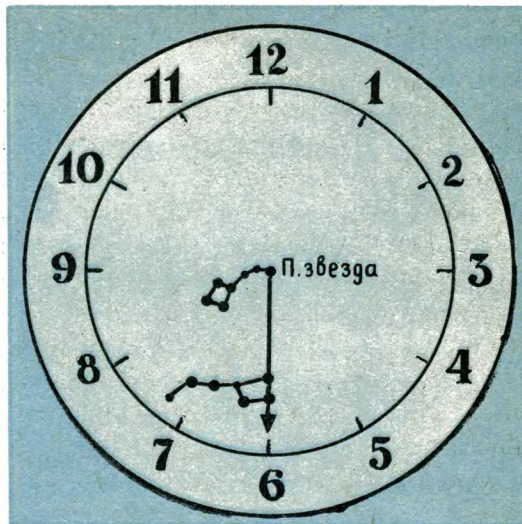


Рис. 18. Звездные часы.

летом — на юг, осенью — на запад, зимой — на север.

3. Ориентироваться можно и с помощью других созвездий. Например, над точкой юга в полночь бывают Волопас — в мае, Лебедь и Орел — в июле, квадрат Пегаса — в сентябре.

Вы можете сами с помощью звездной карты и накладного круга выбрать те

Рис. 19. Правила пользования звездными часами.

$$X = 55,3 - \left[ \left( \Delta + \text{[Star Clock Diagram]} \right) \cdot 2 \right]$$

яркие звезды и созвездия, которые в определенные месяцы года и в определенные часы ночи могут служить для вас ориентирами. Запишите их в тетрадь и с помощью упражнений постарайтесь запомнить.

4. Время ночи легко определить по взаимному положению относительно горизонта созвездий Большой и Малой Медведиц. Это связано с тем, что созвездие Большой Медведицы, как и все звезды неба, совершает суточный оборот вокруг полюса мира против часовой стрелки с периодом, равным 24 ч.

Представьте себе на небе громадный циферблат с центром в полюсе мира (практически в Полярной звезде) и цифрой 6 над точкой севера. Стрелка таких часов проходит от Полярной звезды через две крайние звезды Большой Медведицы (рис. 18). Перемещение стрелки на одно деление небесного циферблата происходит в течение двух часов.

Чтобы определить время, надо прежде всего вычислить дату месяца от начала года с десятичными долями. Каждые три дня считаются за одну десятую долю

месяца. Например, 3 октября соответствует число 10,1.

Это число надо сложить с показаниями часов, а сумму умножить на 2. Полученное произведение следует вычесть из числа 55,3, которое зависит от определенного положения указанных созвездий. Число 55,3 надо запомнить. Формула для вычисления времени ночи приведена на рисунке 19.

Чтобы изложенное выше стало более понятным, решим задачу: допустим, 18 октября вы заметили, что стрелка звездных часов направлена на цифру 6. В каком часу это было?

**Решение.** Октябрь — десятый месяц года, следовательно, 18 октября соответствует число 10,6. Сложив это число с показанием часов и умножив на два, получим:  $(10,6 + 6) \cdot 2 = 33,2$ . Полученное число надо вычесть из 55,3:  $55,3 - 33,2 = 22,1$ .

**О т в е т:** наблюдение было проведено в 10 ч 6 мин вечера.

Поупражняйтесь в решении подобных задач.

## Глава II

# ПУТЬ СОЛНЦА ЗИМОЙ И ЛЕТОМ

### ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА ПО НЕБУ ЗЕМЛИ

Каждый день Солнце поднимается над горизонтом, описывает дугу на небесной сфере, достигая наибольшей высоты в полдень, и опускается за горизонт. В разные времена года этот путь Солнца по небу Земли не одинаков: летом, высоко поднимаясь над горизонтом, Солнце сильно греет и подолгу видно на небе, а зимой путь Солнца невысок, оно слабо греет и раньше заходит за горизонт.

Эти изменения люди заметили еще в древности, но их причину удалось объяснить только тогда, когда было доказано, что не Солнце движется вокруг Земли, а Земля вокруг Солнца.

Дело в том, что наблюдаемое движение Солнца по небу Земли и изменения в этом движении связаны именно с суточным вращением Земли вокруг оси и годичным ее движением вокруг Солнца. Разберемся в этом подробнее.

Предположим, что ось суточного вращения Земли перпендикулярна плоскости ее орбиты, то есть плоскости, в которой лежит путь ее движения вокруг Солнца. Тогда солнечные лучи должны были бы падать на поверхность Земли во всех ее положениях на орбите одинаково. Вследствие этого на полюсе Земли были бы вечные сумерки: Солнце в течение

всего года наблюдалось бы у горизонта (рис. 20, а).

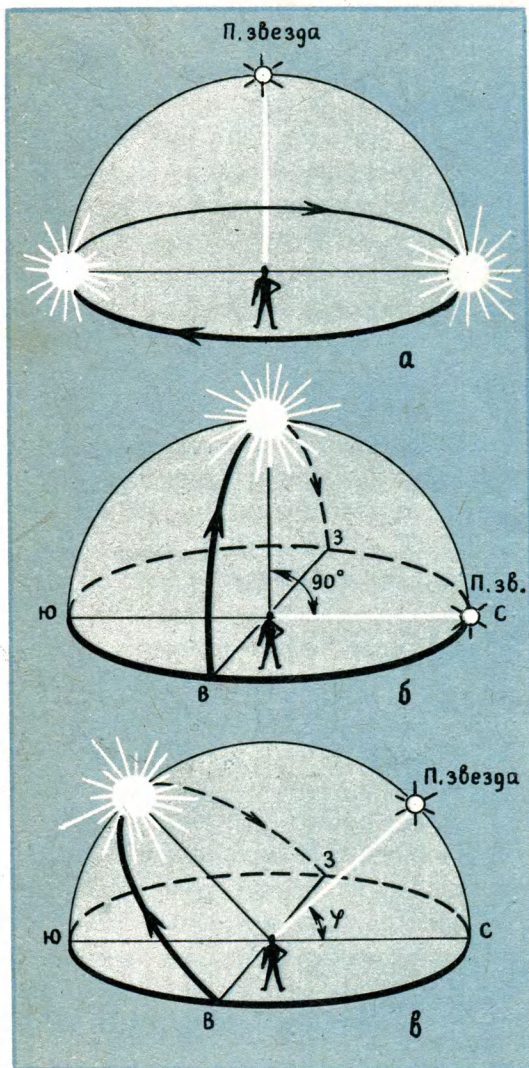
В точках, лежащих между полюсами, по всему земному шару Солнце каждый день восходило бы точно на востоке, заходило бы точно на западе и день всегда был бы равен ночи. Для точек, лежащих от полюсов дальше, полуденная высота Солнца над горизонтом была бы больше и в течение года оставалась бы неизменной. На экваторе она бы составляла  $90^\circ$ , то есть на экваторе круглый год в полдень Солнце находилось бы в зените (рис. 20, б). В средних широтах полуденная высота Солнца постоянно была бы равной  $(90^\circ - \varphi)$ , где  $\varphi$  — географическая широта местности (рис. 20, в).

Поскольку наблюдаемая картина не похожа на ту, которую мы описали, то предположение о том, что ось суточного вращения Земли перпендикулярна плоскости орбиты, ошибочно. Тогда каков же наклон оси суточного вращения Земли к плоскости орбиты? Оказалось, что угол наклона оси суточного вращения Земли к плоскости орбиты равен  $66,5^\circ$ . Но астрономам удалось не только вычислить угол наклона оси Земли к плоскости орбиты, но и выявить очень важное явление: при движении Земли вокруг Солнца направление оси в пространстве и ее

наклон к плоскости орбиты не изменяются (рис. 21).

Сочетание именно этих двух факторов (угол наклона  $66,5^\circ$  и неизменность

Рис. 20. Так двигалось бы Солнце по небу при перпендикулярной к плоскости орбиты оси Земли: *а* — на полюсе; *б* — на экваторе; *в* — в средних широтах.



направления оси вращения Земли в пространстве) — причина того, что солнечные лучи падают на поверхность Земли под разными углами, вызывая смену времен года.

Чтобы понять сущность происходящего, рассмотрим подробнее положения Земли в разных точках орбиты (рис. 21).

В положении 1 в северном полушарии Земли лето, длинные дни и короткие ночи. В этом месте орбиты Земля бывает в двадцатых числах июня. В положении 2 в северном полушарии Земли осень и всюду день равен ночи. В этом месте орбиты Земля бывает в двадцатых числах сентября. В положении 3 в северном полушарии зима, длинные ночи и короткие дни. В этом месте орбиты Земля бывает в двадцатых числах декабря. В положении 4 в северном полушарии весна. В эту точку орбиты Земля приходит в двадцатых числах марта. Здесь как и в противоположной точке орбиты, повсюду на Земле день равен ночи.

Если вы внимательно рассмотрите каждое из приведенных положений Земли на орбите и, мысленно представив ее вращение вокруг оси, будете переходить от одного положения Земли в пространстве к другому, то вам станет ясно, что наблюдаемое движение Солнца по небу Земли должно быть очень сложным. Действительно, траектория движения Солнца имеет вид спирали, которая поднимается и опускается относительно земного экватора. В этом вы можете убедиться с помощью глобуса.

Расположите глобус так, чтобы его ось с горизонтальной поверхностью стола составила угол, равный географичес-



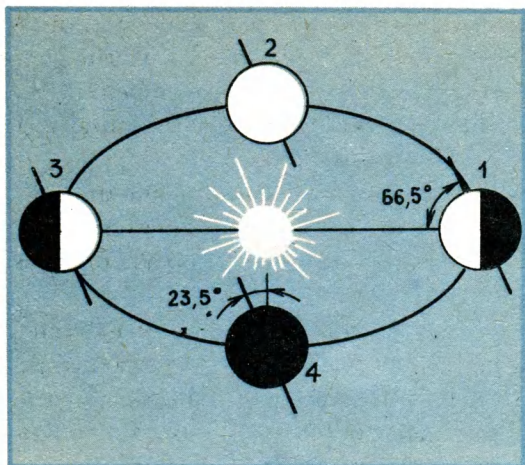


Рис. 21. Положение оси суточного вращения Земли в пространстве.

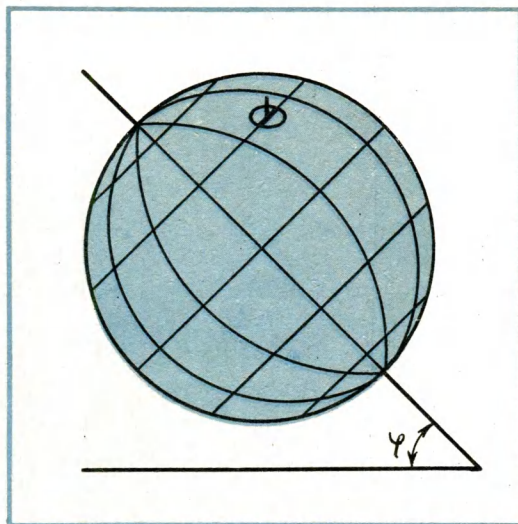
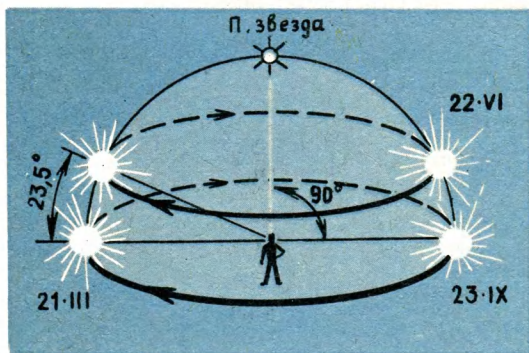


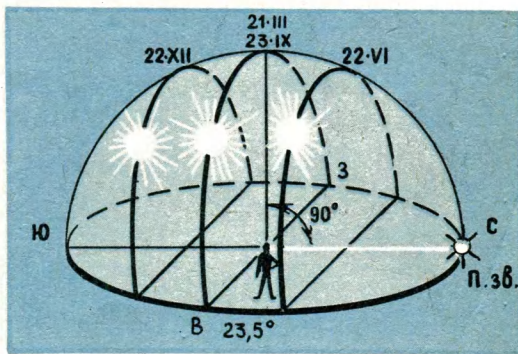
Рис. 22. Установка глобуса для наблюдений.

Рис. 23. Наблюдаемое движение Солнца на полюсе.



кой широте места наблюдения. Изготовьте из проволоки кольцо и укрепите в нем стержень. Держа за кольцо, приложите стержень перпендикулярно к поверхности глобуса и, перемещая его, найдите точку, в которой стержень не дает тени (рис. 22). Эту точку на глобусе отметьте

Рис. 24. Наблюдаемое движение Солнца на экваторе.



карандашом. В течение дня сделайте несколько таких отметок.

Соединив плавной линией отметки одного дня и повторив наблюдение 3–4 раза в течение месяца, вы сможете увидеть, что ежедневный путь Солнца по небу Земли почти параллелен экватору и

что эти параллели относительно экватора или поднимаются вверх (летом), или опускаются вниз (зимой).

Каков же видимый путь Солнца по небу Земли в разных широтах?

На полюсе Земли витки спирали почти параллельны горизонту (рис. 23). Появившись из-за горизонта 21 марта, описывая спираль, Солнце поднимается все выше и выше над горизонтом и 22 июня достигает наибольшей полуденной высоты в  $23,5^\circ$ . Затем опять по спирали оно начинает опускаться и 23 сентября уходит за горизонт на полгода. Таким образом, на полюсе Земли полгода длится день, полгода — ночь.

На экваторе витки спирали перпендикулярны горизонту (рис. 24). Солнце каждый день заходит и восходит, круглый год день равен ночи. Двигаясь по спирали с юга на север и обратно, два раза в году оно восходит в точке востока и заходит в точке запада. Это бывает 21 марта и 23 сентября. В эти дни в полдень Солнце всегда в зените. В остальные дни точки восхода и захода Солнца сдвинуты: зимой — к югу, летом — к се-

ру. Наибольший сдвиг наблюдается 22 декабря и 22 июня. Он равен  $23,5^\circ$ . В эти дни высота Солнца над горизонтом наименьшая.

В средних широтах (рис. 25), как и на экваторе, Солнце каждый день восходит и заходит и, как и на экваторе, двигаясь по спирали с юга на север и обратно, два раза в году проходит через точки востока и запада. В эти дни на всех широтах день равен ночи, поэтому дни 21 марта и 23 сентября названы днями весеннего и осеннего равноденствия.

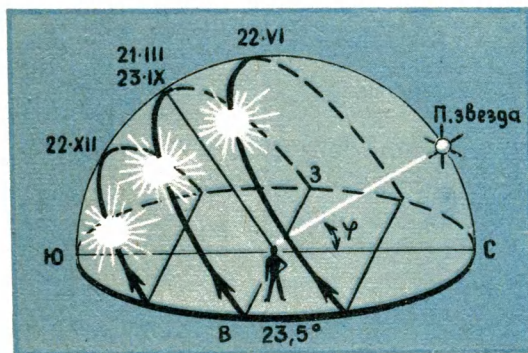
Наименьшая полуденная высота и наименьший путь по небу у Солнца бывает 22 декабря. Это самый короткий день. На широте  $40^\circ$  он длится 9 ч. В этот день точки захода и восхода Солнца сдвинуты к югу на  $23,5^\circ$ . Наибольшая полуденная высота и наибольший путь по небу у Солнца бывает 22 июня. Это самый длинный день. На широте  $40^\circ$  он длится 15 часов. В этот день точки восхода и захода Солнца сдвинуты к северу на  $23,5^\circ$ .

Самый длинный в средних широтах день в году назван днем летнего солнцестояния, самый короткий — днем зимнего солнцестояния.

Вы, наверно, обратили внимание на то, что во всех точках Земли движение Солнца было связано с числом  $23,5^\circ$ . Это — угол отклонения оси суточного вращения Земли от перпендикуляра к плоскости ее орбиты.

Если вам удастся провести наблюдения с глобусом в течение продолжительного времени и не пропустить дни равноденствий и солнцестояний, то вы сумеете установить, что в дни равноденствий

Рис. 25. Наблюдаемое движение Солнца в средних широтах.



путь Солнца по небу Земли проходит по небесному экватору, а в дни солнцестояний ветвь спирали сдвинута к северному полюсу или южному полюсу Земли на  $23,5^\circ$ .

Сдвиг точек захода и восхода Солнца к северу или югу вы можете измерить с помощью другого наблюдения: зарисуйте ту часть горизонта, где заходит Солнце. Ежедневно отмечайте на рисунке точку, в которой край Солнца коснулся горизонта. Если вы не пропустите дни равноденствий и солнцестояний, то сумеете не только обнаружить сдвиг точки захода Солнца к югу или к северу, но и измерить этот сдвиг в градусах.

Данное наблюдение будет более точным, если пользоваться не рисунком, а фотографиями того момента, когда край Солнца касается горизонта. На всех фотографиях следует указать дату наблюдения.

### ОРИЕНТИРОВКА ПО СОЛНЦУ

Солнце такой же надежный ориентир, как и звезды. Однако, чтобы уметь ориентироваться по Солнцу, необходимо

научиться определять солнечное время и пользоваться им. Поясним это.

Прежде всего надо определить направление полуденной линии. Для этого необходимо выбрать горизонтальную площадку (во дворе, на балконе, на подоконнике), куда попадает солнечный свет. Горизонтальность площадки можно проверить с помощью уровня или ватерпаса. Ватерпас легко изготовить самостоятельно. Возьмите две ровные прямоугольные планки и прибейте одну к другой под прямым углом. Посередине вертикальной планки проведите линию и подвесьте груз на нити. Если поверхность площадки горизонтальна, нить отвеса совпадет с проведенной на планке линией (рис. 26).

Установив перпендикулярно к поверхности выбранной вами горизонтальной площадки стержень (гномон), часов в одиннадцать отметьте положение конца тени гномона. Радиусом, равным длине этой тени, с центром в основании гномона проведите дугу.

Вы знаете, что до полудня длина тени укорачивается, но после полудня она

Рис. 26. Ватерпас.

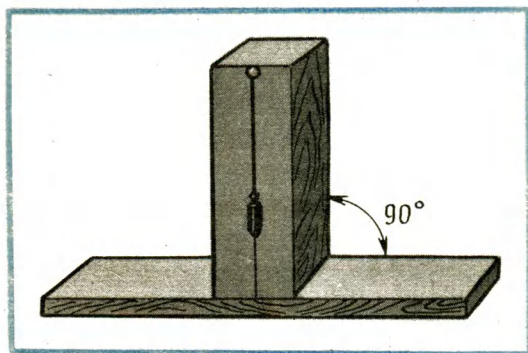
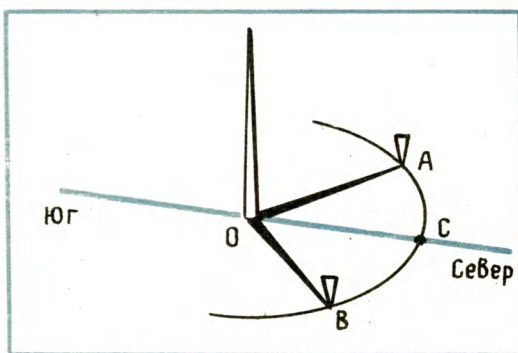


Рис. 27. Полуденная линия, проведенная с помощью гномона.





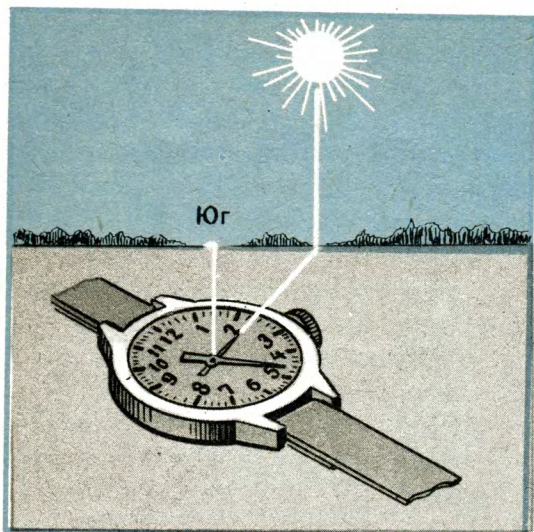


Рис. 28. Ориентировка с помощью часов.

начинает удлиняться. Проследите, когда тень от гномона, удлиняясь, снова достигнет дуги, и отметьте эту точку на дуге. Расстояние между полученными точками *A* и *B* разделите пополам и середину дуги — точку *C* соедините с основанием стержня. Это и будет полуденная линия (рис. 27).

Чтобы быть уверенным, что полуденная линия проведена правильно, повторите все сначала, но чуть раньше или позже, чем в первый раз. Если обе линии совпадут, значит, полуденная линия определена правильно.

На следующий день, предварительно сверив часы с сигналом точного времени, проследите, в котором часу по местному времени тень от гномона совпадет с полуденной линией. Это и будет время истинного полдня, так как именно в этот момент высота Солнца над горизонтом наибольшая, а тень от гномона наимень-

шая. Вы увидите, что истинный полдень не совпадает с 12 часами — показанием полдня по часам. Это не удивительно, ведь часы показывают декретное или поясное время, а гномон показывает время полдня по движению Солнца.

Время, определяемое по Солнцу, называется истинным солнечным временем, а промежуток времени между двумя истинными полднями — истинными солнечными сутками.

Понятно, что при ориентировках по Солнцу следует пользоваться солнечным временем.

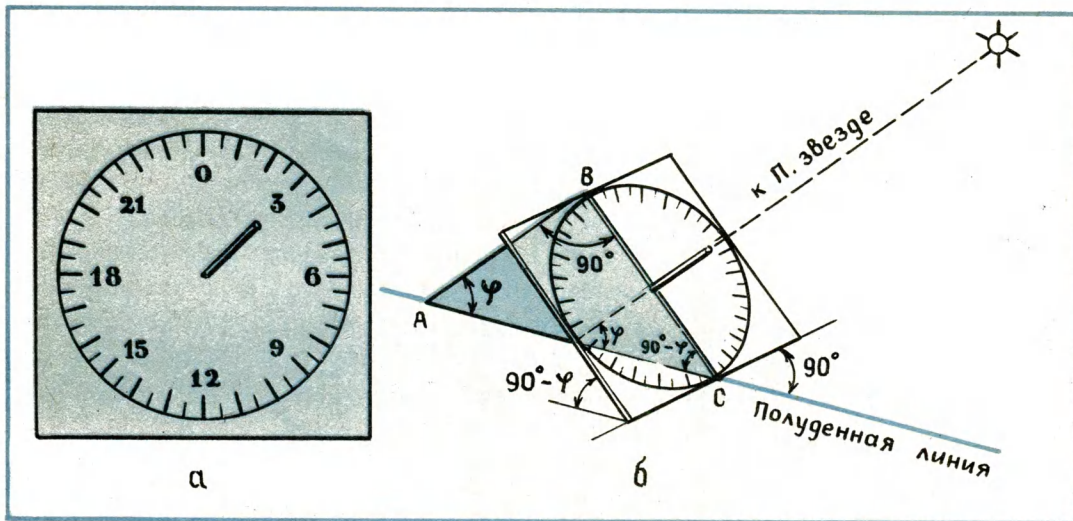
Теперь познакомимся со способами ориентировки по Солнцу.

1. Полуденная линия всегда направлена с севера на юг. С ее помощью всегда можно определить стороны горизонта.

2. В момент истинного полдня тень от предметов всегда направлена на север, а Солнце находится над точкой юга. Зная время истинного полдня, легко определить стороны горизонта.

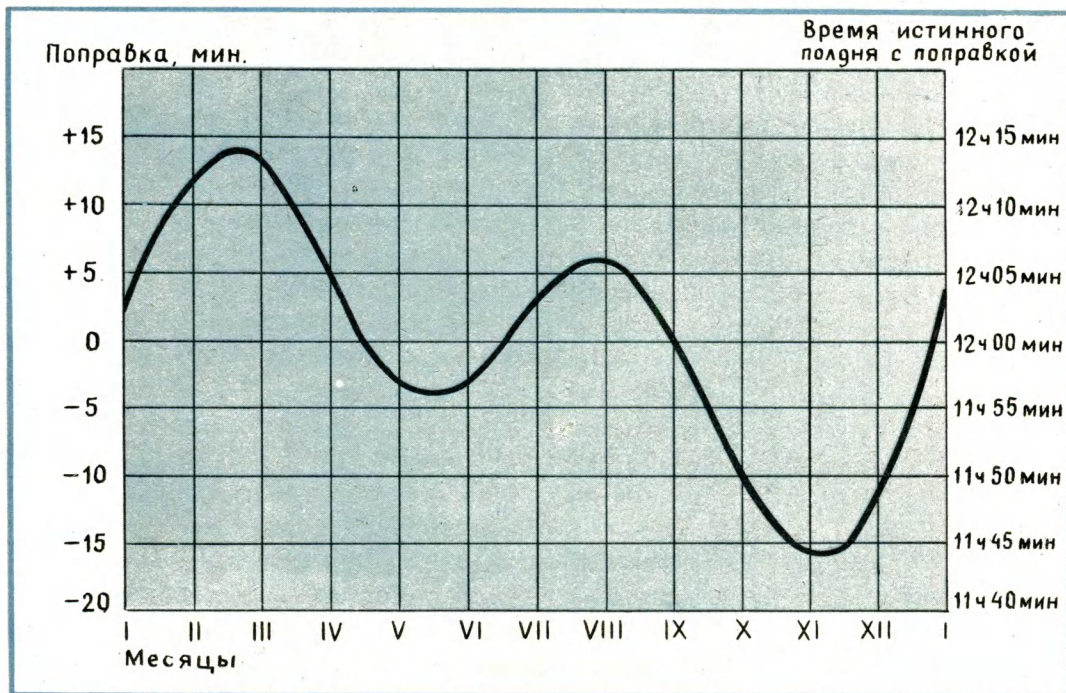
3. Зная время истинного полдня, можно ориентироваться с помощью часов. Держа часы в горизонтальном положении, направляют часовую стрелку в то место горизонта, над которым находится Солнце. На минутную стрелку внимания не обращают. Промежуток между концом часовой стрелки и точкой, показывающей истинный полдень для данного места наблюдения, делят пополам. Направление от центра циферблата через полученную середину укажет на точку юга. На рисунке 28 это показано для пункта, где истинный полдень наступает в 12 ч 30 мин местного времени.

Научившись определять стороны горизонта по Солнцу, можно перейти к



▲  
Рис. 29. Солнечные часы: а — внешний вид;  
б — установка циферблата.

Рис. 30. График уравнения времени.



более сложным способам ориентировки по Солнцу, например к определению географической долготы местности. Но прежде чем научиться определять среднее солнечное время, выясним, что это такое?

Земля вокруг Солнца движется неравномерно: чем ближе подходит она к Солнцу, тем быстрее движется; чем дальше отходит от него, тем медленнее движется. По этой причине видимое движение Солнца по небу Земли также неравномерно и продолжительность истинных солнечных суток все время меняется. В связи с этим в астрономии вводится понятие среднего Солнца — воображаемой точки, которая движется по небу за то же время, что и истинное Солнце, но равномерно. Время, определяемое по среднему Солнцу, называется средним солнечным временем.

Для определения солнечного времени можно пользоваться солнечными часами. В зависимости от того, как расположен циферблат солнечных часов относительно горизонта, они называются горизонтальными или экваториальными. Во всех солнечных часах используется одно и то же явление — изменение направления тени от стержня, вызванное видимым движением Солнца.

Вы легко можете изготовить экваториальные солнечные часы. Их циферблат, как следует из названия, должен лежать в плоскости экватора, то есть в плоскости, перпендикулярной оси суточного вращения Земли.

Зная, что высота Полярной звезды над горизонтом равна географической широте местности, нетрудно доказать, что плоскость экватора составляет с го-

ризонтом угол в  $(90^\circ - \varphi)$ , где  $\varphi$  — географическая широта места наблюдения.

Таким образом, циферблат солнечных часов должен составлять с горизонтом угол, равный  $(90^\circ - \varphi)$ . Циферблат солнечных часов можно выполнить из плотной квадратной пластины, начертив на ней круг и разделив его на 24 равные части. Каждую часть надо разделить на шесть равных частей, а те, в свою очередь, еще на 10. Тогда часы будут показывать время с точностью до одной минуты. В центре циферблата укрепите стержень так, чтобы он был перпендикулярен поверхности пластины (рис. 29, а).

Для установки циферблата в плоскости экватора изготовьте специальный треугольник с углами  $90^\circ$ ,  $\varphi$ ,  $(90^\circ - \varphi)$ . Прикрепите его с тыльной стороны пластины так, чтобы катет, прилегающий к углу  $(90^\circ - \varphi)$ , совпал с линией 0 — 12 лицевой стороны циферблата, а прямой угол оказался у точки 0 циферблата.

Проведите линию, перпендикулярную полуденной линии, и установите циферблат так, чтобы нижняя сторона пластины (где цифра 12) совпала с этим перпендикуляром, а гипотенуза треугольника совпала с полуденной линией. Тогда стержень циферблата будет направлен к Полярной звезде (с горизонтом составит угол  $\varphi$ ), а плоскость циферблата совпадет с плоскостью экватора (рис. 29, б).

Во время истинного полдня тень от стержня будет направлена к цифре 12. С помощью этих часов вы сможете определить истинное солнечное время со дня весеннего равноденствия до дня осеннего равноденствия, так как зимой



Солнце будет освещать циферблат часов с тыльной стороны.

Чтобы от истинного солнечного времени перейти к среднему солнечному времени, которое для простоты будем называть местным временем, надо к показаниям солнечных часов прибавить поправку, которую называют уравнением времени. Поправку легко определить по графику (рис. 30). Например, 31 сентября и 1 октября поправка составляет  $-10$  мин, следовательно, местное время будет на 10 мин меньше показаний солнечных часов.

Теперь познакомимся со способом определения долготы местности по Солнцу. Для этого надо определить местное время (по солнечным часам и уравнению времени) для момента, когда по радио был передан сигнал точного времени, допустим, 12 ч 00 мин; затем подставить эти числа в формулу:

$\lambda = \text{долгота Москвы} + (\text{местное время} - \text{московское время}).$

Решим конкретный пример. Допустим, что 12 сентября, когда по радио был передан сигнал точного времени 12 ч 00 мин, солнечные часы показывали 16 ч 17 мин. Какова долгота данной местности?

Решение. Прежде всего определим местное время. 12 сентября поправка (согласно графику) составляет  $-2$  мин. Значит, местное время в момент передачи сигнала точного времени было 16 ч 15 мин. Зная, что долгота Москвы 2 ч 30 мин, вычислим долготу местности:  $\lambda = 2 \text{ ч } 30 \text{ мин} + (16 \text{ ч } 15 \text{ мин} - 12 \text{ ч } 00 \text{ мин}) = 6 \text{ ч } 45 \text{ мин}.$

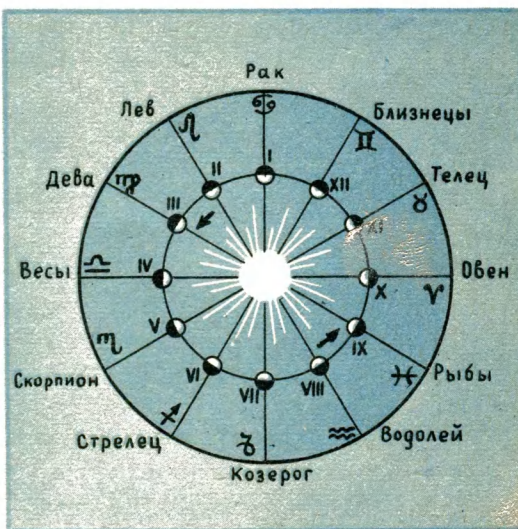
Перевод единиц времени в угловые единицы производят из расчета, что

$360^\circ = 24 \text{ ч}; 1 \text{ ч} = 15^\circ = 60 \text{ мин}; 1^\circ = 4 \text{ мин} = 60'; 1 \text{ мин} = 15'.$  В приведенном примере долгота местности в угловых единицах составит  $101^\circ 15'.$

## ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА СРЕДИ ЗВЕЗД

Земная атмосфера рассеивает солнечный свет, и поэтому днем на фоне светлого неба звезды не видны. Если бы этого явления не было, мы днем видели бы звезды так же хорошо, как и ночью. Тогда мы смогли бы наблюдать, как в течение года Солнце переходит из одного созвездия в другое, задерживаясь в каждом из них около месяца. В зависимости от того, в какой точке орбиты находилась бы Земля, для земного наблюдателя Солнце проецировалось бы на небесную сферу в район определенного созвездия. В течение года эти 12 созвездий вследствие движения Земли по орбите чередо-

Рис. 31. Зодикальные созвездия (схема) и их символические обозначения.



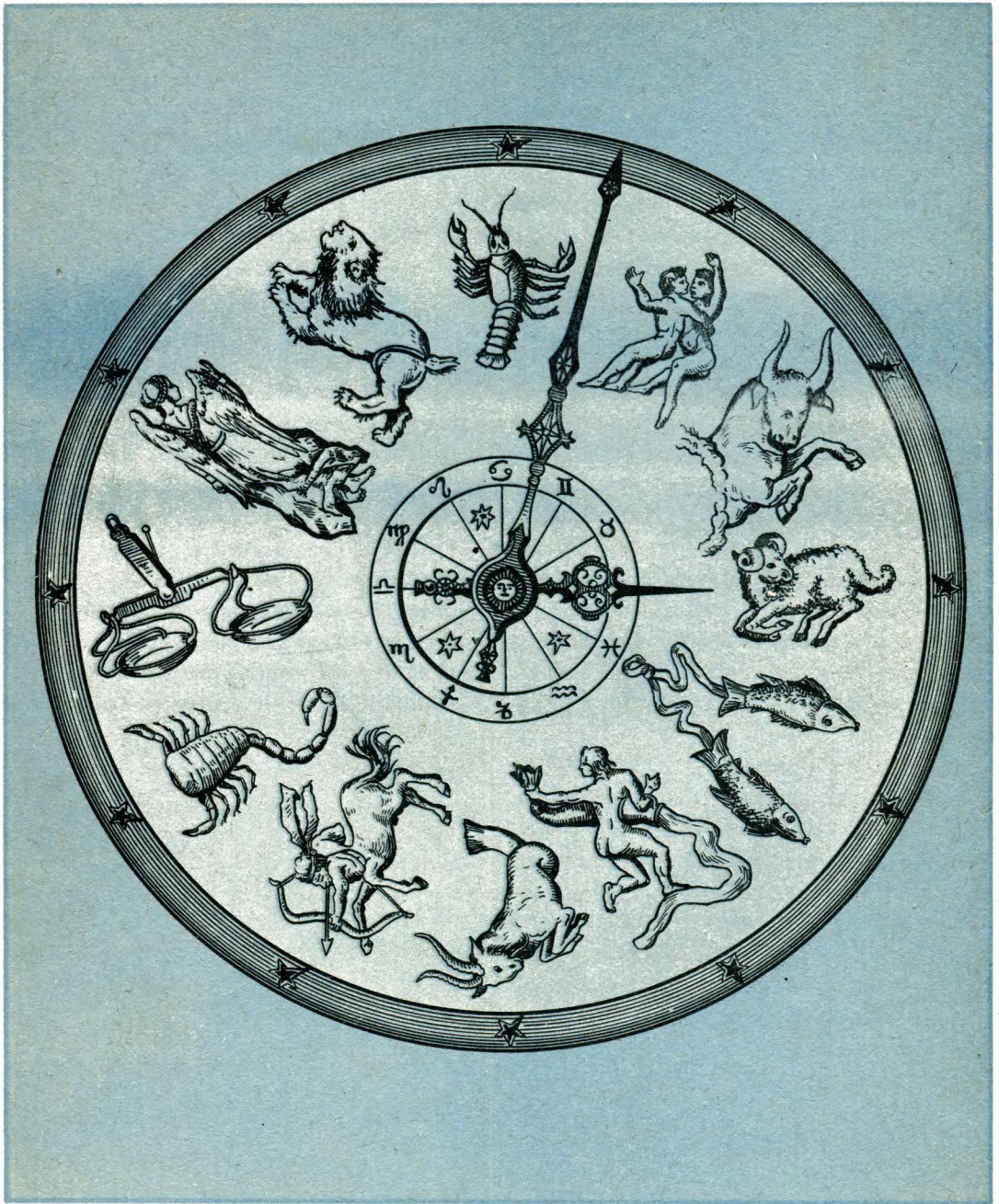


Рис. 32. Изображения зодиакальных созвездий на циферблате часов.



вались бы, и наблюдаемое путешествие Солнца по ним повторялось из года в год. Движение Солнца по этим созвездиям можно представить с помощью схемы (рис. 31).

На внутреннем круге схемы указаны положения Земли на орбите в определенные месяцы года. Месяцы обозначены римскими цифрами. На внешнем круге написаны названия тех созвездий, в которых располагается Солнце в каждый из месяцев года, и символические обозначения (знаки) этих созвездий.

Вы, наверно, обратили внимание на то, что из 12 созвездий 7 носят названия животных, поэтому эти созвездия названы зодиакальными (от греческого слова «зоон», что означает «животное»).

Годичный путь Солнца по небесной сфере называется эклипкой. На звездной карте эклиптика отмечена пунктирной линией. Эклиптика — кажущийся путь Солнца среди звезд.

Как уже отмечалось, созвездия, в котором располагается Солнце, мы не видим, но зато в течение всей ночи хорошо видно созвездие, в этот момент противоположное Солнцу. Например, в октябре Солнце находится в созвездии Весов, а на протяжении всей ночи хорошо наблюдается созвездие Овна.

С помощью схемы вы всегда сможете определить, в каком созвездии находится Солнце в данный месяц года и какое из 12 созвездий будет хорошо видно на небе в течение всей ночи. Приведенная схема, как дополнение к звездной карте, облегчит вашу ориентировку в звездном небе. Поупражняйтесь в пользовании схемой и в распознавании зодиакальных созвездий на небе.

В наше время изображениями зодиакальных созвездий или их знаками иногда украшают циферблаты часов. Таковы, например, циферблаты башенных часов Казанского вокзала в Москве, на Кузнечном рынке в Ленинграде, на вокзале в Сочи и других местах (рис. 32).

Вам будет интересно знать, что тропический год, положенный в основу современного календаря, связан с движением Солнца среди звезд. Так назван промежуток времени между двумя последовательными прохождением центра Солнца через точку на эклиптике, расположенную в созвездии Рыб. Эту точку центр Солнца проходит в день весеннего равноденствия, поэтому она так и называется — точка весеннего равноденствия.

Тропический год равен 365 суткам 5 часам 48 минутам 46 секундам.

## **СОЛНЦЕ — РЯДОВАЯ ЗВЕЗДА**

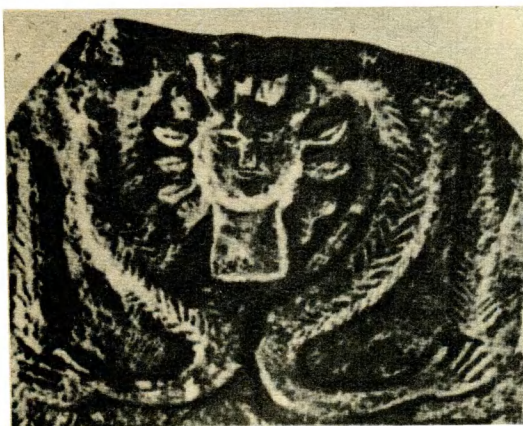
Солнце волновало умы людей с древнейших времен. Понимая, что Солнце — самое важное для Земли светило, но не умея объяснить удивительное постоянство и регулярность его движения по небу, древние люди обожествляли его (рис. 33). Но уже около 434 г. до н. э. древнегреческий ученый Анаксагор высказывал мысль о том, что Солнце не божество, а громадное раскаленное тело, по размерам не меньше всей Греции. Люди смеялись над ним, считая невероятным, чтобы Солнце могло быть так велико. Жрецы же, обвинив его в ереси, приговорили к смертной казни, и только благодаря хлопотам влиятельных друзей смертная казнь была заменена изгнанием из родного города.





а

б



в

Рис. 33. Люди в древности обожествляли Солнце: а — на древнеегипетских барельефах лучи Солнца изображались в виде, рук, протянутых к Земле; б — Солнце древних карфагениян; в — изображение бога Солнца Ярилы у древних славян.

Ученых интересовал не только вопрос о том, что такое Солнце, но и вопрос о том, на каком расстоянии оно находится от Земли и каковы его размеры.

На небе Солнце видно ярко сияющим диском, поперечник которого составляет примерно  $0,5^\circ$ . Это вы можете проверить своим угломерным инструментом, но помните, что на Солнце можно смотреть только через закопченное или темное стекло.

Уже математики древности знали, что дуга окружности, соответствующая  $1^\circ$ ,

равна  $1/57$  части радиуса. Значит, дуга в  $0,5^\circ$  будет соответствовать  $1/114$  части радиуса. Таким образом, расстояние до Солнца в 114 раз больше его поперечника. Следовательно, зная расстояние до Солнца, можно вычислить его размеры. Многие ученые древности пытались измерить расстояние до Солнца и определить его размеры, однако результаты измерений, проведенных ими, были далеки от действительности.

Расстояние до Солнца многократно измерялось, использовались различные и все более совершенные методы измерений. Сейчас это расстояние принято равным 150 млн. км. Чтобы образнее представить его, вычислите, за какое время солнечный луч достигает Земли, если скорость света 300 000 км/с.

Зная расстояние от Земли до Солнца, ученые вычислили и его диаметр. Он оказался в 109 раз больше земного, а объем Солнца так велик, что в него можно поместить 1 300 000 земных шаров.

Вследствие колоссальных размеров Солнце даже с такого большого расстояния нам кажется настолько ярким диском, что смотреть на него в ясный день без закопченного стекла или темных очков опасно. А что бы произошло, если бы Земля стала удаляться от Солнца? Его наблюдаемые размеры стали бы уменьшаться, и уже на расстоянии в 1 млрд. км Солнце наблюдалось бы маленьким кружком, вовсе не слепящим глаза. При дальнейшем удалении Солнце стало бы похожим на одну из множества звезд, которые мы наблюдаем в ясные ночи.

Солнце — звезда, расположенная по астрономическим масштабам довольно близко от Земли. Поэтому мы видим его

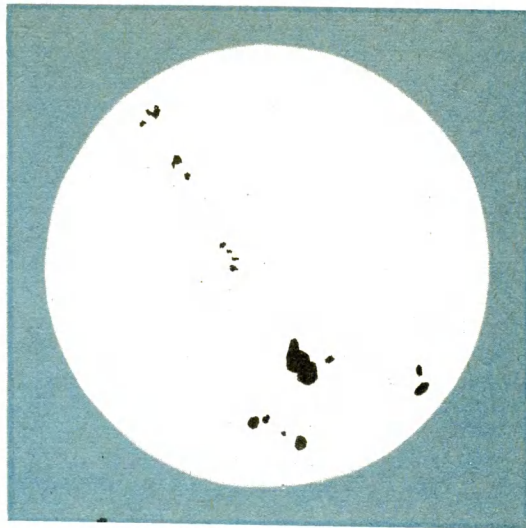
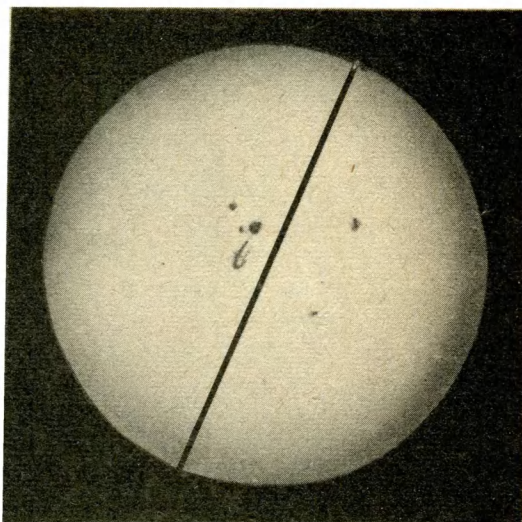


Рис. 34. Зарисовки солнечных пятен, сделанные Галилеем при наблюдениях Солнца в телескоп.

Рис. 35. Фотография поверхности Солнца с пятнами, сделанная 20 июня 1968 г.



ослепительно ярким диском. В то же время каждая звезда — это солнце, удаленное от нас на огромное расстояние, поэтому мы видим звезды светящимися точками. От ближайшей к нам звезды — альфы Центавра свет достигает Земли за  $4\frac{1}{3}$  года.

Исследуя Солнце — ближайшую к нам звезду, ученые узнают о явлениях, происходящих и на других звездах. Поверхность Солнца учеными изучается уже много десятков лет. Еще Галилей, впервые направив на Солнце телескоп, обнаружил на его поверхности пятна. На рисунке 34 вы видите первые в истории науки зарисовки солнечных пятен, сделанные рукой Галилея с натуры при наблюдениях Солнца в телескоп. Иногда пятна бывают так велики, что их можно увидеть невооруженным глазом. Такие пятна в диаметре в несколько раз больше, чем Земля. На фотографии поверхности Солнца (рис. 35) вы видите группу пятен. Путем сравнения с диаметром Солнца (1400 000 км) вы можете вычислить раз-

меры трех самых крупных из них.

Наблюдения за солнечными пятнами показали, что они медленно перемещаются по солнечному диску. Исследование этого явления привело к выводу, что движение пятен вызвано вращением Солнца вокруг оси. Следовательно, звезды вращаются вокруг своей оси. Один оборот вокруг своей оси Солнце делает в среднем за 26-земных суток.

Если у вас есть бинокль, то, начертив на плотной белой бумаге круг диаметром 14 см, с помощью бинокля спроектируйте изображение Солнца на бумагу так, чтобы оно совпало с начерченным кругом. Изображения пятен обведите карандашом и пронумеруйте. Повторите то же самое через неделю. Прделав подобные наблюдения 3—4 раза, вы, сравнив рисунки, сможете по перемещению пятен выявить вращение Солнца вокруг оси. Для облегчения наблюдений в первый же день выделите среди пятен самое крупное и в последующие дни следите лишь за его перемещением.



## ЛУНА — СПУТНИК ЗЕМЛИ

## ДВИЖЕНИЕ И ФАЗЫ ЛУНЫ

Луна — единственный естественный спутник Земли. Изучив его движение вокруг Земли, можно сделать вывод и о движении спутников других планет.

Каждый из вас наблюдал Луну и наверняка заметил, что в разные ночи Луна видна по-разному: то серпиком, то полукругом, то полным кругом, а порой и вовсе не видна на небе. Причиной тому два факта: во-первых, Луна — холодное тело и, как все холодные тела, светит отраженным солнечным светом; во-вторых, вследствие ее движения вокруг Земли взаимное положение в пространстве Земли, Солнца и Луны все время изменяется, поэтому мы видим то большую, то меньшую освещенную часть лунной поверхности. Именно сочетанием этих двух факторов объясняется, почему в разные ночи Луна видна по-разному.

Наблюдаемую форму Луны астрономы называют фазой, а ее изменение — сменой лунных фаз. Чтобы разобраться в сущности явления, рассмотрим его подробнее с помощью схемы (рис. 36).

Когда Луна располагается на небе рядом с Солнцем, то пропадает в его лучах и с Земли совсем не видна (положение 1). Эту фазу астрономы назвали новолунием.

После новолуния с Земли виден узкий серп освещенной поверхности Луны, для наблюдателя выпуклостью направленный вправо (положение 2). Этот серп растет с каждым днем и через неделю наблюдается в виде полукруга (положение 3). Такую фазу Луны называют первой четвертью.

Рост наблюдаемой с Земли освещенной части поверхности Луны продолжается (положение 4), и через неделю после первой четверти наступает полнолуние, когда Луна в виде полного круга ярко сияет на небе (положение 5).

После полнолуния освещенная часть начинает убывать, причем с противоположной стороны диска. Спустя неделю после полнолуния наступает последняя четверть (положение 7), а затем Луна наблюдается как серпик, выпуклостью обращенный влево, и, наконец, исчезает в лучах восходящего Солнца.

Луну до полнолуния условились называть молодой, а после полнолуния, когда она похожа на букву С, — старой.

Оказалось, что от новолуния до новолуния проходит 29,5 сут. Вы можете проверить это, проведя следующие наблюдения. Начертите круг и в нем нарисуйте Луну такой, какой вы ее увидите в первый день наблюдения. Под рисунком

укажите дату и час. Через каждые 3—4 дня повторяйте наблюдения и делайте рисунки.

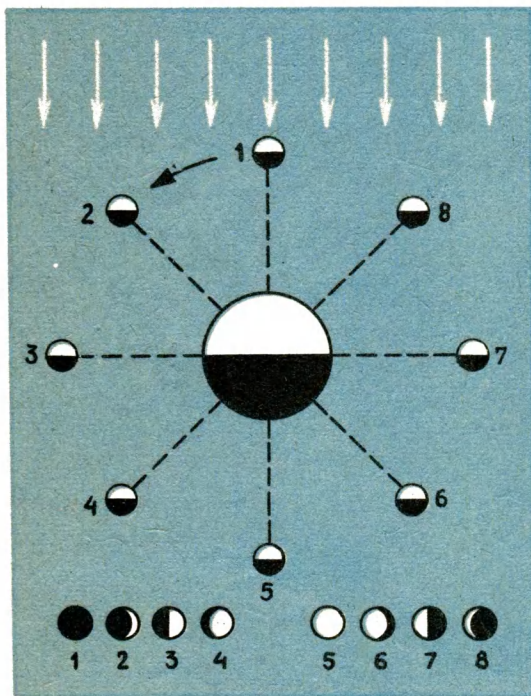
После новолуния Луна наблюдается поздно ночью или рано утром справа от Солнца. Если вам будет трудно вести наблюдения в этот период, ограничьтесь наблюдениями изменений лунных фаз от полнолуния до новолуния.

Сопоставив рисунки, вы сможете вычислить период изменения лунных фаз с точностью до одного дня.

Для фаз, имеющих названия, возраст Луны принято считать следующим: новолуние—0 сут, первая четверть—7 сут, полнолуние—15 сут, последняя четверть—22 дня.

Периодичность изменения лунных

Рис. 36. Смена лунных фаз.



фаз была использована при создании календаря. На самых ранних стадиях развития человеческого общества потребовалось создать единицу измерения времени более крупную, чем сутки. Не удивительно, что у большинства народов за такую единицу был взят период смены лунных фаз. Эта единица времени была названа синодическим месяцем.

Мы уже упоминали, что синодический месяц равен 29,5 сут.

Таким образом, в основе всякого календаря лежат астрономические явления: смена дня и ночи, изменение лунных фаз и смена времен года. Эти явления дают три основные единицы измерения времени, о которых вы уже знаете и которые лежат в основе любой календарной системы, а именно: средние солнечные сутки, синодический месяц и тропический год.

Луна, как и звезды, может служить надежным ориентиром, помогающим определить стороны горизонта. Запомните два способа ориентировки:

1) Полная Луна наибольшую высоту над горизонтом имеет в полночь. В это время она находится над точкой юга и дает достаточно света, чтобы заметить четко тень от предметов. В полночь тень от предметов самая короткая и направлена на север. До полуночи тень направлена на северо-запад, после полуночи — на северо-восток.

Вы, наверно, заметили, что ориентировки по Солнцу и Луне в полнолуние очень похожи.

2) Молодая Луна наблюдается в западной части неба сразу после захода Солнца. В течение ночи, описывая дугу

в южной стороне неба, Луна опускается к востоку. Наибольшую высоту над горизонтом она имеет в полночь. В этот момент она располагается над точкой юга.

В средних широтах северного полушария горбик молодой Луны во всех фазах смотрит на запад.

## СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

С движением Луны вокруг Земли связаны явления, которые долгое время приводили в ужас суеверных людей, — это солнечные и лунные затмения.

Земля и Луна, будучи непрозрачными телами, отбрасывают тень. Когда при движении вокруг Земли Луна оказывается между Землей и Солнцем, она загораживает Солнце и ее тень падает на поверхность Земли. Этим интересным зрелищем мы обязаны случайному обстоятельству: Луна ровно во столько раз ближе к нам, чем Солнце, во сколько раз лунный поперечник меньше солнечного. По этой причине наблюдаемые угловые размеры дисков Солнца и Луны одинаковы. В этом вы можете убедиться, измерив угловые размеры лунного и солнечного дисков и сравнив их между собой.

Оттого что, во-первых, угловые размеры солнечного и лунного дисков одинаковы, во-вторых, Луна ближе к нам, чем Солнце, она может полностью закрыть от нас наше дневное светило и вызвать полное солнечное затмение.

В это время лунная тень захватывает небольшую часть земной поверхности (рис. 37), поэтому полное солнечное затмение можно наблюдать на небольшой территории. Понятно, что оно может быть лишь в новолуние.

Вследствие вращения Земли вокруг оси и движения Луны вокруг Земли лунная тень перемещается по поверхности Земли и полное солнечное затмение переходит из одного пункта Земли в другой, задерживаясь в каждом из них не более 7,5 мин.

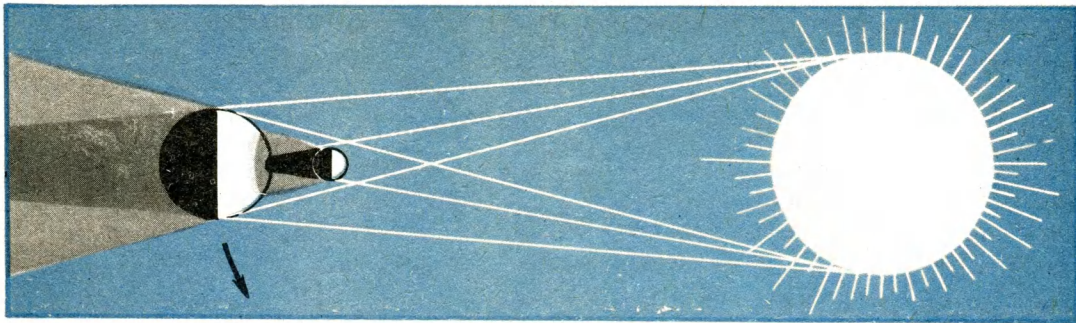
Но может случиться и так, что Земля окажется между Луной и Солнцем, и тогда Луна попадает в тень Земли. В этом случае происходит лунное затмение, которое может быть лишь в полнолуние.

Лунное затмение хорошо видно по всей территории Земли, обращенной в это время к Луне (рис. 38), и так как диаметр тени Земли на расстоянии Луны в 2,5 раза больше лунного диаметра, то лунное затмение может длиться более трех часов.

Внимательно посмотрите на рисунки 37 и 38. Могли ли произойти затмения, если в полнолуние или новолуние Луна не оказалась на одной линии с Землей и Солнцем? Конечно, нет. Очень важно, чтобы при движении Луны вокруг Земли и Земли вокруг Солнца эти три небесных тела оказались на одной прямой (рис. 39). Часто ли это бывает? Чтобы понять ответ на этот вопрос, проведите наблюдения за движением Луны среди звезд. Для этого заметьте, в каком созвездии находится Луна, и отметьте это место на звездной карте.

Если вы это будете делать еженедельно на протяжении 2—3 месяцев, то сумеете заметить, как Луна перемещается из одного созвездия в другое. Самое интересное в том, что это — созвездия зодиака. Следовательно, участвуя вместе с Землей в годичном движении вокруг Солнца, Луна проходит по зодиакальным созвездиям.





▲ Рис. 37. Солнечное затмение: тень Луны упала на Землю.

Рис. 38. Лунное затмение: Луна попала в тень Земли.

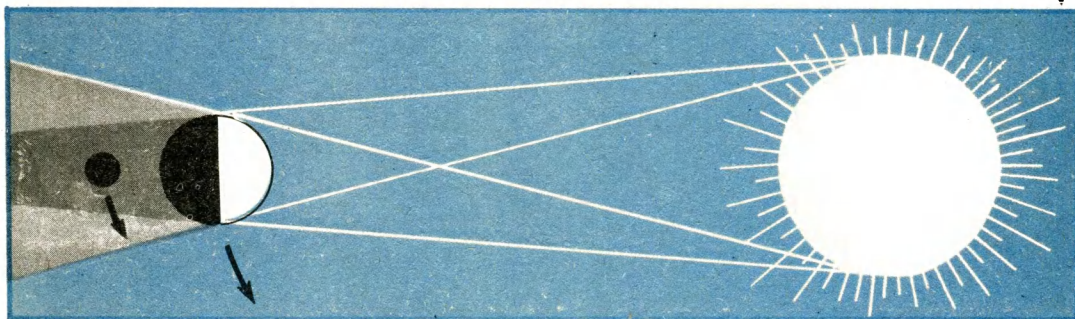
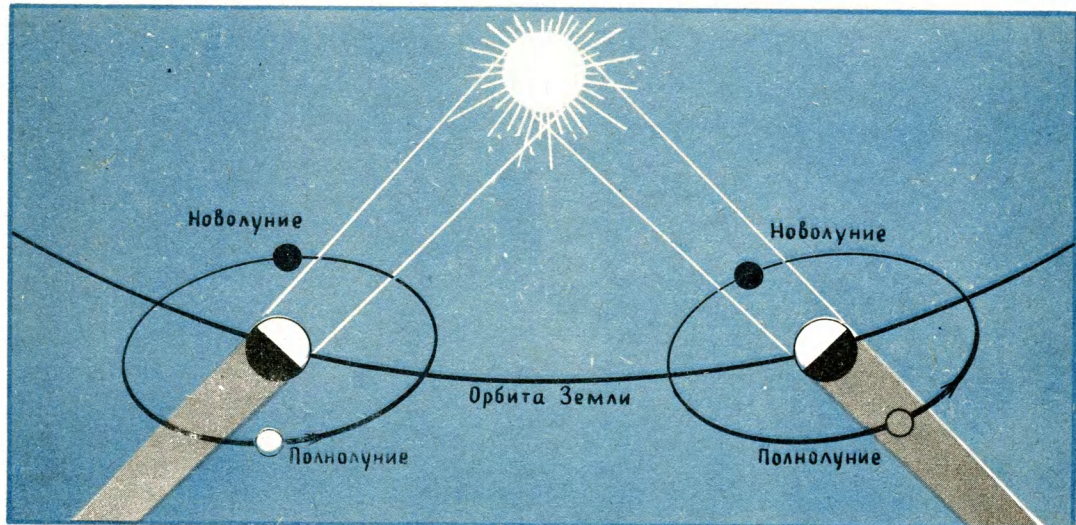


Рис. 39. Слева затмения невозможны, справа — возможны.



диям. Но по зодиакальным созвездиям проходит эклиптика — видимый путь Солнца среди звезд, который является следствием годичного движения Земли по орбите. Таким образом, из наблюдения будет напрашиваться вывод о том, что плоскости орбит Луны и Земли совпадают. Но тогда затмения мы должны были бы наблюдать ежемесячно: солнечные — в каждое новолуние, а лунные — в каждое полнолуние. Однако этого не происходит. В чем тут дело? А дело в том, что плоскость орбиты Луны не совпадает с плоскостью эклиптики, а наклонена к ней под углом  $5^\circ$ . Наклон этот очень мал, и казалось бы, его можно не учитывать. Но если иметь в виду, что диск Луны с Земли виден под углом  $0,5^\circ$ , то станет понятным, почему наклон в  $5^\circ$ , который в 10 раз больше углового диаметра Луны, достаточен, чтобы в полнолунии Луна проскользнула под земной тенью или над ней (рис. 40), а в новолунии тень Луны прошла мимо Земли над северным или южным полюсом (рис. 41). По этой причине не часто Луна, Земля и Солнце оказываются на одной линии и не так часто происходят затмения. Чаще всего в году бывает четыре затмения: два лунных и два солнечных.

В древности люди думали, что во время солнечного затмения огромный черный дракон пожирает Солнце, поэтому они в панике бежали по улицам, били в барабаны и стреляли, чтобы напугать и прогнать дракона.

Еще до нашей эры было сделано очень важное открытие: затмения повторяются. Ученые вычислили срок повторяемости затмений. Он равен 6585,3 сут. Это число называли саросом, что в перево-

де с египетского означает «повторение». Зная сарос, можно довольно точно предсказать затмение.

Современные астрономы настолько хорошо изучили движение Луны и Земли, что вычислили время затмений на несколько лет вперед. Известны не только дни, но и часы и даже секунды, когда оно наступит. С такой же точностью ученые могут указать время затмения, которое было много лет назад.

Летописцы нередко ошибались в счете лет и путали даты, но они старательно записывали все затмения и тем самым дали ученым великолепную возможность исправлять их ошибки и устанавливать точные даты событий. Эти же записи помогли установить, что самое раннее затмение, относительно которого имеется письменное указание, произошло 22 октября 2137 года до нашей эры.

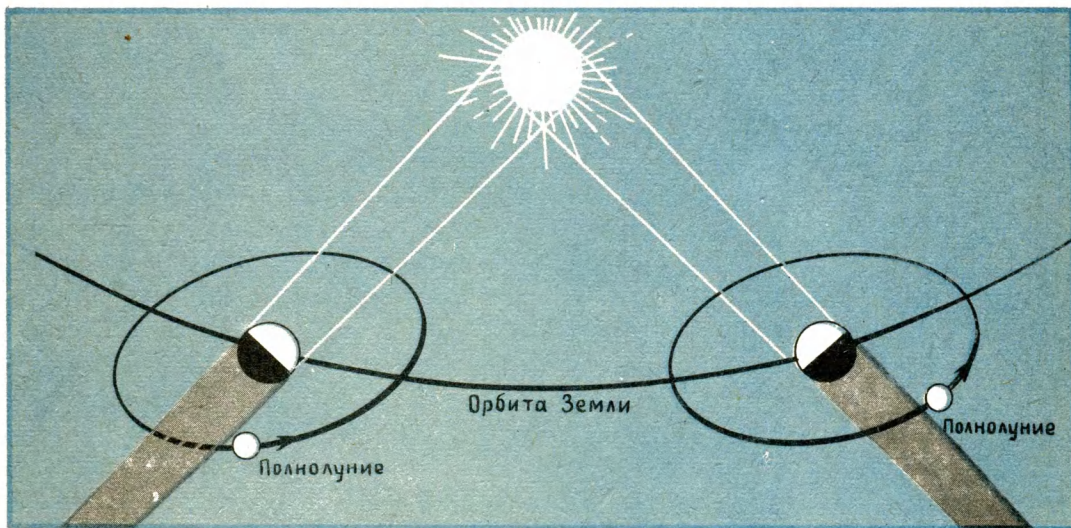
Солнечное затмение — великолепное зрелище. Когда Луна закрывает солнечный диск и исчезает последний солнечный луч, вокруг затмившегося Солнца вспыхивает жемчужно-серебристое сияние и Солнце окаймляется ярким оранжево-красным кольцом с отдельными выступами, напоминающими язычки пламени, так называемой солнечной короной. Это светится солнечная атмосфера, которую можно наблюдать только во время затмений через закопченное или защитное темное стекло (рис. 42).

До 2000 года полные солнечные затмения на территории СССР будут наблюдаться: в 1981 г., 31 июля, на всей территории Сибири; в 1990 г., 22 июля, в северной Сибири; в 1997 г., 9 марта, в восточной Сибири.



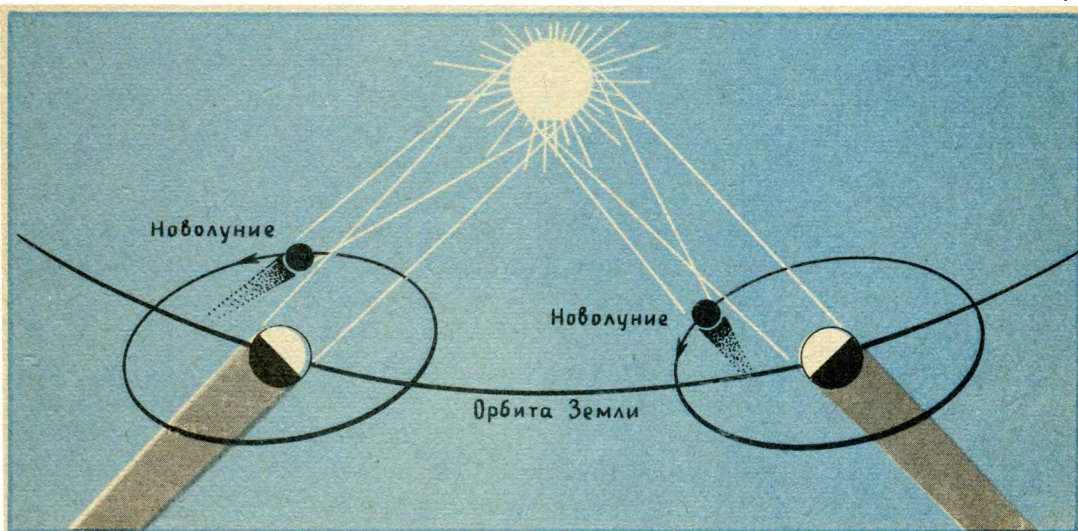
Лунные затмения продолжаются гораздо дольше, поэтому есть возможность подробно рассмотреть окраску земной тени. Дело в том, что часть солнечных лучей, преломившись в земной атмосфере, входит внутрь конуса земной тени,

поэтому во время полного лунного затмения тень на Луне имеет хорошо заметный красновато-бурый оттенок. В процессе затмения можно зарисовать цветными карандашами весь ход этого интересного явления.



▲ Рис. 40. Схема солнечного затмения: Луна проходит под или над тенью Земли.

Рис. 41. Тень Луны проходит над или под Землей. ▼





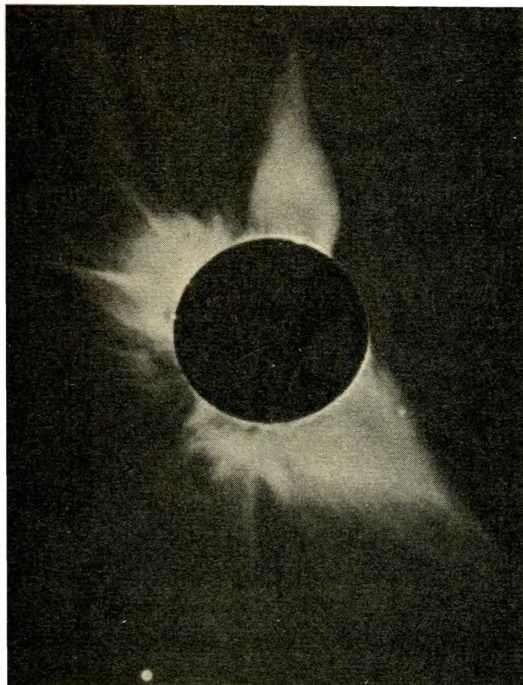


Рис. 42. Фотография солнечной короны.

До 2000 года полные лунные затмения будут наблюдаться: в 1982 г., 9 января; в 1985 г., 4 мая и 28 октября; в 1986 г., 17 октября; в 1989 г., 20 февраля; в 1990 г., 9 февраля; в 1992 г., 10 декабря; в 1996 г., 4 апреля и 27 сентября; в 1997 г., 16 сентября.

## РЕЛЬЕФ И КАРТА ЛУНЫ

Луна с древнейших времен привлекает исследовательскую мысль человека. Это понятно: ведь Луна — ближайшее к нам космическое тело. Она находится на расстоянии «всего» 384 000 км от центра Земли.

Когда в 1610 г. Галилей направил на Луну свой телескоп, он увидел на ее по-

верхности огромные равнины, которые невооруженным глазом видны как темные области. Они показались Галилею большими бассейнами, поэтому он их назвал морями. Он увидел горные хребты и странные кольцевые горы. И уже при первых телескопических наблюдениях Галилей определил высоту этих гор по длине теней, отбрасываемых ими при низком положении Солнца над лунным горизонтом. С тех пор более трех с половиной столетий продолжалась эпоха изучения Луны с помощью телескопов. По зарисовкам, сделанным с помощью телескопов, были составлены первые карты Луны. В конце XIX в. на помощь астрономам пришла фотография. В ряде обсерваторий были получены великолепные снимки Луны, частично изданные в виде атласов.

Но вследствие того что период вращения Луны вокруг оси равен периоду ее обращения вокруг Земли, Луна всегда обращена к нам одной и той же стороной. Чтобы представить себе это, поставьте стул и обойдите вокруг него, оставаясь все время к нему лицом. Вы заметите, что за время одного оборота вокруг стула вы сделали один оборот вокруг своей оси. Так движется и Луна вокруг Земли.

В результате многолетних исследований видимая часть поверхности Луны была детально изучена и астрономами была составлена карта, изображающая ее рельеф.

Горным лунным хребтам были даны названия земных гор: Альпы, Апеннины, Карпаты, Кавказ и т. д.

Большинство лунных гор имеет совершенно необычный вид — они кольце-

вые и напоминают барьер вокруг цирковой арены. Отсюда и их название — цирки. Но их называют еще и кратерами, так как они очень похожи на кратеры земных вулканов. Некоторые из них достигают нескольких километров в поперечнике. Однако кратеров меньших размеров гораздо больше.

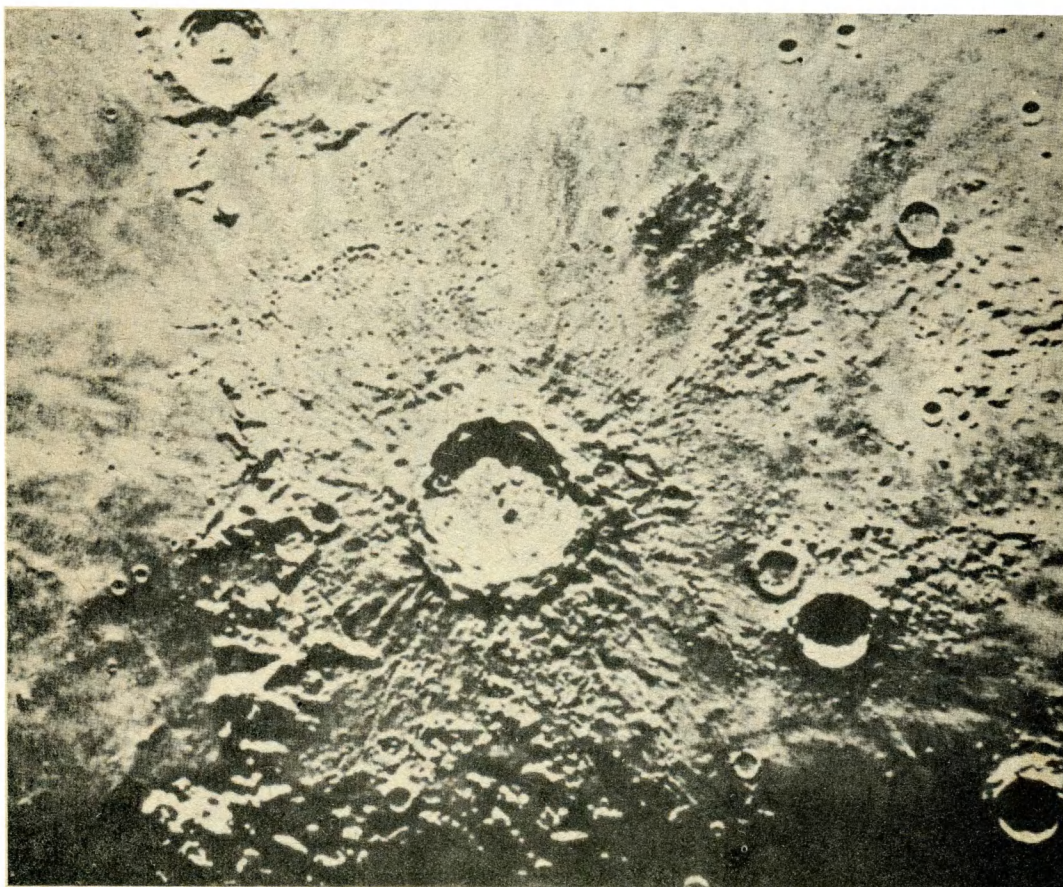
Кратерам даны названия по именам великих ученых: Архимеда, Коперника, Аристотеля, Ломоносова, братьев Вавиловых и др.

Рис. 43. Фотография кратера Коперник.

При анализе фотографий поверхности Луны, сделанных космическими автоматическими станциями, особый интерес вызвали кратеры, имеющие конусообразную форму. Они получили название димпл, что по английски означает «ямочка на щеке». На фотографии (рис. 43) изображен кратер Коперник.

Однако большая часть видимой стороны Луны покрыта равнинами. Это хорошо видно на глобусе Луны (рис. 44).

Лунный глобус был создан по фотографиям и другим сведениям, получен-

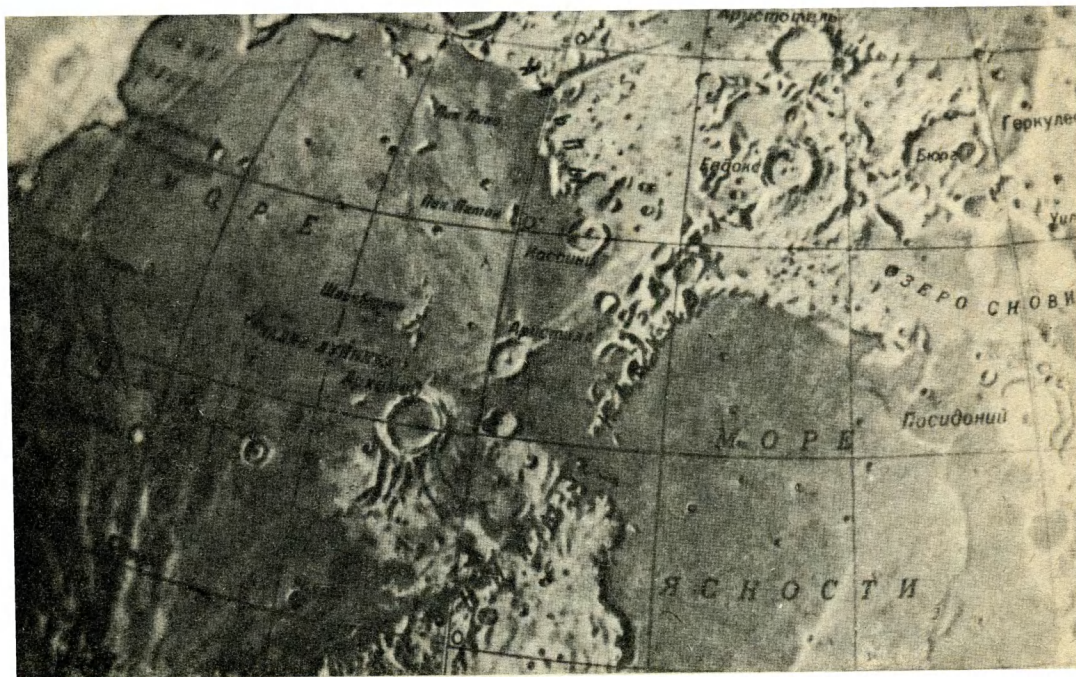




ным советскими учеными с помощью космических аппаратов.

Наблюдение отдельных деталей на Луне сильно зависит от условий освещения ее поверхности и меняется с фазой. В полнолунии, когда весь лунный диск освещен солнечными лучами и никаких теней на ее поверхности не видно, все детали, за исключением равнинных областей, сливаются, поэтому в полнолуние хорошо наблюдаются равнинные области. Чтобы увидеть рельеф лунных горных хребтов и гор, лучше наблюдать Луну ближе к первой или последней

Рис. 44. Лунный глобус, изготовленный советскими учеными. Внизу — фрагмент лунного глобуса.



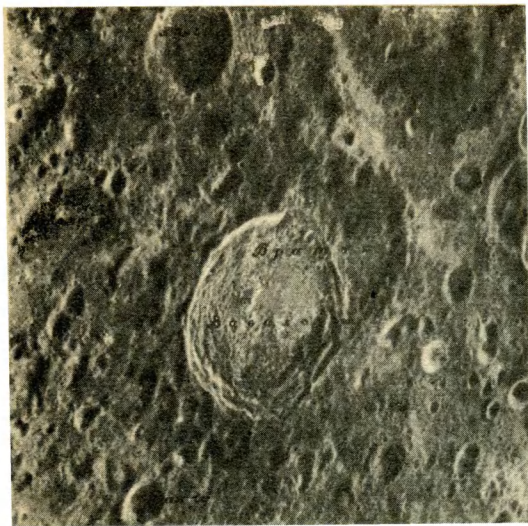


Рис. 45. Фотография участка обратной стороны Луны.

четверти. В эти периоды вблизи границы света и тени (эту границу астрономы назвали терминатором) горы отбрасывают длинные тени и рельеф становится подчеркнутым.

При возможности пронаблюдайте в бинокль поверхность Луны в разных фазах. Чем чаще и дольше будете вы ее наблюдать, тем большее количество деталей поверхности сумеете увидеть.

Вы можете также сфотографировать лунную поверхность в разных фазах и составить свой лунный атлас. Фотоснимки надо делать при полностью открытой диафрагме на мелкозернистую панхроматическую пленку средней чувствительности. При полнолунии выдержка должна быть  $\frac{1}{25}$  с, в остальных случаях —  $\frac{1}{10}$  с. Для надежности одну и ту же фазу Луны сфотографируйте несколько раз.

Несмотря на то что изучение поверх-

ности видимой с Земли стороны Луны не прекращалось, на протяжении всей истории этого изучения интерес ученых к другой ее стороне, скрытой от человеческого глаза, не ослабевал.

Замечательный английский астроном Джон Гершель говорил, что самое большое его желание — увидеть обратную сторону Луны.

Но уровень развития науки и техники не мог помочь ученым того времени исполнить заветную мечту. Для этого требовались новые средства исследования, например такие, какие предоставила астрономам космонавтика. Не удивительно поэтому, что уже первые запуски автоматических станций к Луне преследовали цель не только получить сведения об окололунном пространстве, но и сфотографировать обратную сторону Луны. Вековая мечта человечества была осуществлена — автоматические станции «Луна-3» и «Зонд-3» передали на Землю фотографии обратной стороны Луны (рис. 45).

Фотографии обратной стороны Луны показали, что на ней почти полностью отсутствуют моря, которые на видимой стороне занимают 40% площади; среди многочисленных кратеров разной величины четко выделяются почти прямолинейные цепочки кратеров протяженностью на многие сотни километров.

## ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ЛУНЕ. ЛУННОЕ НЕБО

Несмотря на то что Землю с Луной астрономы называют двойной планетой, Луна — это совершенно иной мир, непохожий на земной. Основная причина расхождения многих характеристик



этих двух небесных тел в различии масс Земли и Луны. Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. Вследствие этого сила притяжения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.

Обладая меньшей силой притяжения, чем Земля, Луна не смогла удержать около себя атмосферу. Если у нее когда-либо и была атмосфера, она давным-давно рассеялась в космосе. По той же причине на Луне не может быть открытых водоемов, так как водяной пар улетучился бы в космос. Таким образом, Луна — мир без воды и воздуха.

Но мир без воды и воздуха — это мир без звуков. Ведь в безвоздушном пространстве звук не распространяется. И что бы ни произошло на лунной поверхности — извержение ли вулканов, падение ли гигантского метеорита или

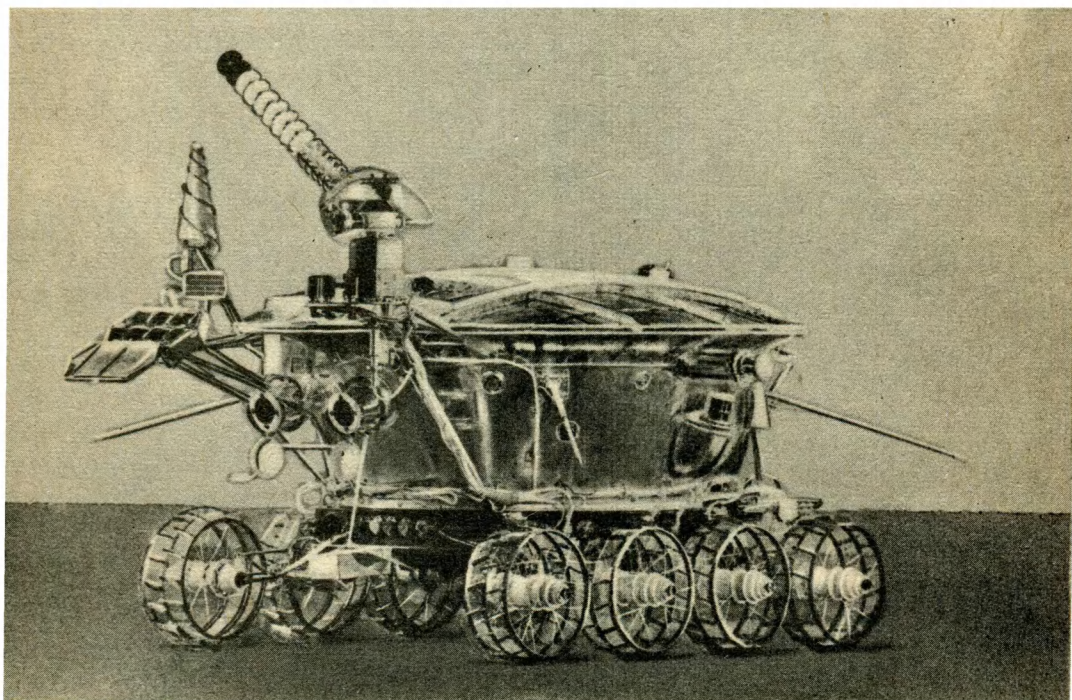
посадка космического корабля, тишина остается ненарушенной.

Там, где нет воздуха и воды, не может быть облаков, дождей, ветра, текучих вод. А это значит, что на Луне нет выветривания горных пород и разрушения их водой.

Из-за отсутствия атмосферы температура наружного слоя Луны подвержена большим изменениям: во время лунного дня, который продолжается две земные недели, она достигает  $+130^{\circ}\text{C}$ ; лунной ночью, столь же продолжительной, падает до  $-150^{\circ}\text{C}$ .

По той же причине метеориты без торможения, с огромной скоростью ударяются о лунную поверхность, вызывая

Рис. 46. Модель первого советского луннохода.



сильные сотрясения почвы и образуя воронки.

Преобладающий тон на Луне серо-коричневый. Лунное вещество проводит тепло хуже, чем дерево, стекло, эбонит.

Рис. 47. След колес лунохода. Фрагмент из панорамного снимка, выполненного камерой телефотометра «Лунохода-1».

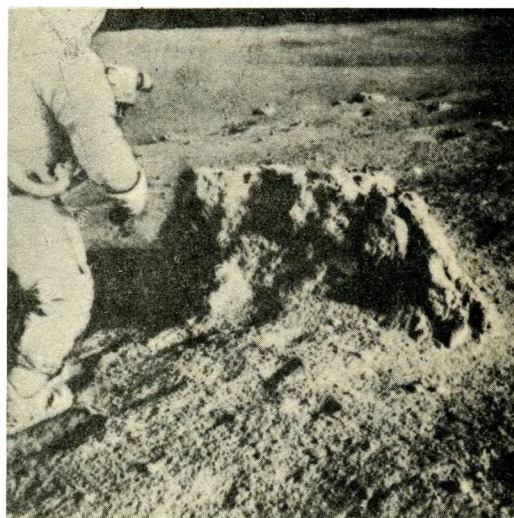


Лунный грунт достаточно прочен. Он выдержал посадку космических аппаратов, по нему ходили космонавты, передвигались самоходные лаборатории (рис. 46). Грунт не прилипал ни к колесам луноходов (рис. 47), ни к подошвам космонавтов (рис. 48).

Вследствие отсутствия атмосферы на лунном небе нет красок. На протяжении всей ночи, которая продолжается две земные недели, и столь же продолжительного дня при палящем Солнце над Луной черное небо, усеянное множеством звезд, четко выделяющихся и совершенно немерцающих. Звезды на лунном небе видны днем так же хорошо, как и ночью.

Попробуем перенести способы астрономической ориентировки в лунные условия, тем более что исследования показали — у Луны нет магнитного поля, значит, на Луне компасом пользоваться невозможно.

Рис. 48. Космонавт на Луне.





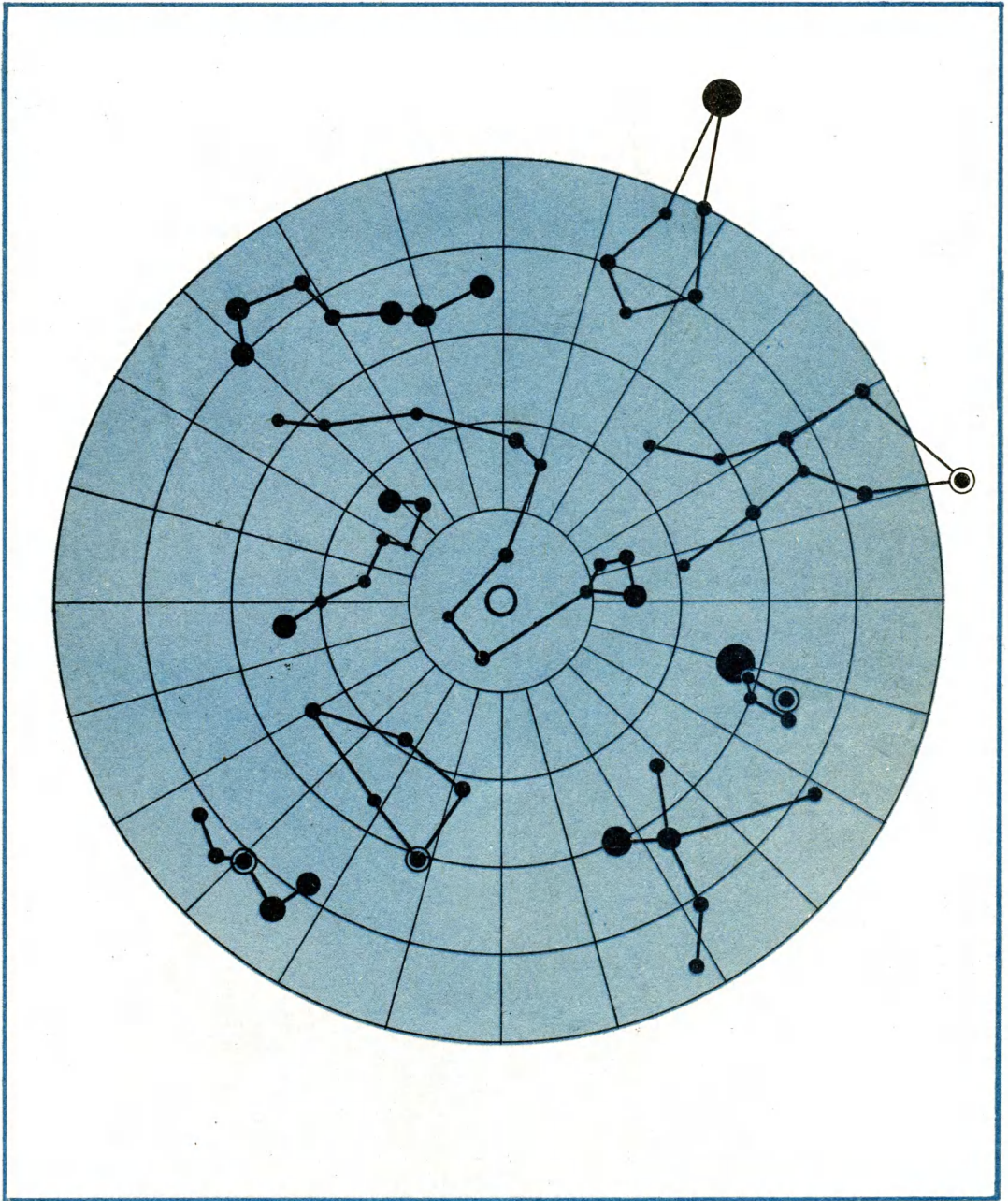


Рис. 49. Местоположение лунного полюса.



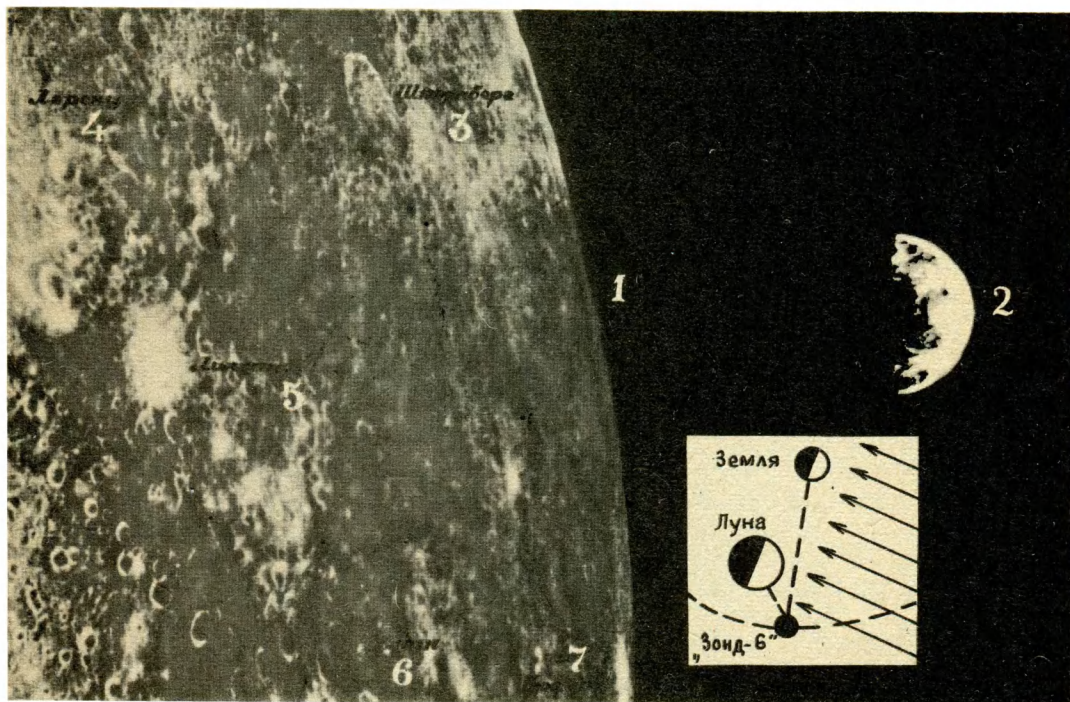


Рис. 50. Земля над горизонтом Луны по фотографии, сделанной из космоса.

На Земле главной путеводной звездой служит Полярная звезда. А на Луне? Поскольку ось вращения Луны направлена в область неба, расположенную в районе созвездия Дракона, то участникам лунных экспедиций необходимо уметь так же легко находить на небе созвездие Дракона, как отыскивают земные наблюдатели Полярную звезду (рис. 49).

Кроме звезд, великолепным ориентиром на Луне служит украшающий лунное небо диск Земли (рис. 50). Его поперечник вчетверо больше наблюдаемого с Земли лунного диска. Полная Земля

Рис. 51. Фотография Земли, сделанная советской автоматической станцией «Зонд-6»: 1 — Луна, 2 — Земля.



в 90 раз сильнее освещает лунный ландшафт, чем полная Луна земной: на Луне в это время можно свободно читать книгу.

Почему мы сравниваем полную Землю с полной Луной? Оказывается, Земля на лунном небе имеет фазы, похожие на лунные: она имеет вид то серпа, более или менее узкого, то полукруга, то полного круга. Это хорошо видно на фотографии (рис. 51). Если вы вернетесь к рисунку 36, то сумеете ясно представить, что изменения фаз Луны и Земли происходят в противоположных направлениях: когда наблюдаемая осве-

щенная часть Луны растёт, у Земли освещенная часть уменьшается. Следовательно, полная Земля наблюдается с Луны в новолуние.

Поскольку Луна всегда обращена к Земле одной стороной, земной диск виден только на обращенной к Земле стороне Луны. Он не восходит и не заходит, а почти неподвижно висит на небе, занимая для каждого пункта направленной к нам стороны Луны определенное положение. Следовательно, диск Земли для участников лунных экспедиций — надежный ориентир.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Небесные светила, с которыми вас познакомила книга, — надежные и верные ориентиры. По ним человек определяет стороны горизонта и свое местонахождение на земле, в море, воздухе и космосе.

Еще Колумб, в свое время много потерпевший от ненадежной работы магнитного компаса, говорил: «Существует лишь одно безошибочное корабельное исчисление — это астрономическое; счастлив тот, кто с ним знаком».

Не потеряли ли астрономические ориентиры былого значения в наши дни? Нет, не потеряли. Несмотря на то что на всех самолетах, морских и океанских судах и космических кораблях имеются магнитные, барометрические и радиотехнические приборы, авиационные и морские штурманы, космонавты подробно изучают астрономические средства ориентировки. Астрономические средства ориентировки, имея постоянную точность в любом месте Земли и будучи не подверженными никаким помехам, особенно необходимы при полетах над облаками, над морем и районами Земли, лишенными ориентиров, на морских и океанских судах, в космических полетах.

В качестве астрономических ориентиров используются не только Солнце, Луна и звезды, но и четыре наиболее

яркие планеты — Венера, Марс, Юпитер, Сатурн.

Используемые для ориентировки небесные светила называют навигационными. Приводим одну из групп навигационных звезд северного полушария небесной сферы (рис. 52). Все они вам знакомы, кроме Спика и Ригеля. Спика — звезда первой звездной величины, альфа известного вам зодиакального созвездия Девы. Ригель — бета Ориона, звезда нулевой звездной величины.

Вследствие годичного изменения вида звездного неба в разные месяцы года для ориентировки приходится использовать лишь отдельные звезды этой группы.

Приведенная схема — еще одно дополнение к вашим знаниям о взаимном положении созвездий, о способах ориентировки в звездном небе и распознавании ярких звезд.

Мы надеемся, что, прочитав книгу и проведя рекомендованные в ней наблюдения, вы приобретете необходимые сведения и навыки, которые будут надежной основой при дальнейшем самостоятельном расширении и углублении знаний в этой области; что книга помогла вам приобщиться к той плеяде счастливых, о которых говорил Колумб.



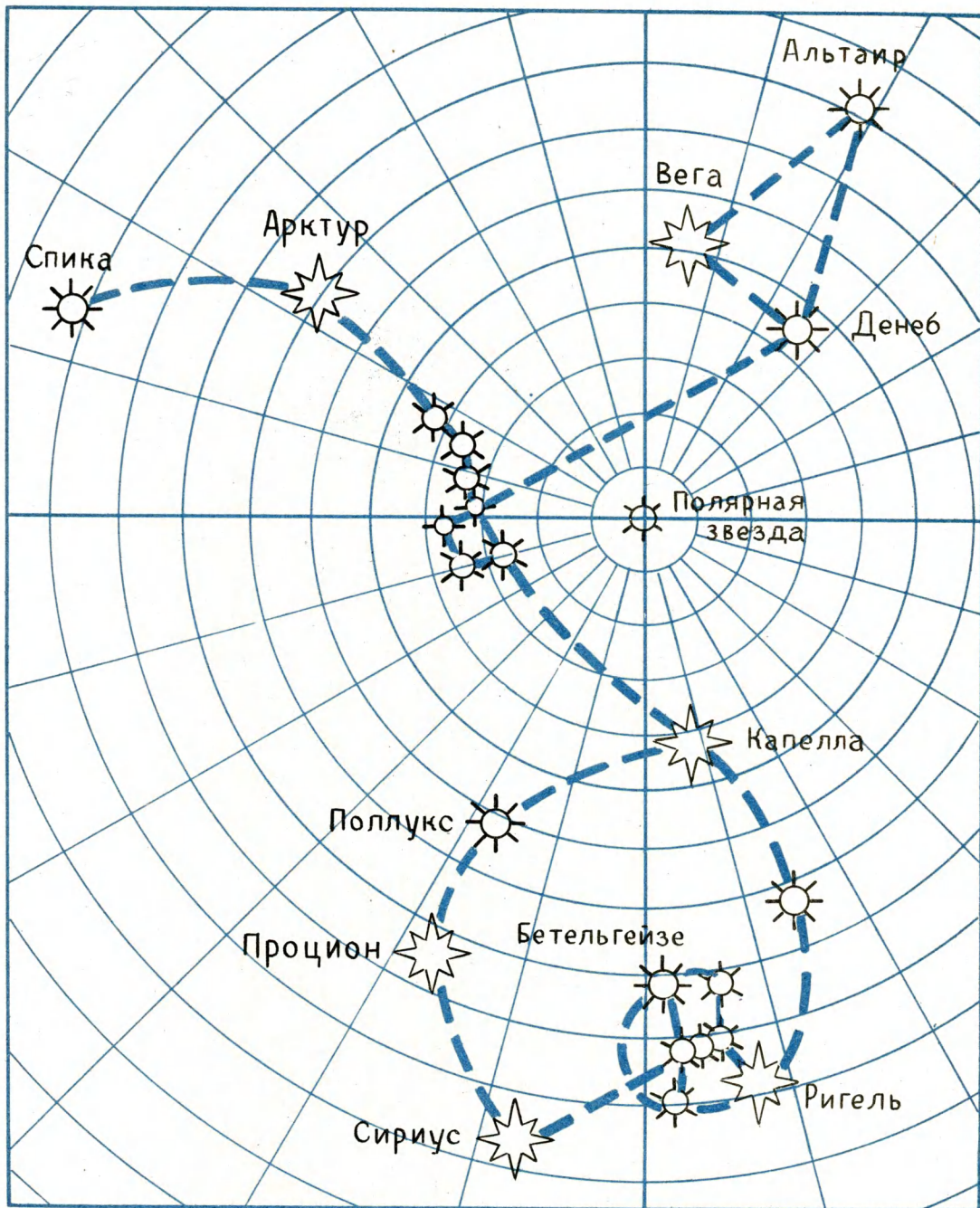


Рис. 52. Навигационные звезды северного полушария небесной сферы.

К главе I. Звездное небо

Перечертите таблицы в тетрадь и аккуратно ведите записи наблюдений.

Т а б л и ц а 1. Наблюдение ярких звезд и созвездий осеннего неба

Дата наблюдения	Название наблюдаемой яркой звезды	Названия наблюдаемых созвездий

Т а б л и ц а 2. Измерение угловых расстояний между звездами

Дата наблюдения	Название звезд	Угловые расстояния между ними

Т а б л и ц а 3. Определение географической широты

Порядковый номер наблюдения	Высота полярной звезды	Географическая широта
Первое наблюдение	$h_1 =$	$\varphi = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$
Второе »	$h_2 =$	
Третье »	$h_3 =$	

**Т а б л и ц а 4. Наблюдение звездного неба с помощью карты**

Дата наблюдения	Название наблюдаемых созвездий

**Т а б л и ц а 5. Определение времени ночи по звездам**

Дата наблюдения	Число, соответствующее этой дате	Показание стрелки звездных часов	Время ночи

### **Звездные часы**

Из картона вырежьте два круга диаметром 8 и 6 см. Большой круг разделите пополам и по ободу нижней половины разметьте ночные часы: от 18 до 6 (расстояние между делениями  $15^\circ$ ). Окружность меньшего круга разделите на 12 частей. По ободу запишите названия месяцев. От каждого деления месяца по радиусам на равном расстоянии друг от друга проведите короткие черточки, а от «сентября» черточку проведите до центра круга. Около этого радиуса изобразите созвездие Большой Медведицы. Центр круга соответствует положению Полярной звезды. Меньший круг наложите на больший и в центре соедините их так, чтобы верхний круг можно было вращать.

Чтобы узнать время по звездным часам, часы положите на ладонь левой руки цифрой 24 к себе и вниз. Верхний круг поворачивайте так, чтобы изображение Большой Медведицы заняло на циферблате такое же положение, как в этот момент на небе. Потом посмотрите, около какой цифры остановилось название месяца, когда производится наблюдение. Эта цифра покажет время.



Т а б л и ц а 6. Наблюдение зодиакальных созвездий

Дата наблюдения	Название наблюдаемого созвездия

## К главе II. Путь Солнца зимой и летом

Т а б л и ц а 7. Наблюдение пятен на Солнце

Дата наблюдения	Порядковый номер рисунка	Порядковый номер пятна	Размер пятна	Его расстояние от центра Солнца

Начертите на плотной бумаге несколько кругов диаметром 14 см. Проведите их диаметры, отметьте центры.

С помощью бинокля спроецируйте изображение Солнца на бумагу так, чтобы оно совпало с одним из кругов. Изображения пятен обведите карандашом и пронумеруйте.

Наблюдение повторите через неделю, используя другой круг. Одни и те же пятна обозначьте одинаковыми цифрами.

Проделав подобные наблюдения 3–4 раза, начните обработку рисунков: 1) измерьте циркулем размеры наиболее крупных пятен и сравните их с диаметром Солнца в масштабе 1 см — 10 000 км; 2) измерьте расстояние этих пятен от центра Солнца на всех рисунках. Данные занесите в таблицу 7.

Сопоставив полученные данные, вы заметите перемещение пятен.

### Т а б л и ц а 8. Физические параметры Солнца

Диаметр . . . . .	1 392 000 км (109,12 диаметра Земли)
Масса . . . . .	$1,99 \cdot 10^{27}$ т (332 958 масс Земли)
Объем . . . . .	$1,4 \cdot 10^{18}$ км <sup>3</sup> (1 303 800 объемов Земли)
Площадь поверхности . . . . .	$608,7 \cdot 10^{10}$ км <sup>2</sup> (В 11 930 раз больше площади поверхности Земли)
Наименьшее расстояние от Земли (в январе) . . . . .	$147,1 \cdot 10^6$ км
Наибольшее расстояние от Земли (в июле) . . . . .	$152,1 \cdot 10^6$ км
Среднее расстояние от Земли . . . . .	$149,6 \cdot 10^6$ км
Видимая звездная величина Солнца	-26,74
Сила притяжения Солнца, удерживающая Землю на орбите . . . . .	$3,5 \cdot 10^{19}$ кН

### К главе III. Луна — спутник Земли

**Наблюдение фаз Луны и определение продолжительности синодического месяца**

Начертите десять кругов, в эти круги врисовывайте Луну такой, какой вы ее увидите в дни наблюдения. Под каждым кругом записывайте дату, час и минуты наблюдения. Наблюдения повторяйте каждые 3—4 дня. Можете ограничиться наблюдениями Луны от полнолуния до новолуния.

Сопоставив рисунки, вычислите продолжительность синодического месяца (с точностью до одного дня).

### Т а б л и ц а 9. Наблюдение движения Луны среди звезд

Дата наблюдения	Созвездие, в котором наблюдается Луна

Т а б л и ц а 10. Полные солнечные затмения, наблюдаемые на территории СССР до 2000 г.

Дата затмения	Где можно наблюдать
1981 г. 31 июля 1990 г. 22 июля 1997 г. 9 марта	На всей территории Сибири В Северной Сибири В Восточной Сибири

Полные лунные затмения, наблюдаемые на территории СССР до 2000 г.

1982 г., 9 января	1990 г., 9 февраля
1985 г., 4 мая и 28 октября	1992 г., 10 декабря
1986 г., 17 октября	1996 г., 4 апреля, 27 сентября
1989 г., 20 февраля	1997 г., 16 сентября

Т а б л и ц а 11. Физические параметры Луны

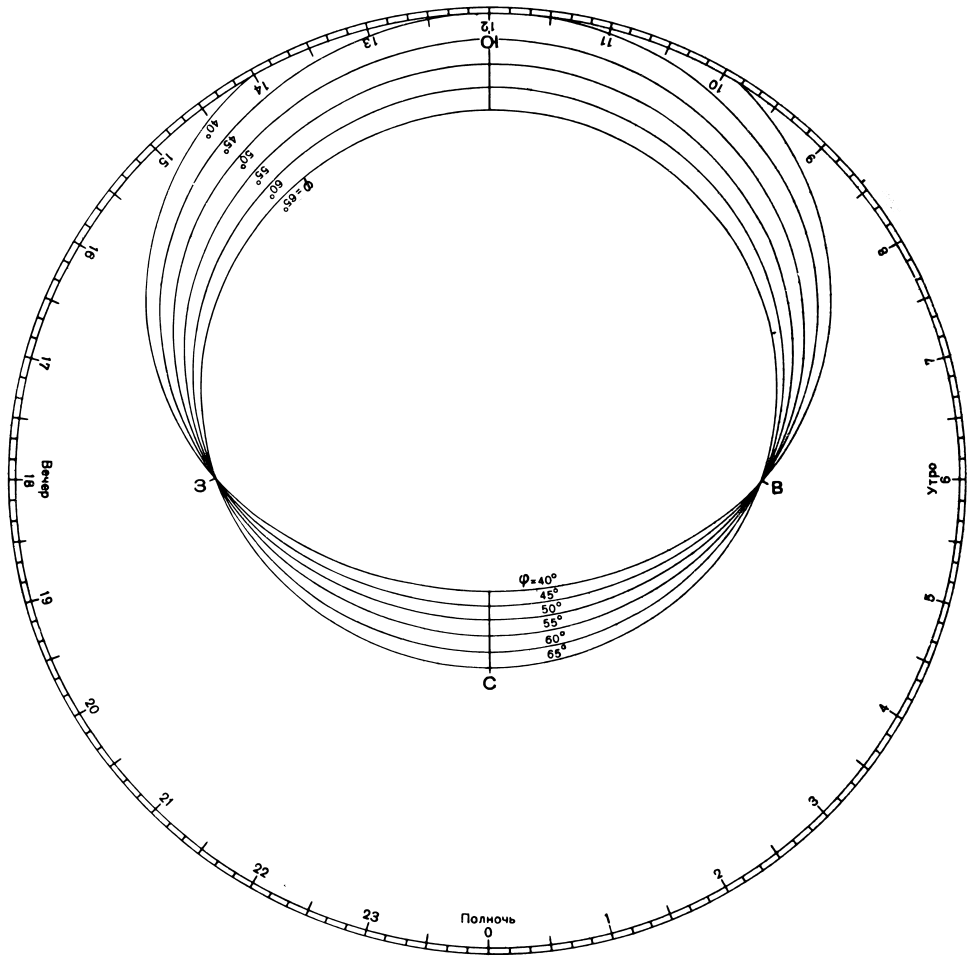
Диаметр . . . . .	3474 км (0,272 диаметра Земли)
Площадь поверхности . . . . .	$3,79 \cdot 10^7$ км <sup>2</sup> (0,074 площади поверхности Земли)
Объем . . . . .	$2195,3 \cdot 10^7$ км <sup>3</sup> (0,0203 объема Земли)
Масса . . . . .	$7,35 \cdot 10^{19}$ т (0,0123 массы Земли)
Период вращения Луны вокруг своей оси . . . . .	27 сут 7 ч 43 мин 11,5 с
Средняя скорость движения Луны по орбите . . . . .	1,023 км/с ( $\approx 3681$ км/ч)
Продолжительность лунных суток	29 сут 12 ч 44 мин 2,7 с (синодический месяц)
Площадь лунной поверхности, не видимой с Земли . . . . .	41%
Среднее расстояние Луны от Земли	384 400 км (60 земных радиусов)



Таблица 12. Наиболее яркие звезды, входящие в известные вам созвездия

Название звезды	Созвездие, в которое она входит	Ее звездная величина
Сириус	$\alpha$ Большого Пса	-1,46
Арктур	$\alpha$ Волопаса	-0,05
Вега	$\alpha$ Лиры	+0,03
Капелла	$\alpha$ Возничего	+0,08
Ригель	$\beta$ Ориона	+0,13
Процион	$\alpha$ Малого Пса	+0,034
Бетельгейзе	$\alpha$ Ориона	+0,42
Альтаир	$\alpha$ Орла	+0,76
Альдебаран	$\alpha$ Тельца	+0,86
Антарес	$\alpha$ Скорпиона	+0,91
Спика	$\alpha$ Девы	+0,97
Поллукс	$\beta$ Близнецов	+1,14
Деней	$\alpha$ Лебедя	+1,25
Регул	$\alpha$ Льва	+1,35

# НАКЛАДНОЙ КРУГ К КАРТЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

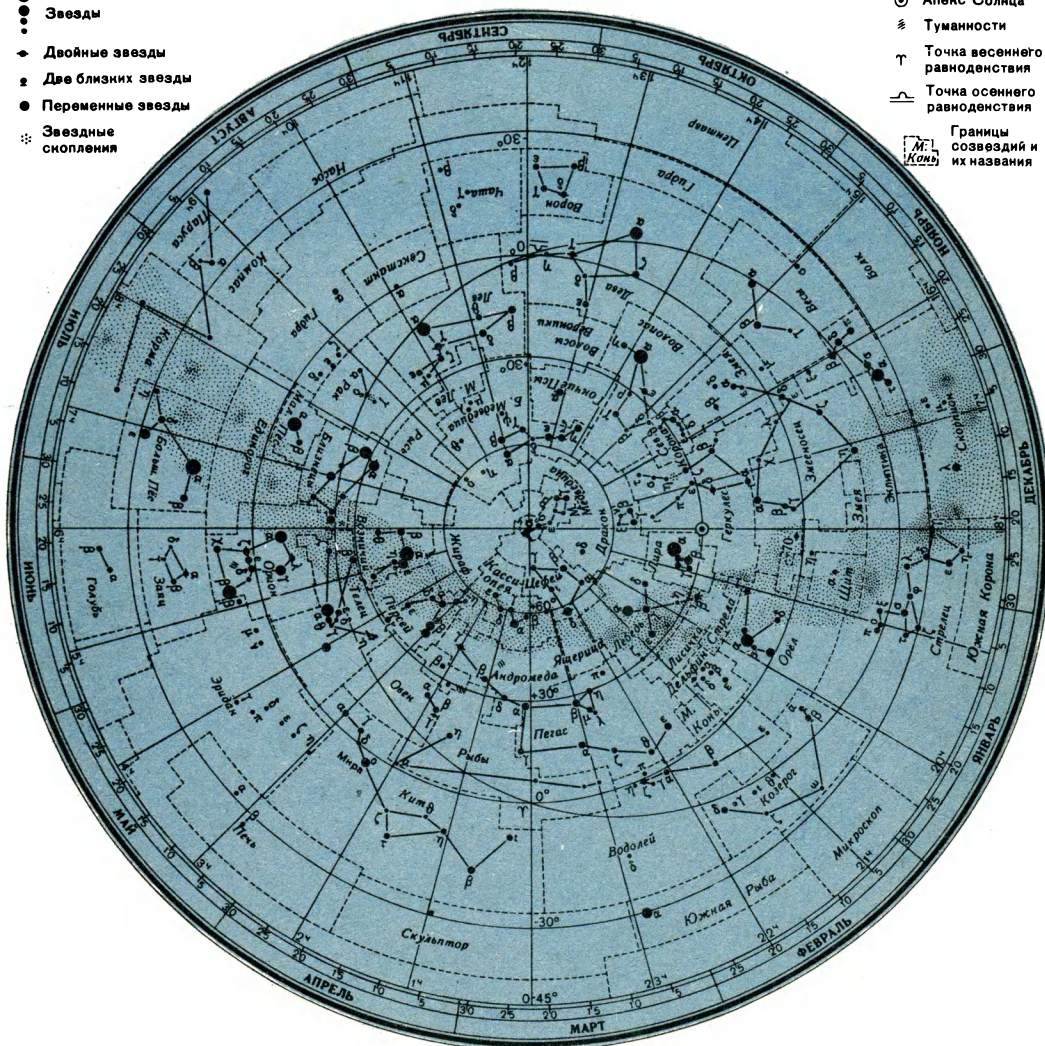


# ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

- Звезды
- ◆ Двойные звезды
- ◆ Две близких звезды
- Переменные звезды
- ⊙ Звездные скопления

- ⊙ Apex Солнца
- ☁ Туманности
- ⊕ Точка весеннего равноденствия
- ⊖ Точка осеннего равноденствия

Границы созвездий и их названия





# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i> . . . . .	3	Движение Солнца среди звезд . . . . .	31
Г л а в а I. Звездное небо . . . . .	5	Солнце — рядовая звезда . . . . .	33
Шкала звездных величин. Созвездия . . . . .	—	Г л а в а III. Луна — спутник Земли . . . . .	37
Небесная сфера. Угловые измерения на небе . . . . .	10	Движение и фазы Луны . . . . .	—
Вращение небесной сферы . . . . .	15	Солнечные и лунные затмения . . . . .	39
Изменение вида звездного неба в течение года . . . . .	18	Рельеф и карта Луны . . . . .	43
Ориентировка по звездам . . . . .	21	Физические условия на Луне. Лунное небо . . . . .	46
Г л а в а II. Путь Солнца зимой и летом . . . . .	23	Закключение . . . . .	52
Движение Солнца по небу Земли . . . . .	—	Приложения . . . . .	54
Ориентировка по Солнцу . . . . .	27	Подвижная карта звездного неба . . . . .	61

**Саркисян Е. А.**

**С20** **Небесные светила — надежные ориентиры: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1981. — 63 с., ил.**

Книга предназначена учащимся VI—VII классов, интересующимся астрономией. В книге даны краткие сведения о звездах, Луне, Солнце, изложены способы ориентировки по небесным светилам, а также рекомендации по их наблюдениям с учетом знаний учащихся, полученных на уроках природоведения, географии, истории.

**С** 60601—695 213—81 4306021200 **ББК 22.6**  
103(03)—81 52

**Елена Аноповна Сарнисян**

**НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА —  
НАДЕЖНЫЕ ОРИЕНТИРЫ**

Редактор Л. Л. В е л и ч к о

Редактор карт Л. Ф. В о с к а н я н

Обложка художника С. Ф. Л у х и н а

Рисунки художника О. М. Ш м е л е в а.

Художественный редактор В. М. П р о к о ф ь е в

Технический редактор Е. Н. З е л я н и н а

Корректор О. С. З а х а р о в а

ИБ № 4459

Сдано в набор 03.02.81. Подписано к печати 26.06.81. А07374. Формат 70×90<sup>1/16</sup>. Бум. офсетная. Гарн. «Бодони». Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,68. Усл. кр.-отт. 9,94. Уч.-изд. л. 4,01. Тираж 100 000 экз. Заказ 604. Цена 20 коп.

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

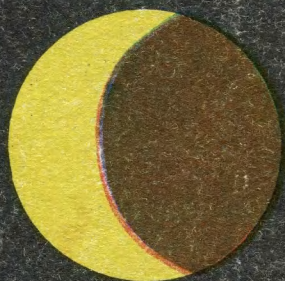
Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.



Сканирование - *Беспалов, Николаева*  
DjVu-кодирование - *Беспалов*



20 коп.





Е.А.Саркисян



НЕБЕСНЫЕ  
СВЕТИЛА—

НАДЕЖНЫЕ  
ОРИЕНТИРЫ