



П. И. ПОПОВ

**ОБЩЕДОСТУПНАЯ
ПРАКТИЧЕСКАЯ
АСТРОНОМИЯ**

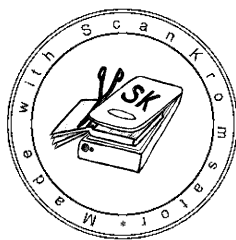
ОГИЗ - ГОСТЕХИЗДАТ - 1946

Проф. П. И. ПОПОВ

**ОБЩЕДОСТУПНАЯ
ПРАКТИЧЕСКАЯ
АСТРОНОМИЯ**

О Г И З

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1946 ЛЕНИНГРАД**



Scan AAW

Редактор *Б. В. Кукаркин.*

Техн. редактор *Н. А. Тумаркина.*

Подписано к печати 8/IV 1946 г. 6 печ. л. + 0,125 вклеек. 5,75 авт. л.
5,9 уч.-изд. л. 45 000 тип. зн. в 1 печ. л. Тираж 15 000 экз. А-00894.
Цена книги 2 р. Заказ № 1562.

16-я типография треста «Полиграфкнига» ОГИЗа при Совете Министров РСФСР.
Москва, Трёхпрудный пер., 9.

ПОСВЯЩАЮ

*СЫНУ МОЕМУ ЛЬВУ,
ОФИЦЕРУ КРАСНОЙ АРМИИ,
ПАВШЕМУ В БОЮ
ЗА СВОБОДУ И НЕЗАВИСИМОСТЬ
НАШЕЙ РОДИНЫ 17 IX 1943 г.*

ПРЕДИСЛОВИЕ.

В практической деятельности человека немаловажное значение издавна имели вопросы ориентировки, связанные с перемещением по Земле, определением времени и пр. Попадая в незнакомую местность, человек видел ночью на небе всё те же светила, и они служили ему путеводителем или указателем времени. Если в прежние времена небо было единственным путеводителем, то теперь оно также является единственным источником различных способов определения пунктов на Земле, проверки часов, составления точных карт и др.

Опыт Великой Отечественной войны показал, насколько важно широкое знакомство с простейшими способами ориентировки и определения времени по небесным светилам. Знакомство со звёздным небом помогает разведчикам находить правильный путь. Знать точно направление нужно и артиллеристу.

В особенности большую помощь оказывает небо с его постоянно блистающими ориентирами—звёздами нашим славным лётчикам в их дальних ночных перелётах, зачастую протекающих над облаками.

Способы точного определения положений звёзд, определения времени, широты и долготы места на Земле и пр.—всё это составляет задачу *практической астрономии*. Помимо самой астрономии—науки, изучающей небесные светила,—практическая астрономия находит применение в геодезии, изучающей нашу Землю, в составлении точных карт земной поверхности, в мореходном деле, а в последнее время и в авиации.

Практическая астрономия в настоящее время представляет собой глубоко разработанную отрасль астрономии с весьма точными; математически обоснованными, специальными методами. Они изучаются и применяются специалистами, которые производят точные измерения и вычисления.

Настоящая книга имеет в виду не специалистов, а широкий круг лиц, практически нуждающихся в астрономических способах ориентировки,—от бойцов-разведчиков до офицеров всех частей Красной Армии. Поэтому здесь даются только элементы практической астрономии, излагаются доступные всем приближённые способы ориентировки, основанные на хорошем

знакомстве со звёздным небом, наблюдаемым простым глазом. Затем даются сведения о более точном определении положения небесных светил, времени и места на Земле. В книге также отводится место наиболее распространённому в мореплавании и авиации так называемому методу Сомнера для сравнительно простого и быстрого определения места корабля или самолёта. Всякие, даже самые простые способы могут быть хорошо усвоены и правильно применяемы только в случае, если понятны те явления, которые при этом наблюдаются. Поэтому в книге уделено достаточное внимание объяснению самих астрономических явлений, связанных с практикой наблюдений и измерений, и необходимым сведениям из так называемой сферической астрономии.

Книге дано название «Практическая астрономия», так как в ней совсем не рассматриваются законы движения небесных тел в пространстве, строение Вселенной, природа небесных тел и их развитие. Эти сведения читатели найдут в других книгах по астрономии, посвящённых этим вопросам.

ГЛАВА I.

ПРИБЛИЖЁННЫЕ СПОСОБЫ ОРИЕНТИРОВКИ.

Ориентироваться на местности — это значит указать, где мы находимся и в какой стороне от нас лежит север (С). Встав лицом к югу (рис. 1), мы будем иметь налево восток (В), направо — запад (З), а сзади — север (С). Посредине между севером и востоком — северо-восток (СВ), между севером и западом — северо-запад (СЗ) и аналогично — юго-восток (ЮВ), юго-запад (ЮЗ).

Если мы имеем план или карту, то на них указывается направление на север; на плане обычно ставится стрелка, а на карте имеется сетка линий, одни из которых идут с юга на север, другие с запада на восток. На местности таких указателей нет, и направление на север надо определять или по компасу или по небесным светилам: днём по Солнцу, а вечером и ночью — по Луне и звёздам.

Обычно считается, что магнитная стрелка на компасе направлена тёмным концом к северному полюсу Земли. В действительности она направлена не к географическому, а к магнитному полюсу, который находится на некотором расстоянии от географического северного полюса в сторону Америки¹⁾. Поэтому стрелка компаса вообще несколько отклонена от точного направления на север и притом в разных местах различно. Угол между направлением магнитной стрелки и точным направлением на север называется *магнитным склонением*. В Москве склонение магнитной стрелки составляет около 7° к востоку, т. е. стрелка отклонена на 7° вправо от истинного на-

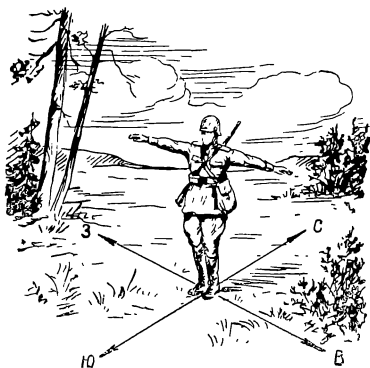


Рис. 1.

¹⁾ Северный магнитный полюс имеет широту 70° и западную долготу 96° .

правления на С (рис. 2). Но вообще магнитное склонение подвергается некоторым изменениям даже и в одном месте, а в отдельных местах, где в глубине Земли имеются залежи железной руды, например в Курской области, магнитная стрелка может на-

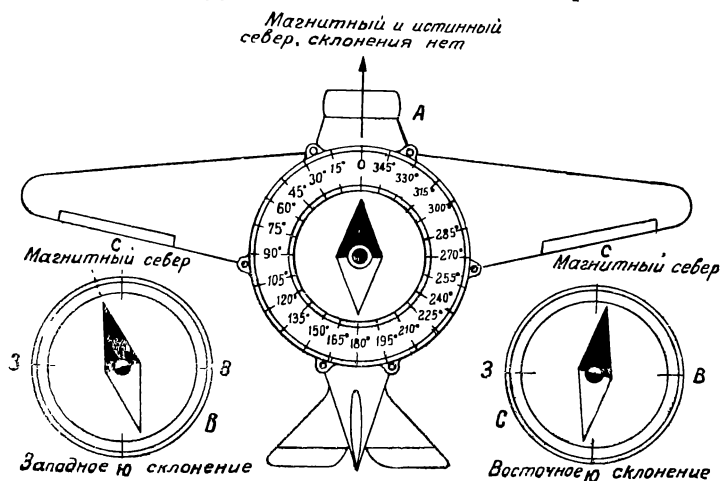


Рис. 2.

столько сильно отклоняться в сторону, что там совсем нельзя пользоваться компасом.

Небесные светила дают нам возможность более точно определять направление и положение места на Земле.

Ещё знаменитый путешественник Колумб, пустившийся в неведомый до тех пор океан и открывший Америку (1492 г.), заметил ненадёжность компасной стрелки в правильном указании направления и говорил: «существует лишь одно безошибочное корабельное исчисление — это астрономическое; счастлив тот, кто с ним знаком».

Наблюдая положения светил на небе, мы сможем более уверенно ориентироваться и сумеем выйти из затруднительного положения. Рассмотрим сначала наиболее простые и всем доступные приближённые способы ориентировки по небесным светилам, для которых не требуется специальных приборов и таблиц. Эти способы особенно хорошо нужно знать разведчику, офицеру, лётчику и пр.

§ 1. Ориентировка по Солнцу.

Обычно говорят, что Солнце восходит на востоке и заходит на западе. Но всякий наблюдательный человек может убедиться, что это бывает только в определённые дни года, когда день

равен ночи, т. е. в дни равноденствий: весеннего—21 марта и осеннего—23 сентября. Весной и осенью мы будем направляться прямо на север, если будем иметь восходящее Солнце с правой стороны или, как говорят лётчики, держать его в правом траверзе; на юг же будем направляться, держа Солнце в левом траверзе, на восток, —направляясь прямо на Солнце (Солнце в направлении курса), на запад—от Солнца (Солнце в хвосте). Заходящее Солнце весной и осенью при направлении на север надо держать в левом траверзе, при направлении на юг—в правом траверзе, при направлении на восток—в хвосте, а на запад—в направлении курса.

При приближении лета с каждым днём место восхода и захода Солнца перемещается по горизонту в сторону севера. Так продолжается до 22 июня (день летнего солнцестояния), когда у нас день бывает самый длинный, а ночь самая короткая. Таким образом, среди лета в наших местах Солнце восходит на северо-востоке и заходит на северо-западе.

Потом точка восхода Солнца совершает обратный путь по горизонту, приближаясь к точке востока, а точка захода возвращается к западу. Начиная с дня осеннего равноденствия точки восхода и захода Солнца оказываются по другую сторону от точек востока и запада и удаляются от них с каждым днем всё больше к югу. Это продолжается до 22 декабря (день зимнего солнцестояния), когда у нас бывает самый короткий день и самая длинная ночь. Солнце восходит на юго-востоке и заходит на юго-западе. При приближении весны точки восхода и захода Солнца опять приближаются к точкам востока и запада.

Меняется и время восхода и захода Солнца: если в дни равноденствий Солнце восходит за 6 часов до полудня (четверть суток) и заходит 6 часов спустя после полудня, то летом оно взойдёт раньше и зайдёт позднее, а зимой, наоборот, —взойдёт позднее и зайдёт раньше. Но и летом за 6 часов до полудня Солнце бывает на небе приблизительно над точкой востока, а 6 часов спустя после полудня—над точкой запада.

Поднимаясь всё выше, Солнце занимает самое высокое положение на небе в полдень и располагается в это время как раз над точкой юга. Это бывает каждый день; значит, в любой день года мы можем в полдень безошибочно определить направление на юг, встав в это время лицом к Солнцу. Заметим, что в полдень тени от всех вертикально стоящих предметов—самые короткие, так как Солнце в это время поднимается выше всего над горизонтом. Эта самая короткая полуденная тень направлена как раз на север. Поэтому горизонтальная прямая, соединяющая север и юг, называется *полуденной линией*.

За сутки Солнце делает полный оборот по небу, а за час продвигается на одну двадцать четвёртую часть оборота. Полная окружность обычно делится на 360 частей или градусов (360°). Одна двадцать четвёртая часть окружности составляет 15°. Значит, за каждый час Солнце суточным вращением продвигается на 15°.

Чтобы дать понятие о градусе на небе, заметим, что видимые диски Солнца и полной Луны имеют в поперечнике около полуградуса. Угол же в 15° получается приблизительно между лучами зрения, проведёнными к концам расставленных большого и указательного пальцев вытянутой руки.

Зная всё это, можно, правда, грубо и приближённо, определять направление по Солнцу в разные часы дня и, наоборот, — определять время по положению Солнца на небе.

Ещё лучше узнавать направление по Солнцу можно, имея в своём распоряжении карманные или ручные часы. В самом деле, циферблат разделён на 12 часов, и часовая стрелка делает на нём 2 полных оборота в сутки. Значит, в то время как конец часовой стрелки сделает 2 круга, Солнце сделает один круг, т. е. оно оборачивается вдвое медленнее, чем часовая стрелка.

Если в полдень положить часы горизонтально, так, чтобы продолжение часовой стрелки было прямо под Солнцем, то это будет направление на юг. На циферблате в это время часовая стрелка должна была бы стоять на цифре 12. Но так как ещё с 1930 г.

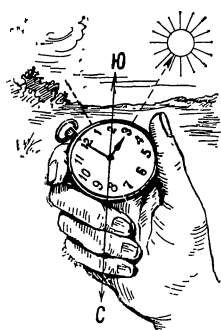


Рис. 3.

все часы в гражданском обиходе Советского Союза переведены на час вперёд, то полдень по нашему будет не около 12 часов, а около 13 часов (на обычном циферблате — 1 час после полудня). В какой-нибудь другой час до полудня или после полудня надо часы положить так, чтобы продолжение часовой стрелки располагалось под Солнцем. А затем, чтобы найти юг, т. е. место, над которым Солнце располагается в полдень, надо промежуток на циферблате между концом часовой стрелки и 1 часом разделить пополам (рис. 3). Направление от центра циферблата через полученную середину и укажет

на юг. Можно заметить на горизонте какой-нибудь предмет в этом направлении и по нему держать свой курс.

Зная, что до полудня Солнце находится к востоку от направления на юг, а после полудня — к западу, циферблат часов нужно располагать так, чтобы при определении направления на юг до 1 часа дня цифра циферблата 1 час находилась справа от Солнца, а при определении после 1 часа дня — слева от Солнца.

Заметим, что смотреть надо только на часовую стрелку, на минутную же не следует обращать никакого внимания.

Время восхода и захода Солнца меняется в течение года и различно в разных местах Земли; соответственно меняется и продолжительность дня. Это изменение для Москвы и не очень удалённых от неё к северу или к югу мест представлено наглядно на графике (рис. 4), где по средней горизонтальной линии отложены месяцы, а по перпендикуляру к ней часы дня — до полудня вверх

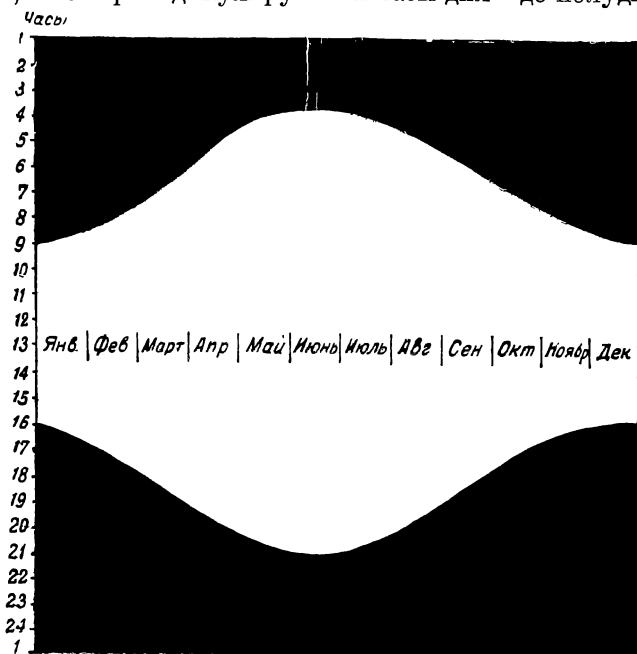


Рис. 4.

и после полудня вниз (ночное время заштриховано). Средняя горизонтальная линия соответствует полудню (13 час.). Чтобы определить время восхода или захода Солнца для любого дня года, надо на горизонтальной полуденной линии найти данный месяц, взять внутри него на полуденной линии точку, приблизительно соответствующую данному числу, наложить линейку перпендикулярно к полуденной линии и посмотреть, против какого часа линейка пересекает кривую линию. Например, определим время восхода и захода Солнца 21 мая. На средней горизонтальной линии графика берём точку, соответствующую 21 мая. Накладывая линейку под прямым углом к горизонтальной линии, находим, что она пересекает кривую вверху против

4¹/₄ ч., а внизу против 20¹/₂ ч. Сравнив с календарными данными (восход Солнца 4 ч. 08 м., заход — 20 ч. 45 м.), видим, что ошибка не превосходит четверти часа.

Если приходится быть продолжительное время в одном и том же месте, то полезно, наметив более точное направление на север и юг, провести полуденную линию.

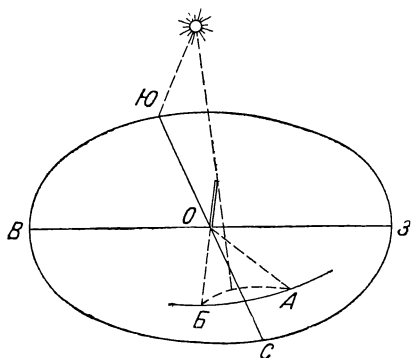


Рис. 5.

Это можно сделать по самой короткой тени. Но уследить, когда тень самая короткая, трудно, так как длина её меняется медленно и незаметно для глаза. Надо отметить одинаковые тени до полудня и после полудня, а затем взять среднее направление. Для этого на ровной площадке поставим палку вертикально по отвесу или по нитке с грузом. За некоторое время до полудня, примерно за час-два, отметим ко-

нец A тени палки (рис. 5). Привязав бечёвку к нижней части палки O, начертим на площадке часть круга радиусом, равным длине тени OA.

Вследствие суточного движения Солнца тень от палки будет перемещаться и укорачиваться, а потом опять начнёт удлиняться, пока своим концом не упрётся в начерченный круг. Отметив эту точку B, разделим пополам расстояние между A и B и проведём через найденную середину и основание палки направление OC, которое и даст нам полуденную линию. Её можно отметить, вбив в двух её точках колья.

Вертикальный шест на горизонтальной площадке был у древних наблюдателей важнейшим инструментом, при помощи которого они определяли не только направление полуденной линии, но и высоту Солнца, время и пр. Инструмент этот они называли *гномоном*.

§ 2. Ориентировка по Луне.



Даже днём иногда Луна бывает заметна на небе, а по заходе Солнца она прежде всего обращает на себя наше внимание среди небесных светил. Но Луна не всегда бывает на небе, а если и бывает, то неодинакового вида в разные дни. Всякий имел возможность много раз наблюдать Луну во всех её видах и положениях, так как она повторяет все эти изменения каждый

месяц, вернее, каждые $29\frac{1}{2}$ суток. Бывают ночи, когда Луны на небе совсем не видно, хотя небо безоблачно. На следующий после этого вечер можно заметить появившийся у самого заходящего Солнца, с левой его стороны, узкий серп Луны, который тотчас же за Солнцем и заходит. С каждым следующим вечером этот серп всё увеличивается, отодвигается дальше от Солнца влево (с запада к востоку) и всё дольше задерживается на вечернем небе. Через неделю заход Солнца заставит Луну высоко на юге в виде половины диска, и в течение всей первой половины ночи Луна освещает Землю, заходя около полуночи. Продолжая с каждым днём увеличиваться и отодвигаться по небу к востоку, Луна светит всё дольше, заходя всё позднее после полуночи. Через две недели мы можем заметить при заходе Солнца полный диск восходящей Луны. Поднимаясь вечером в восточной стороне неба, полная Луна к полуночи занимает самое высокое положение и располагается в это время над точкой юга, а затем переходит на западную сторону неба и заходит уже с восходом Солнца.

Полная Луна светит всю ночь, подобно тому, как Солнце сияет днём. Надо только заметить, что полная Луна находится в противоположной стороне неба по отношению к Солнцу. Благодаря этому летом мы видим на небе полную Луну так, как Солнце зимой, то-есть значительно ниже обычного над горизонтом, а восход и заход Луны происходит ближе к югу. Зимой же, наоборот, полная Луна высоко поднимается в полночь, а восходит и заходит на северо-востоке и северо-западе.

В следующие вечера, после того как мы видели полную Луну, она восходит всё позднее, и мы видим её уже урезанной с правой стороны. Через три недели после своего появления Луна обращается опять в полдиска, восходит около полуночи, поднимается утром над точкой юга и освещает Землю во вторую половину ночи. С каждым днём Луна всё уменьшается, всё позже поднимаясь из-за горизонта. К концу четвёртой недели мы видим серп Луны на востоке перед самым восходом Солнца. Наконец, Луна совсем исчезает на небе, с тем чтобы вновь появиться через два-три дня слева от Солнца. Но тогда мы начинаем её видеть опять при заходе Солнца. Зная повторяемость всех этих явлений, мы можем рассчитать наперёд, когда будут лунные или тёмные ночи.

При всех изменениях Луны мы различаем четыре главные её фазы:

1. Новолуние (обозначается ) — Луны не видно.
2. Первая четверть () — видно полдиска выпуклостью с правой стороны; вечером находится на южной стороне неба, светит первую половину ночи.

3. Полнолуние (○)—виден полный диск; светит всю ночь, в полночь находится над точкой юга.

4. Последняя четверть (☾)—видно полдиска выпуклостью слева; восходит около полуночи, утром находится на южной стороне неба, светит вторую половину ночи.

Промежутки между фазами около недели, точнее: $29,5 : 4 = 7,4$ суток. Заметим, что из-за неравномерности движения Луны этот промежуток времени меняется более чем на сутки.

Вид Луны в первую и последнюю четверти легко отличить, заметив следующее: если, соединив «рога» Луны прямой линией, получим букву Р,—значит, Луна растёт, если же Луна своим видом напоминает букву С, то она стареет, или, как говорят, находится на ущербе.

Все эти положения Луны мы легко усвоим, если будем знать, как и почему происходят различные изменения видимости Луны.

Луна—ближайшее к Земле небесное тело и представляет собой тёмный шар, размером меньше Земли (поперечник Луны составляет 0,27 поперечника земного шара, по объёму Луна почти в 50 раз меньше Земли). Она обращается вокруг Земли,

будучи её спутником. Поверхность Луны покрыта горами и впадинами. Поэтому, даже простым глазом, мы замечаем на Луне тёмные пятна. Лунный шар, так же как и земной, освещается далёким Солнцем, и мы видим только освещённую часть его поверхности. Двигаясь вокруг Земли, лунный шар бывает обращён к Земле то тёмной своей стороной, то освещённой. Рисунок 6 показывает различные положения Луны в пространстве и её видимость с Земли: I—соответствует новолунию, II—первой четверти, III—полнолуннию и IV—последней четверти. В про-

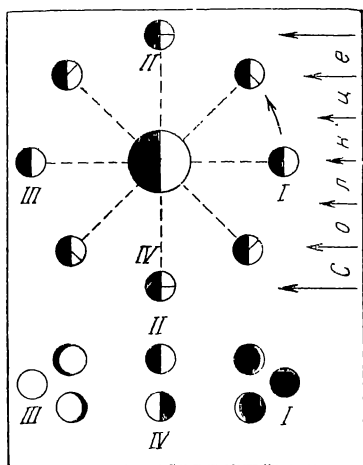


Рис. 6.

межутках Луна постепенно показывает нам до полнолуния всё более и более возрастающую, а после полнолуния—всё более убывающую часть своей освещённой половины.

В полночь, т. е. в начале суток, полная Луна бывает на юге (в противоположной стороне по отношению к Солнцу) и с каждым часом перемещается суточным вращением приблизительно на $\frac{1}{24}$ полного оборота или на 15° . Значит, если мы наблюдаем

полную Луну, например 3 часа спустя после полуночи (4 часа ночи по нашим часам), то она отойдёт в это время от южного направления, примерно, на 45° ($3 \times 15^\circ$), т. е. будет видна в юго-западном направлении. Если же наблюдать полную Луну вечером, например за 4 часа до полуночи (21 час. или 9 час. вечера по нашим часам), то она в это время расположена к востоку на 60° ($4 \times 15^\circ$), т. е. на расстоянии $\frac{2}{3}$ дуги от юга до востока. Таким образом, имея часы и зная, в котором часу мы наблюдаем, мы можем в любой час ночи приблизительно ориентироваться по полной Луне. На рисунке 7 показан простейший случай ориентировки по Луне после захода Солнца.



Рис. 7.

Чтобы определить приблизительно направление по любой фазе Луны и часам, надо принять во внимание, что, вырастая до полного диска, Луна перемещается за две недели по небу с запада к востоку на полкруга, т. е. на 180° . Увеличение же освещённой части диска на $\frac{1}{12}$ часть соответствует перемещению её на 15° , а это в свою очередь соответствует суточному повороту неба за 1 час.

Луна растёт

Луна стареет



Прибавляется к показанию часов *Вычитается из показания часов*
10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10

Числа обозначают, сколько двенадцатых долей диска луны неосвещена

Рис. 8.

Точно так же после полнолуния Луна убывает, и всё больше становится неосвещённая часть лунного диска. Таким образом, надо определить на-глаз, сколько двенадцатых долей лунного диска не освещено (рис. 8). Это число неосвещённых двенадцатых долей диска следует прибавить к показаниям часов, если Луна растёт, или вычесть из показания часов, если Луна стареет. Часы надо отсчитывать в двадцатичетырёхчасовой системе

(например, 8 часов вечера считать за 20 часов). Если показание часов даёт число, меньшее числа двенадцатых долей диска Луны, то до вычитания надо к показанию часов прибавить 24. Например, часы показывают 3 часа, а надо вычесть 6. Из 3 нельзя вычесть 6. Поэтому, к 3 прибавляем 24, получаем 27, из которых вычитаем 6 и получаем 21. Полученное таким образом число даёт возможность рассчитать, куда направлена Луна в данный момент, или найти, как говорят лётчики, её истинный пеленг ¹⁾).

Надо заметить, что число 25 (полночь) соответствует направлению на юг или истинному пеленгу Луны 180° . На сколько полученное при расчёте по фазе Луны и часам число больше 25, столько раз надо повторить 15° и прибавить результат к 180° . В противном случае нужно из 180° вычесть столько раз 15° , на сколько полученное число меньше 25. Таким образом, мы получим истинный пеленг Луны, т. е. угол между направлением на неё и на север.

Это несколько длинное, по необходимости, объяснение при ясном понимании явления и при тренировке даёт практически удобный и занимающий очень мало времени способ приближённой ориентировки по Луне.

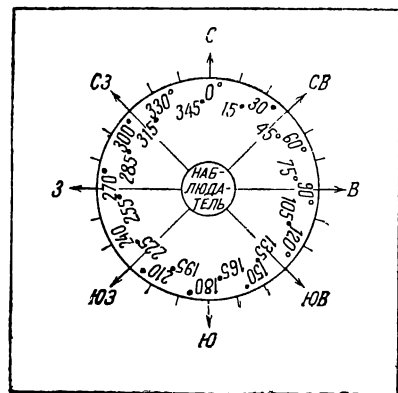


Рис. 9.

Пример. Пусть часы показывают 11 часов вечера, т. е. 23 часа. Фаза Луны такова, что она растёт, и неосвещённая часть диска составляет одну треть или 4 двенадцатых. Прибавляем 4 к 23, получаем 27. Это число больше 25 на 2 часа.

Взяв два раза по 15° , т. е. 30° , прибавляем их к 180° ; получается 210° . Луна направлена на 30° к западу от юга, т. е. находится между югом и юго-западом.

Другой пример. Показание часов 3 часа, неосвещённая часть диска стареющей Луны 5 двенадцатых, Луна несколько больше половины. Делаем расчёт:

$$\begin{aligned} 3 + 24 &= 27, & 27 - 5 &= 22, & 25 - 22 &= 3, \\ 3 \times 15^\circ &= 45^\circ, & 180^\circ - 45^\circ &= 135^\circ. \end{aligned}$$

Луна на юго-востоке.

¹⁾ Пеленг (голландское слово) определяет направление на данный предмет по отношению к направлению на север, выражается углом в градусах (рис. 9).

Фазы Луны в 1946 и 1947 гг.

(в колонках указаны числа месяцев, в которые наступят соответствующие фазы).

Месяцы	Первая четверть		Полнолуние		Последняя четверть		Новолуние	
	1946 г.	1947 г.	1946 г.	1947 г.	1946 г.	1947 г.	1946 г.	1947 г.
Январь	10	30	17	7	25	14	3	22
Февраль	9	28	16	5	24	13	2	21
Март	10	29	17	7	26	14	3	22
Апрель	8	28	16	5	24	13	2	21
Май	8	27	16	5	24	13	1, 30	20
Июнь	6	25	14	3	22	12	29	19
Июль	6	25	14	3	21	11	28	18
Август	4	23	13	2, 31	20	9	27	16
Сентябрь	3	22	11	30	18	8	25	14
Октябрь	3	22	10	29	17	7	25	14
Ноябрь	2	21	9	28	16	5	23	12
Декабрь	2, 31	20	8	27	15	5	23	12

§ 3. Звёздное небо и определение положения звёзд.

Солнцем мы можем пользоваться для ориентировки только днём, а Луна не всегда бывает видна на небе; зато во всякую безоблачную ночь над нами сияют звёзды; которые и могут служить нам хорошими путеводителями. Но для этого надо хорошо познакомиться с ними. Ведь, звёзд на небе много. Вспомним художественные строки нашего величайшего учёного и поэта Ломоносова:

«Открылась бездна звёзд полна,
Звёздам числа нет, бездне—дна».

Наблюдая много раз звёздное небо и особенно обращая внимание на более яркие звёзды, можно заметить, что они как бы образуют различные фигуры. Эти фигуры, или *созвездия*, напоминали древним наблюдателям формы животных и различных предметов; в некоторых из них они видели своих мифических героев. Отсюда созвездия получили разные названия, как: Медведица, Лебедь, Лира, Корона, Персей, Орион и пр., которые сохранились и до сих пор.

Присматриваясь к разным созвездиям, мы скоро замечаем, что в разное время они видны на разной высоте, восходят и заходят, но не меняют взаимного положения друг относительно друга. При этом они кажутся нам расположенными на некото-

ром шарообразном своде. Этот свод как бы поворачивается вокруг нас как одно целое в течение суток. На самом деле звёзды находятся от нас на различных расстояниях. Эти расстояния так велики, что наш глаз не может отличить, какие светила ближе к нам, какие дальше, а потому они нам кажутся одинаково далёкими. Шаровая поверхность отличается от других тем, что все её точки одинаково удалены от центра. Обычно шаровую поверхность, на которой как бы расположены все окружающие наблюдателя светила, называют *небесной сферой*, причём глаз наблюдателя находится в центре сферы.

Чтобы легче было определять положение тех или других светил, условились отмечать на небесной сфере точки и линии, по отношению к которым и замечают расположение светил. Эти точки и линии следует запомнить.

Всегда можно представить в месте наблюдения вертикальную линию, направление которой параллельно направлению силы тяжести. По этому направлению располагается отвес (нить,

натянутая прикреплённым к ней грузом). Вертикальная линия, продолженная вверх, пересечёт небесную сферу над головой наблюдателя в точке Z , которая называется *зенитом* (рис. 10).

Если вообразить полную сферу, то противоположная зениту точка её Z' называется *надиром*. Отсюда названия: зенитная артиллерия и надирная фотография (когда производится фотосъёмка с самолёта).

Горизонтальная плоскость, проходящая через глаз наблю-

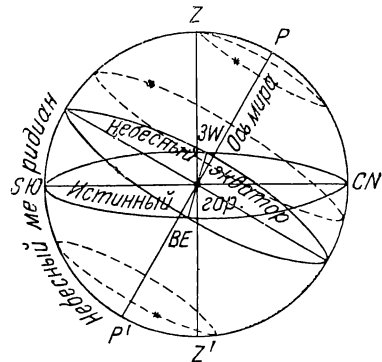


Рис. 10.

дателя, перпендикулярно к вертикали, пересечёт небесную сферу по окружности, которая называется математическим или истинным *горизонтом*, в отличие от видимого горизонта на земной поверхности, т. е. той линии, по которой небесный свод кажется нам сливающимся с поверхностью Земли. Видимый горизонт расширяется по мере поднятия над Землёй, вследствие шарообразности Земли.

Рисунок 11 изображает земной шар. Если человек находится в точке A , то он видит поверхность земли до A_1 . Поднявшись выше в точку B , он увидит дальше — до B_1 . Линии AK и $ДВ$ параллельны горизонтальной плоскости. Угол $КАА_1$, как и угол $ДВВ_1$, называется *понижением горизонта*. Сравнивая углы по-

нижения горизонта в точках A и B , мы видим, что угол тем больше, чем выше находится наблюдатель над Землёй. На высоте 10 метров понижение горизонта составляет около $6'$, на высоте 1 000 метров — уже около 1° .

При приближённой ориентировке мы можем видимый горизонт на ровной местности принимать за математический или истинный.

По отношению к истинному горизонту и зениту определяется положение звёзд. Прежде всего, мы можем измерить *высоту* светила над горизонтом. Это — угол, образуемый направлением на светило с плоскостью горизонта. Он измеряется в градусах по дуге вертикального круга (круга высоты), проходящего на небесной сфере через зенит и светило. Отрезок дуги этого круга от горизонта до светила называется *высотой*, а отрезок дуги от зенита до светила — *зенитным расстоянием*. Так как от горизонта до зенита 90° , то, зная высоту, всегда можно вычислить зенитное расстояние вычитанием высоты из 90° , и обратно.

Высота обозначается буквой h , зенитное расстояние — буквой z , причём

$$h + z = 90^\circ.$$

Но одной высотой не определяется полностью положение светила, так как на одной и той же высоте вокруг нас может быть много светил. Надо ещё отметить, над какой точкой горизонта видно светило, или в какой точке круг высоты, проведённый через светило, пересекает линию горизонта. Эту точку определяют дугой горизонта, отсчитываемой от точки юга или от точки севера в сторону суточного вращения. Дуга эта называется *азимут* и обозначается буквой A .

Азимут и высота, или зенитное расстояние, называются *горизонтальными* небесными координатами (рис. 12).

Примеры. Если азимут отсчитывать от точки юга, как это делают в астрономии, и Солнце заходит как раз в точке запада, то высота Солнца равна 0° ($h = 0^\circ$), а азимут 90° ($A = 90^\circ$).

Самая большая полуденная высота Солнца летом в Москве 58° . Если азимут отсчитывать от точки севера, то азимут

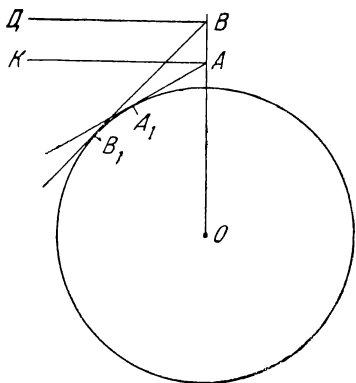


Рис. 11.

Солнца в это время равен 180° ($A = 180^\circ$), так как Солнце в полдень находится над точкой юга.

Вследствие видимого суточного вращения, высоты и азимуты светил всё время изменяются, а потому приходится указывать каждый раз время наблюдения светила.

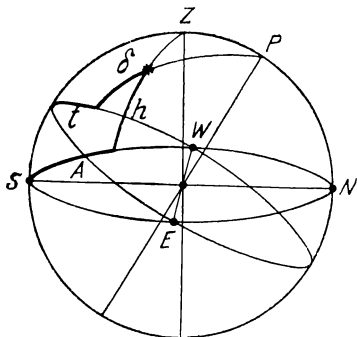


Рис. 12.

Ясное представление о видимом суточном вращении звёздного неба даёт фотография северной части небосвода (рис.13). При этом фотографический аппарат был направлен на точку, вокруг которой нам кажется вращающимся всё звёздное небо и которая называется *полюсом мира*. Снимок производился при неподвижном аппарате в течение нескольких часов. Все дуги, представляющие следы звёзд

на фотографической пластинке, соответствуют одному углу поворота около полюса мира. Если бы мы, заметив расположение звёзд, на следующий вечер, через сутки, встали опять на то же место, то увидели бы над собой приблизительно такое же расположение звёзд. Это видимое суточное вращение звёздного неба, как установлено ещё со времён Коперника (XVI век), есть явление кажущееся и происходит потому, что наш земной шар непрерывно вращается в противоположном направлении (с запада на восток). Мы, находясь на Земле и вращаясь вместе с ней, этого вращения не замечаем. Зато мы видим, как все окружающие нас светила совершают оборот вокруг нас с востока на запад. По этой же причине нам кажется, что и Солнце и Луна восходят на восточной стороне и совершают свой суточный путь по небу.

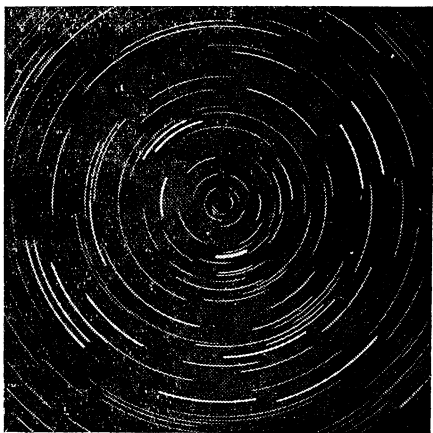


Рис. 13.

Наблюдаемое нами суточное вращение звёздного неба является отражением действительного вращения Земли и даёт нам возможность представить себе прямую, около которой происходит это вращение, — *ось мира*. Эта линия, проходящая через центр небесной сферы, за который можно считать глаз наблюдателя; пересекается с нею в двух противоположных точках — полюсах мира; северном P и южном P' (рис. 10). Плоскость, проведённая через центр небесной сферы перпендикулярно к оси мира; пересечёт эту сферу по окружности, которая называется *небесным экватором*. Небесный экватор пересекает горизонт в точках востока и запада.

Небесный экватор делит всю небесную сферу на два полушария — северное и южное. Представим себе ещё плоскость; в которой лежат вертикальная линия и ось мира (плоскость чертежа). Эта плоскость пересечёт небесную сферу по окружности, называемой *небесным меридианом*. Небесный меридиан обязательно должен проходить через точку зенита Z и полюс мира P . Те же точки, где небесный меридиан пересекает горизонт, — это как раз точка севера (C или N — под полюсом мира на горизонте) и точка юга ($Ю$ или S). Значит, мы будем знать точно направления на север и юг, если сумеем провести на небесной сфере меридиан, а в этом нам и помогут звёзды.

При видимом суточном вращении звёздного неба, а стало быть; и небесной сферы, звёзды описывают на небесной сфере круги, параллельные небесному экватору. При этом, чем ближе звезда к полюсу мира, тем меньше эти круги (рис. 13).

В течение ночи мы можем заметить, как звёзды в восточной половине неба поднимаются всё выше над горизонтом, занимают своё самое высокое положение, — когда они попадают на меридиан, — а затем, переходя в западную половину неба, опускаются всё ниже.

Положение светил на небесном меридиане называется их *кульминацией*. Различаются верхняя и нижняя кульминации: верхняя — в той половине меридиана от полюса до полюса, которая проходит через точку юга, а нижняя — в той половине меридиана, которая проходит через точку севера.

Например, полдень — это тот момент, когда Солнце бывает в верхней кульминации, а полночь; — когда оно находится в нижней кульминации.

Напомним, что прямая, проведённая от точки севера к точке юга, называется полуденной линией. По этой линии, как видно на рисунке 10, пересекаются друг с другом плоскости истинного горизонта и небесного меридиана.

§ 4. Ориентировка по звёздам.

Для свободной ориентировки по звёздам необходимо путём неоднократных наблюдений тщательно изучить звёздное небо, запомнить расположение главнейших звёзд и их групп, или созвездий.

Приложенная в конце книги подвижная карта звёздного неба поможет находить эти созвездия на небе. Отдельные звёзды в созвездиях принято обозначать буквами греческого алфавита (см. «Приложения» в конце книги). Наиболее же яркие звёзды имеют свои особые названия.

Начнём знакомство со звёздами с той области неба, которая окружает полюс мира (северная сторона). Наиболее приметно здесь созвездие **Б о л ь ш о й М е д в е д и ц ы**. Своими семью наиболее яркими звёздами оно напоминает ковш. Заметив его на небе, мы в том или ином направлении от него будем находить и другие созвездия (рис. 14).

Идя глазом по прямой от звезды β к α Б. Медведицы и дальше, примерно, на пятикратное расстояние, мы встретим сравнительно яркую звезду, которая находится вблизи самого полюса мира (на 1° от него) и называется поэтому «Полярная». При суточном вращении звёздного неба эта звезда остаётся почти на одном месте. Все остальные звёзды как бы описывают вокруг неё свои суточные круги, которые чем дальше от неё, тем больше. Таким образом, Полярная звезда находится всегда вблизи небесного меридиана, проходящего через зенит и полюс мира и определяющего направление на север и юг. Отсюда получаем правило: *если мы найдём на небе Полярную звезду и станем к ней лицом, то прямо перед нами будет север, сзади—юг, направо—восток, налево—запад*. Так, по Полярной звезде мы можем довольно легко и хорошо ориентироваться. Она является наиболее надёжным ориентиром для определения направления. Азимут Полярной звезды, считая от точки севера, — 0 или 360° , а от точки юга — 180° .

Курсовой угол Полярной звезды всегда можно определить на-глаз относительно продольной оси самолёта и его плоскостей с точностью до нескольких градусов. Конечно, требуется хотя бы небольшая тренировка.

П р и м е р. Пусть самолёт должен лететь по курсу 60° . Это значит, что азимут, отсчитываемый от точки севера, должен быть равен 60° . Направляют самолёт точно на Полярную звезду. В таком случае курс самолёта 0° . Затем подыскивают на небе звезду, имеющую азимут 60° , и развёртывают на неё самолёт.

Полярная звезда относится к созвездию Малой Медведицы, в котором остальные звёзды более слабые. Но при вниматель-

ном наблюдении, особенно в ясную безлунную ночь, можно заметить фигуру из семи звёзд, похожую на ковш или кастрюлю меньшего размера, чем Большая Медведица. Полярная звезда находится в конце рукоятки этого ковша.

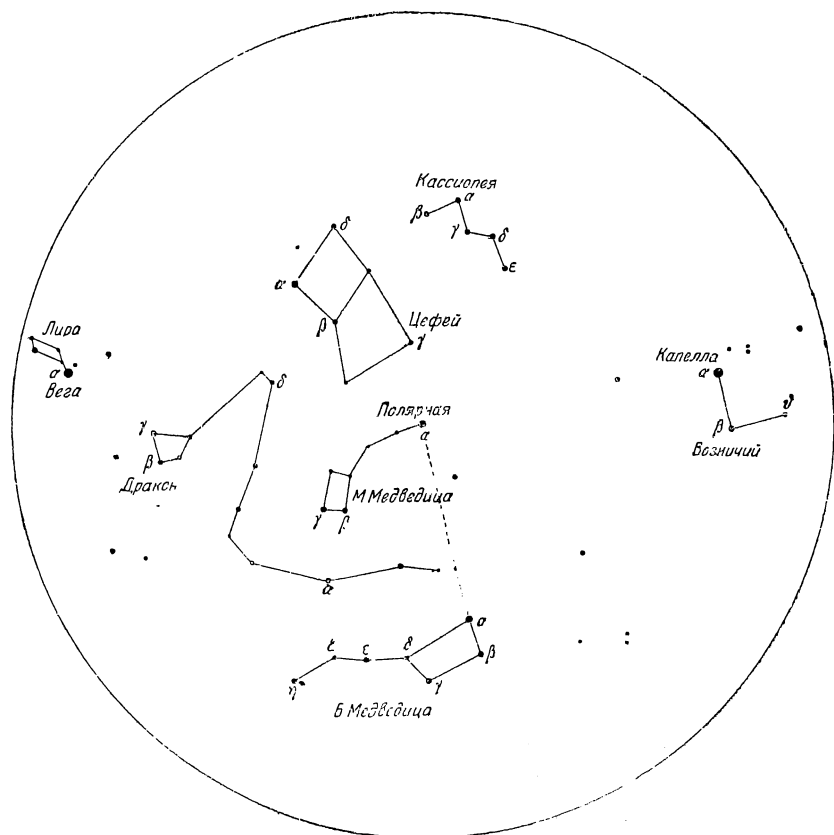


Рис. 14.

Если посмотреть от Полярной в сторону, противоположную Большой Медведице, то обращает на себя внимание созвездие, похожее своими яркими пятью звёздами на ломаную линию наподобие буквы М. Это созвездие — К а с с и о п е я (имя легендарной эфиопской царицы). Оно расположено почти симметрично с Б. Медведицей по другую сторону Полярной.

Проследим направление от Кассиопеи к Б. Медведице и проведём мысленно линию через Полярную звезду под прямым углом к этому направлению. На несколько большем расстоянии

от Полярной, чем Б. Медведица, мы увидим с одной стороны очень яркую звезду Капеллу в созвездии Возничего, с другой стороны—такую же яркую звезду Вега в созвездии Лиры (рис. 14). Капелла находится в той области неба, куда обращён ковш Б. Медведицы, а Вега—в той области, куда обращена рукоятка.

Созвездия, окружающие Полярную, которые указаны на рисунке 14; в наших широтах почти всегда бывают над горизонтом в северной половине неба. Но вследствие видимого суточного вращения вся эта картина как бы поворачивается так, что Б. Медведица идёт вперёд своим «ковшом». Если Б. Медведицу мы видим внизу над горизонтом (как на рис. 14), то Кассиопею найдём высоко над головой, Капеллу—направо, к востоку, а Вега—налево, к западу. Через 6 часов Б. Медведица перейдёт на правую сторону к востоку, Кассиопея—на левую сторону к западу, Капелла поднимется высоко над головой, а Вега будет у самого горизонта и т. д.

Надо научиться отыскивать на небе и другие звёзды, которые могут понадобиться для ориентировки.

Если мы будем осматривать области неба, расположенные дальше от полюса мира, нам придётся уже повернуться к южной стороне неба. Мы увидим там созвездия, которые вследствие суточного вращения через определённое время будут заходить за горизонт, а с востока при этом будут подниматься новые созвездия. Поэтому в разные часы ночи мы будем видеть на южной стороне неба различные созвездия.

Точно так же, если наблюдать звёздное небо, хотя бы и в один и тот же час, но в разные вечера на протяжении целого года, то перед нами будет различная картина. Здесь уже причиной является не суточное вращение, а годичное движение Земли вокруг Солнца. Ведь, звёзды мы видим только по ночам, когда мы обращены в противоположную сторону от Солнца и небо не освещено Солнцем. А обходя вместе с Землёй вокруг Солнца, мы в разное время года будем видеть и различные звёзды в противоположной стороне от Солнца.

Таким образом, вид неба будет различен и в разные часы, и в разные дни. Например, те созвездия, которые мы видели по ночам осенью в южной стороне неба, весной мы уже не увидим совсем: они зайдут за горизонт ещё до наступления ночи, и перед нами будут другие созвездия. Вот почему при описании созвездий, расположенных на небе далеко от полюса мира; нам приходится отмечать и то время года; в которое они бывают видны.

В зимние вечера на небе нельзя не заметить яркого красивого созвездия Ориона, бросающегося в глаза своими тремя рядом

стоящими звёздами (рис. 15). В декабре около полуночи Орион расположен почти над точкой юга; в январе это бывает около 10 часов вечера.

Правее и выше Ориона; между ним и Возничим, расположено созвездие Тельца, приметное своей кучкой слабых звёзд под названием Плеяды. Между Плеядами и Орионом сияет яркая звезда α Тельца—Альдебаран.

С противоположной стороны Ориона, несколько ниже; блещет самая яркая звезда всего нашего неба—Сириус, входящая в созвездие Большого Пса. Сириус составляет почти равносторонний треугольник с верхней звездой Ориона α под названием Бетельгейзе и яркой звездой Прокцион в созвездии Малого Пса. Ещё выше Прокциона; почти на продолжении линии, соединяющей β и α Ориона, мы видим две яркие, рядом стоящие звезды созвездия Близнецов (Кастор и Поллукс). Таким образом, вся южная половина зимнего звёздного неба весьма богата яркими звёздами.

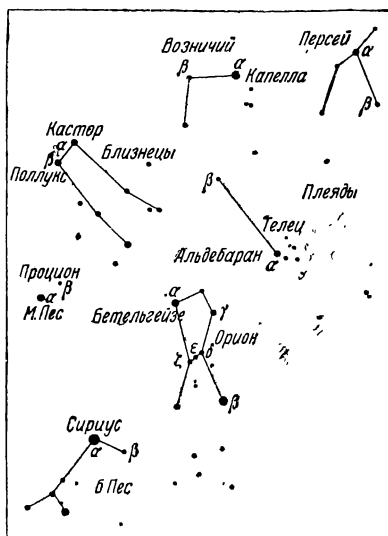


Рис. 15.

По видимой яркости звёзды делятся на классы, которые называются звёздными величинами. Примером звезды первой величины может служить Альдебаран в созвездии Тельца, Полярная же и звёзды Б. Медведицы слабее и относятся к звёздам второй величины. Такие звёзды, как Капелла, Вега, ещё ярче, чем Альдебаран, и относятся к звёздам нулевой звёздной величины. Ещё ярче Сириус. Самые слабые звёзды, доступные невооружённому глазу, относятся к 6-й звёздной величине.

Весной на южной стороне неба мы находим созвездие Льва (в марте около полуночи оно находится над точкой юга); в котором заметна фигура неправильного четырёхугольника, похожего на трапецию (рис. 16). Его наш взгляд встретит, скользя по небу от Полярной через край ковша Б. Медведицы. Следует отметить яркую звезду α Льва под названием Регул. По яркости она близка к звёздам первой величины.

Ближе к лету с вечера Лев уже виден склоняющимся к западу; а на южной стороне неба сияет звезда почти нулевой звёзд-

ной величины— α Волопаса под названием Арктур (к началу мая она располагается около полуночи над точкой юга). Её легко найти, если проследить глазом по кривой, продолжающей рукоятку «ковша» Б. Медведицы. Рядом с созвездием Волопаса выделяется своим полукругом небольшое созвездие Северной Корона.

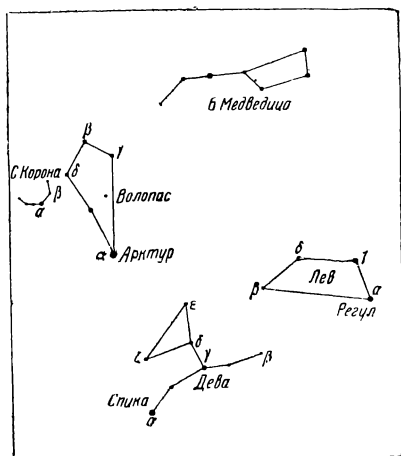


Рис. 16.

В июле—августе около полуночи мы найдём на юге по соседству с Вегой высоко стоящее характерное созвездие Лебедя (рис. 17), в виде большого креста, напоминающего летящую птицу, с главной звездой Денеб. Под ним—созвездие Орла, бросающееся в глаза своими рядом стоящими тремя звёздами, средняя из которых ярче всех. По этим созвездиям и далее через Кассиопею, Возничий, Близнецы проходит слабо светящаяся полоса, называемая *Млечным путём*.

Южная сторона осеннего звёздного неба занята вытянувшимися в одну линию и расположенными почти на одинаковом расстоянии друг от друга звёздами созвездия Андромеды (рис. 17). Звезда α Андромеды, имеющая название Альферац, вместе с тремя звёздами созвездия Пегаса составляет большого размера четырёхугольник, почти квадрат. С другой стороны от Андромеды (к востоку) сверкает своей цепочкой звёзд созвездие Персей. Яркая звезда α Персея как бы составляет продолжение Андромеды.

Квадрат Пегаса располагается над точкой юга около полуночи в сентябре, а в ноябре приходит на это место над горизонтом Телец с Плеядами, о которых уже была речь.

Мы указали здесь расположение определённых созвездий около полуночи в разные месяцы. Надо заметить, что все звёзды в течение года сдвигаются в сторону запада. Через месяц те созвездия, которые находились над точкой юга в полночь, располагаются над той же точкой на два часа раньше, через полмесяца—на час раньше, через два месяца—на четыре часа раньше и т. д. Наоборот, в предыдущем месяце те же созвездия около полуночи находились ещё в юго-восточной стороне и поднимались над точкой юга двумя часами позднее полуночи.

Пользуясь всяким случаем, когда небо ясно, следует с помощью карты и руководясь сделанными выше указаниями, научиться быстро и безошибочно находить главнейшие созвездия и отдельные яркие звёзды. В особенности нужно обратить вни-

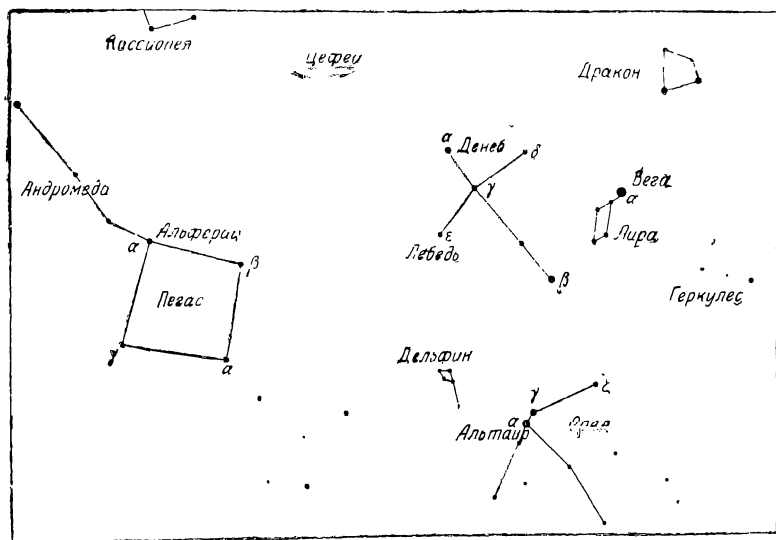


Рис. 17.

мание на те звёзды, которыми чаще всего пользуются для ориентировки в практике аэронавигации. Приведём их отдельно с более детальными данными (см. звёздную карту в конце книги).

Полярная (α М. Медведицы)—второй звёздной величины, видна всегда почти на одном и том же месте в северной стороне неба, находится на продолжении края ковша Б. Медведицы или на перпендикуляре, опущенном из средней звезды Кассиопеи γ на линию, соединяющую звёзды β и ϵ Кассиопеи.

Капелла (α Возничего)—нулевой звёздной величины, желтоватого цвета; видна высоко над горизонтом в первую половину зимы на продолжении линии, соединяющей η и ζ Б. Медведицы, в сторону «ковша» её; по соседству с ней в направлении Кассиопеи находится Персей, а с противоположной стороны созвездие Близнецов, которое располагается над точкой юга в декабре около полуночи.

Вега (α Лиры)—нулевой звёздной величины, белого цвета. Высоко над горизонтом видна летом в первую половину ночи. Находится приблизительно на продолжении линии, соединяющей γ и ϵ Б. Медведицы, в сторону рукоятки ковша Б. Мед-

ведицы, около неё—маленький четырехугольник из слабых звёзд. По соседству с ней расположено созвездие Лебедь; видимое на юге в начале июля около полуночи.

Альдебаран (α Тельца)—первой звёздной величины; красноватого цвета; при видимом суточном вращении ей предшествует звёздная куча Плеяды; а за ней следует особенно бросающийся в глаза своей характерной фигурой Орион. Зимой Альдебаран поднимается достаточно высоко над горизонтом в первую половину ночи.

Процион (α М. Пса)—несколько ярче первой величины, белого цвета; находится по другую сторону от Ориона по отношению к Альдебарану в левой верхней вершине равностороннего треугольника, составленного ярким Сириусом и Бетельгейзе (α Ориона); над точкой юга бывает в январе около полуночи.

Регул (α Льва)—первой звёздной величины; находится в правой нижней вершине четырёхугольника—трапеции созвездия Льва; поднимается над горизонтом в весенние месяцы, бывает над точкой юга в марте около полуночи.

Арктур (σ Волопаса)—нулевой звёздной величины, желтоватого цвета; находится на продолжении кривой рукоятки ковша Б. Медведицы, по соседству с Северной Коронай; виден высоко над горизонтом к концу весны и началу лета; а над точкой юга—в мае; около полуночи.

Альтаир (α Орла)—первой звёздной величины; средняя из трёх рядом стоящих звёздочек созвездия Орла; расположенного ниже Лиры и Лебеда; над точкой юга бывает в конце июля около полуночи.

Альферац (α Андромеды)—второй звёздной величины; находится в направлении, идущем от Полярной через β Кассиопеи, в левой верхней вершине квадрата Пегаса, расположенного между Кассиопеей и Лебедем, несколько ниже их; поднимается сравнительно высоко осенью и бывает над точкой юга в сентябре около полуночи.

§ 5. Приближённое определение времени по звёздам.

Когда нет часов, небо с его светилами может помочь нам ориентироваться не только на местности, но и по времени. Самые сутки, которыми мы измеряем время, связаны с периодом вращения Земли около её оси. При этом мы наблюдаем вращение всего неба с его светилами.

Уже по положению Солнца днём на небе можно сказать приблизительно сколько времени, если вспомнить, что около 7 часов Солнце бывает над точкой востока, в полдень—над точкой юга и около 19 часов—над точкой запада. Замечая много раз поло-

жение Солнца, можно приучиться на-глаз определять время с точностью до получаса. Надо заметить; что зимой (в декабре — январе) в наших местах Солнце восходит около 9 часов и заходит около 17 часов.

Ночью указателем времени могут служить звёзды и среди них прежде всего Б. Медведица; которую мы всегда можем найти на безоблачном небе. Она, как и все звёзды, совершает свой суточный оборот вокруг полюса мира. Для приближённого определения времени мы можем наметить на небе «стрелку», проходящую от Полярной звезды к двум крайним звёздам ковша Б. Медведицы (α и β). Эта стрелка как бы закреплена у Полярной звезды и за сутки делает полный оборот вокруг неё. При этом за один час стрелка поворачивается своим концом приблизительно на ширину ковша (промежуток между β и γ), за два часа вся Б. Медведица очень заметно изменит своё положение; а за 6 часов она сделает четверть своего полного оборота (рис. 18). Зная это, следует напрактиковаться сначала с часами, а потом на-глаз определять протекшее время по «стрелке» Б. Медведицы. Приобретая такой навык, разведчик, выходя на разведку, замечает на небе положение Б. Медведицы, а по часам — тот час, когда он вышел. Потом уже, наблюдая движение «небесной стрелки», он может сказать, хотя и приближённо, сколько прошло времени.

Наиболее удобно определять время по Б. Медведице в осенние и зимние вечера. В день осеннего равноденствия, 23 сентября, около 0 часов по декретному времени, «стрелка» Б. Медведицы бывает направлена прямо вниз от Полярной звезды к точке севера. Благодаря изменению вида ночного неба в течение года, происходящему вследствие движения Земли вокруг Солнца, такое же положение Б. Медведицы наблюдается через месяц, в конце октября, уже около 22 часов, в конце ноября — около 20 часов и т. д. Во время зимнего солнцестояния, в конце декабря, «стрелка» Б. Медведицы в полночь горизонтальна и направлена вправо от Полярной звезды. К весеннему равноденствию, в кон-

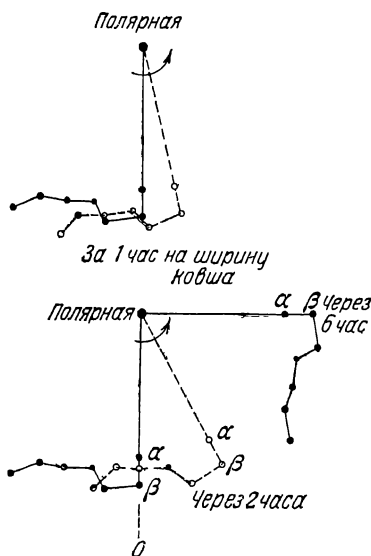


Рис. 18.

це марта, небесная стрелка в полночь опять принимает вертикальное положение, но направлена вверх от Полярной, так как

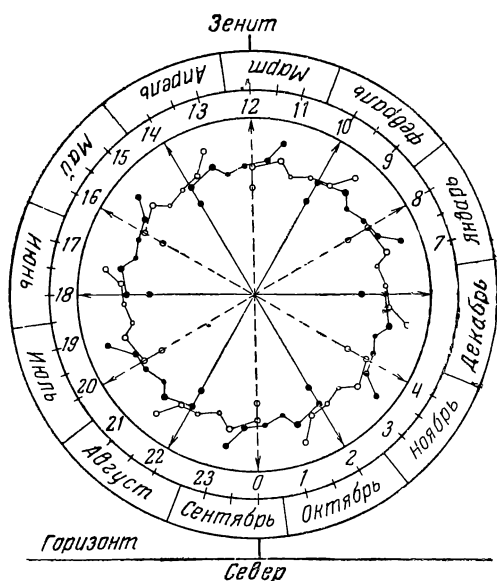


Рис. 19.

Б. Медведицу в это время мы видим высоко над головой. В конце июня, во время летнего солнцестояния, небесная стрелка в полночь бывает вновь горизонтальной, но направлена уже влево от Полярной звезды.

На рисунке 19 в центре расположен полюс мира, в котором приблизительно находится Полярная звезда; Б. Медведица показана в различных положениях, как она может быть видна в различные часы в тот или иной месяц. Для ориентировки отмечен горизонт и его северная точка. Надо

стать лицом к Полярной; тогда вниз к горизонту от Полярной будет север, выше зенит.

Небесная стрелка с Б. Медведицей изображена через каждые два часа. На внешнем круге указано, какое положение Б. Медведицы по отношению к горизонту бывает в полночь в том или ином месяце. Основным взят день, когда небесная стрелка направлена в полночь прямо вниз на север, — это бывает, как уже сказано выше, около 22 сентября. Для этого дня и поставлены цифры у внутреннего круга, обозначающие часы суток. Для какого-нибудь другого месяца надо представить себе эти цифры все передвинутыми так, чтобы цифра 0 приходилась против данного месяца. Тогда будет видно, в котором часу в данном месяце небесная стрелка показывает на север. Месяцы на рисунке 19 разделены на 4 части, т. е. приблизительно на недели.

Пример 1. 22 ноября (приблизительно за неделю до конца ноября) в 0 часов Б. Медведица расположена по отношению к горизонту так, что её стрелка направлена к третьему делению ноября (рис. 19). Если же мы представим себе все цифры передвинутыми так, чтобы на третьем делении ноября стоял 0, то над севером станет цифра 20. Это значит, что 22 ноября стрел-

ка Б. Медведицы направлена вниз к северу около 20 часов, или, что то же, около 8 часов вечера.

Пример 2. В 0 часов 15 августа стрелка Б. Медведицы направлена к среднему делению августа (рис. 19). Передвинув все цифры часов так, чтобы на среднем делении августа стояла цифра 0, мы увидим, что 15 августа стрелка будет направлена к северу в $2\frac{1}{2}$ часа ночи.

Пример 3. 1 января стрелка в 0 часов должна быть направлена на начало января. Если мы передвинем цифры так, чтобы 0 стоял против черты, разделяющей декабрь и январь, то для 1 января получим направление стрелки на север в $17\frac{1}{2}$ часов, т. е. в $5\frac{1}{2}$ часов вечера.

Чтобы легче ориентироваться в положениях Б. Медведицы в различные часы и в разные месяцы, мы предлагаем устроить подвижную модель «Полярные звёздные часы». В конце книги приложены две отпечатанные части этих часов:

- 1) неподвижная, с горизонтом, точкой севера, направлением на зенит и кругом, на котором нанесены месяцы;
- 2) подвижная с Полярной звездой у центра и положениями Б. Медведицы через каждые два часа.

Подвижную часть надо вырезать по внешнему кругу, сделав выемку в одном месте, около цифры—24, как это показано пунктирной линией, наложить её на неподвижную так, чтобы центры кругов совпали, и скрепить их булавкой в центре.

При пользовании подвижной моделью надо повернуть верхнюю часть относительно нижней так, чтобы вырез стоял на соответствующем месте, а север был направлен вниз. Тогда цифры на внутреннем круге будут показывать часы ночи, соответствующие положению Б. Медведицы относительно горизонта. Месяцы разделены чёрточками на недели.

Приведём еще один способ определения времени по звёздам, основанный на сравнении части неба около полюса мира с циферблатом часов. Циферблат часов разделён на 12 часов. Каждому часовому делению циферблата соответствует поворот небесной сферы за 2 часа. Надо представить себе циферблат на небе с центром в Полярной звезде (рис. 20); над ней будет цифра 12, под ней—6, справа—3, слева—9. По этому воображаемому циферблату отсчитываем показание нашей небесной стрелки. На рисунке это будет 6,5 часа. Затем найдём номер месяца от начала года с десятиными долями, прошедшими от начала месяца до данного дня (каждые 3 дня считаем за одну десятую долю месяца). Например, для 12 октября надо взять число 10,4. Полученное число складываем с показанием часов

и умножаем на 2: $(6,5 + 10,4) \times 2 = 33,8$. Это число надо вычитать из некоторого постоянного для небесной стрелки Б. Медведицы числа, а именно 55,3, чтобы получить время в данный момент, т. е.

55,3—33,8=21,5 часа, или 9½ часов вечера. Если бы после вычитания получилось число больше 24, то нужно вычесть из него 24.

Постоянное число 55,3 зависит от определённого расположения Б. Медведицы среди других звёзд на небесной сфере.

Можно было бы взять и другую небесную стрелку, закреплённую также в полюсе мира, например стрелку, проходящую от Полярной к самой яркой после неё звёз-

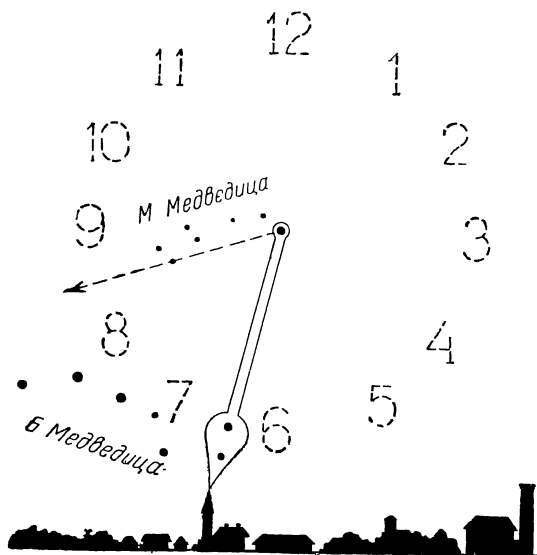


Рис. 20.

дочке Малой Медведицы. На рис. 19 она показывает на том же циферблате 8,4 часа. Для такой стрелки постоянное число будет иное, а именно 59,1.

В этом случае расчёт будет такой:

$$(8,4 + 10,4) \times 2 = 37,6,$$

$$59,1 - 37,6 = 21,5 \text{ часа.}$$

Как видно, результат расчёта получается одинаковый.

ГЛАВА II.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА НА ЗЕМЛЕ.

§ 1. Географические координаты.

Знать, в каком месте Земли, моря или над каким местом Земли в воздухе мы находимся, уметь определить, как расположены одни места на Земле относительно других,—это важнейшая задача для всех, начиная от бойца-разведчика и кончая офицером. Каждый должен уметь пользоваться картой мест-

ности. На карту наносятся точками или теми или иными условными знаками различные населённые и прочие пункты на Земле. Самое составление карт, умение пользоваться ими и, что самое важное, умение определить, где мы находимся, если мы попали в незнакомую местность или если мы летим на большой высоте, не видя земных предметов, — всё это требует знакомства со способами определения места на Земле.

Всем известно, что Земля наша представляет собой огромный шар, по поверхности которого мы и перемещаемся. Чтобы определить более или менее точно положение места на Земле, нужно условиться, по отношению к чему измерять расстояния до всех пунктов. Если мы представим себе, что наш земной шар всё время вращается, то мы можем вообразить себе ось его вращения как прямую линию, проходящую через две противоположные точки на Земле, остающиеся при его вращении неподвижными. Такие точки мы называем *земными полюсами*: один — северный, в нашем полушарии, другой (противоположный) — южный. Проведём мысленно через центр Земли плоскость, перпендикулярную (под прямым углом) к земной оси. Эта плоскость пересечёт земную поверхность по большому кругу, проходящему посередине между полюсами — всюду на одинаковом расстоянии от них. Круг этот называется *земным экватором*. Он делит Землю на два полушария: северное, где мы живём, и южное. Экватор занимает постоянное место на Земле; от него и условились отсчитывать расстояние до любого пункта (рис. 21). А так как Земля — шар, то расстояние измеряется в градусах дуги круга или соответствующего угла при центре Земли.

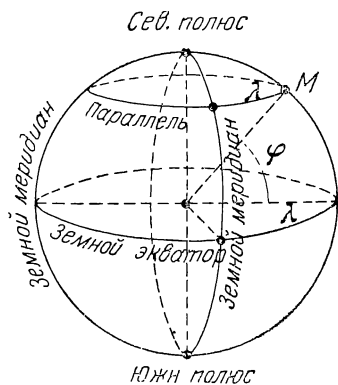


Рис. 21.

Круг этот получится, если представить себе пересечение Земли плоскостью, проходящей через Земную ось и данный пункт. Такой круг называется *земным меридианом*. Полный круг делится на 360° (градус делится на шестьдесят минут — $60'$, минута на шестьдесят секунд — $60''$). От экватора до полюса по меридиану — четверть круга, т. е. 90° . Расстояние в градусах по меридиану от экватора до данного пункта называется *широтой места* и обозначается греческой буквой φ . Широту различают северную и южную, смотря по тому, в каком полушарии находится данное место. Иногда северную широту пишут со знаком $+$,

а южную со знаком —. Например, Москва имеет широту $55^{\circ}45'С$, или $+55^{\circ}45'$ и отстоит на $34^{\circ}15'$ от северного полюса. Южный тропик Козерога лежит на широте $23^{\circ}27' Ю$, или $-23^{\circ}27'$.

Но на широте, положим, $55^{\circ}45'$ лежит не одна Москва, а все те места земной поверхности, которые находятся на одинаковом расстоянии от экватора, или, как говорят, лежат на одной параллели.

Чтобы отличить два разных места, лежащих на одной и той же параллели, друг от друга, нужно отмечать расстояния их от одного и того же меридиана. Для этого условились один из земных меридианов считать за начальный или главный. По международному соглашению за начальный принят меридиан, проходящий через астрономическую обсерваторию в Гриниче, близ Лондона. Расстояние в градусах от начального или гриничского меридиана по экватору или параллели до данного пункта называется *долготой места* и обозначается буквой λ . Долгота отсчитывается от 0 до 180° к востоку или западу от начального меридиана и различается *восточная* и *западная*. Восточная долгота обозначается буквой В, западная — буквой З. Например, долгота Москвы $37^{\circ}34' В$.

Широта и долгота места составляют *географическую систему координат* (координата—слово латинское, в русском переводе оно означает «определяющая»). Положение места на поверхности земли вполне определяется его географическими координатами: широтой и долготой.

§ 2. Географические карты.

Для составления географических карт строится сетка линий, состоящая из меридианов и параллелей, проведённых через определённое число градусов. Большую трудность в изображении поверхности Земли представляет то, что карта чертится на плоском листе бумаги, а земная поверхность—шаровая, которая с плоскостью не совмещается, и при перенесении на плоскость неминуемо получается искажение изображения.

Надо заметить, что размеры земного шара так велики (радиус земного шара равен $6371 км$, а окружность большого круга— $40\,000 км$), что равнина на Земле, как и морская гладь, представляется нашему глазу плоской. Сравнительно малые участки земной поверхности, размером в несколько квадратных километров, можно принять за плоскость, и в таком случае перенесение на бумагу в определённом масштабе (например $1 см$ вместо $1 м$, или $1 см$ вместо $10 м$) действительного расположения пунктов даёт нам план местности—её уменьшённое подобное изображение.

При изображении более обширных областей надо соответствующую часть шаровой поверхности Земли проектировать на плоскость, т. е. тем или другим способом отмечать на плоскости точки, соответствующие точкам шаровой поверхности.

Существует несколько способов изображения земной поверхности на плоской карте и, соответственно, несколько картографических проекций. Каждая карта имеет свою градусную сетку, по краям которой наносятся цифры, обозначающие число градусов широты и долготы.

Чаще всего встречаются проекции *поликоническая* и *цилиндрическая* (Меркатора) (рис. 22)¹⁾.

В поликонической проекции часть поверхности земли между двумя определёнными параллелями переносится на поверхность конуса, который пересекает шар по данным параллелям или касается шара. В меркаторской проекции поверхность земного

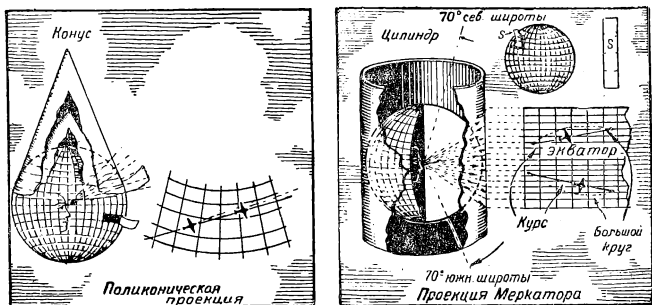


Рис. 22.

шара переносится на поверхность цилиндра, который касается земного шара по экватору. Как коническая, так и цилиндрическая поверхности, развёртываясь, укладываются на плоскости. Коническая проекция даёт сетку с прямолинейными меридианами, которые расходятся от полюса, и с параллелями в виде дуг концентрических окружностей. Сетка меркаторской проекции вся прямолинейная: параллели изображаются прямыми, параллельными экватору; меридианы — прямыми, перпендикулярными к параллелям. Эта прямолинейность делает меркаторскую сетку во многих случаях особенно удобной. На шаре расстояние между меридианами тем меньше, чем дальше от экватора к полюсам, а расстояния между параллелями одинаковые. На меркаторской сетке расстояния между меридианами везде одинаковые, расстояния же между параллелями тем больше, чем

¹⁾ Рисунки 2 и 22 взяты из книги «Ваши крылья» Ассен Джорданова.

ближе к полюсам. На рисунке 33 можно видеть карту в меркаторской проекции. Масштаб на такой карте одинаков только на одной и той же параллели, при переходе же от одной параллели к другой по меридиану масштаб возрастает с увеличением широты. Следовательно, области одинаковой величины, лежащие ближе к экватору, на меркаторской карте будут сравнительно меньше по площади, чем такие же области, находящиеся у полюсов. На карте же в конической проекции масштаб везде приблизительно одинаков. Обе проекции равноугольные, т. е. на них правильно изображаются углы между линиями на земной поверхности.

Прежде чем пользоваться картой, необходимо хорошенько рассмотреть её сетку с помеченными на краях цифрами широт и долгот, масштаб и условные обозначения. Надо заметить, что на некоторых старых картах у нас долготы показаны не от гриничского, а от пулковского меридиана. Долгота Пулкова относительно Гринича равна $30^{\circ}20'$, долгота Москвы от Пулкова $7^{\circ}14'$, а от Гринича $7^{\circ}14' + 30^{\circ}20' = 37^{\circ}34'$.

Внизу карты обычно помещается масштаб в виде линейки с делениями, который указывает, сколько километров или вёрст содержится в одном или нескольких делениях, соответствующих такому же расстоянию на карте. Например, 10 км в 1 сантиметре (миллионка), 25 вёрст в дюйме (двадцатипятивёрстка) и пр. Тут же ставится дробь, показывающая, какую долю действительного расстояния составляет расстояние на карте, или, что то же, во сколько раз уменьшено действительное расстояние.

Зная разность широт двух мест, лежащих на одном меридиане, можно вычислить расстояние между ними в километрах. В самом деле, измерения на Земле показали, что дуга земного меридиана в 1° приблизительно равна 111 км . Значит, если два пункта имеют одинаковую долготу, т. е. лежат на одном меридиане, то расстояние между ними получится, если 111 км умножить на разность их широт в градусах.

Например, Курск и Харьков имеют приблизительно одинаковую долготу $36\frac{1}{4}^{\circ} \text{ В}$; широта Курска $51^{\circ}44' \text{ С}$, широта Харькова $50^{\circ}0' \text{ С}$. Разность широт Курска и Харькова

$$51^{\circ}44' - 50^{\circ}0' = 1^{\circ}44' = 1^{\circ},7.$$

Расстояние по прямому направлению (для самолёта) получится:

$$111 \text{ км} \cdot 1,7 = 190 \text{ км (круглым числом)}.$$

Точные измерения в различных местах Земли показали, что дуга меридиана в 1° не везде одинакова, а изменяется с широтой, причём оказывается длиннее к полюсу и короче к экватору. Но это изменение сравнительно невелико: от $110,6 \text{ км}$

у экватора до 111,7 км у полюса. Разница составляет всего только около 1 км.

Это связано с тем, что Земля в действительности не точный шар, а несколько сплюснута у полюсов, так что меридиан имеет форму эллипса, правда, очень мало сжатого. Радиус его на экваторе равен 6378,4 км, а на полюсе 6356,9 км, т. е. короче на 21,5 км. Это составляет всего приблизительно $\frac{1}{300}$ долю радиуса Земли. Поэтому при всех приближённых расчётах мы вполне можем принимать Землю за шар со средним радиусом 6371 км и длиной дуги 1° меридиана, равной 111 км.

§ 3. Звёздные карты.

Подобно географической карте, на которой видно расположение различных пунктов на Земле, можно составить и звёздную карту, которая даст общую картину расположения созвездий на небесной сфере. Эти созвездия, как уже отмечалось нами раньше, всегда занимают одно и то же положение относительно друг друга. Благодаря тому, что мы находимся на земной поверхности, мы видим над собой только половину небесной сферы, но благодаря суточному вращению над нами постепенно проходят и те созвездия, которые перед этим были под нашим горизонтом, если только они не являются невосходящими. Чтобы составить звёздную карту, надо иметь для звёзд, подобно тому, как и для различных городов и пунктов на Земле, их координаты, при помощи которых и наносить на карту положение звёзд. Положение звёзд на небе мы уже научились определять горизонтальными координатами: высотой и азимутом. Но высоты и азимуты звёзд всё время меняются благодаря суточному вращению небесной сферы, а кроме того, они различны и для разных мест наблюдения, — нельзя же составлять отдельную карту для каждого места и каждого момента времени. Поэтому введена ещё другая система небесных координат, в которой они, как и географические координаты, отнесены к экватору, но только на небесной сфере. Эта система называется *экваториальной*. Её легче можно уяснить себе, если представить небесную сферу окружающей всю Землю (рис. 23).

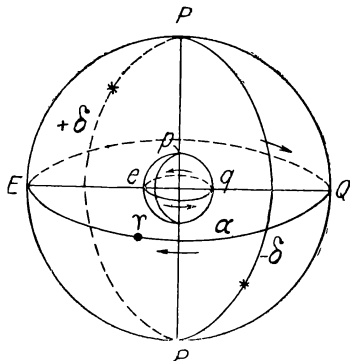


Рис. 23.

Вращение небесной сферы есть результат вращения Земли в обратном направлении, а стало быть, направление оси мира — это и есть направление оси вращения Земли. Как на земном шаре, мы проводим экватор перпендикулярно к оси, а через полюсы — меридианы, так подобные же круги мы можем провести и на небесной сфере.

На небесной сфере также получаются две координаты, но в отличие от географических им даны другие названия. Та координата, которая показывает, как далеко звезда расположена от небесного экватора, называется *склонением* и обозначается буквой δ . Склонение измеряется углом (в градусах) между направлением к звезде и плоскостью экватора или (рис. 12 на стр. 20) дугой большого круга, проходящего через звезду и полюс мира, от экватора до звезды. Так как экватор делит небесную сферу на два небесных полушария — северное и южное, то различают склонение положительное — для звёзд в северном небесном полушарии и отрицательное — для звёзд в южном небесном полушарии.

Но одного склонения для полного определения положения светила на небесной сфере недостаточно: много звёзд, расположенных по кругу на одинаковом расстоянии от экватора, будут иметь одинаковое склонение. Как на земном шаре, для отсчёта долгот условились один земной меридиан принимать за начальный (гриничский), так на небесной сфере условились начальным считать круг склонений, проходящий через так называемую точку весеннего равноденствия на экваторе (она обозначается знаком γ). В этой точке бывает центр Солнца в день весеннего равноденствия (21 марта). От неё до точки пересечения с экватором круга склонений, проходящего через светило, и отсчитывается вторая экваториальная координата — *прямое восхождение*, которая обозначается буквой α . Прямое восхождение всегда считается в сторону, противоположную видимому суточному вращению, т. е. от запада к востоку, и изменяется от 0° до 360° . Но часто прямое восхождение выражают в часах, принимая во внимание, что полный круг (360°) соответствует 24 часам, а 1 час соответствует 15° . А так как 1 час делится на 60 минут времени и 1° делится на 60 дугowych минут, то 1 минута времени соответствует $15'$ и точно так же 1 секунда времени соответствует $15''$.

Так как при суточном вращении неба взаимное расположение звёзд не меняется, а ось мира и экватор при этом занимают неизменное положение, то склонения и прямые восхождения всех звёзд также не меняются. Поэтому, каждая звезда имеет своё определённое склонение и прямое восхождение. Так же, как составляются списки городов с указанием их широт и дол-

гот на Земле, можно составить список звёзд с их названиями и указанием их склонений и прямых восхождений (см. «Приложения» в конце книги). Такой список называется *каталогом звёзд*. По этим δ и α можно составить карту, подобно географической, и пользоваться ею в разное время и в разных местах Земли.

Звёздное небо часто изображается на карте в так называемой *стереографической* проекции.

Надо представить в полюсе мира плоскость, параллельную экватору, а глаз наблюдателя—в удалённой точке в направлении оси мира, например в противоположном полюсе. На такой карте полюс мира оказывается в центре карты, небесный экватор представляется окружностью с центром в полюсе мира, а круги склонений—в виде прямых линий, расходящихся лучами от полюса мира. Здесь же могут быть проведены круги, параллельные экватору, соответственно определённым значениям склонения, как в северном, так и в южном полушарии.

В Приложении мы даём карту северного неба с северным полюсом в центре. На ней мы видим и небольшую часть южного небесного полушария, по другую сторону экватора, т. е. звёзды с отрицательным склонением. Экватор выделяется из всех других концентрических окружностей тем, что на нём стоит 0 там, где находится точка весеннего равноденствия. Она лежит в созвездии Рыб. От неё мы и отсчитываем прямые восхождения звёзд. На круге склонения, проходящем через точку весеннего равноденствия, поставлены цифры склонений через каждые 20° . Этот круг, как видно на карте, проходит от Полярной звезды через звёзды β Кассиопеи и α Андромеды. По этим звёздам его можно приблизительно наметить глазом на небесной сфере.

На наружном круге карты круг склонения упирается в римскую цифру XXIV. Здесь можно было бы также поставить нуль прямого восхождения. На наружном круге поставлены римские цифры прямых восхождений через каждые 2 часа.

Пользуясь такой картой, мы можем найти приближённые экваториальные координаты δ и α любой звезды, нанесённой на карту. Например, найдём на карте Капеллу (α Возничего). Она лежит между кругами склонения, помеченными на внешнем круге цифрами. Если провести линию от центра карты (полюса) к звезде, то продолжение её пересечет внешний круг ближе к цифре VI, чем к IV. Прямое восхождение Капеллы $\alpha = 5$ ч. 12 м. Капелла лежит между параллельными кругами, имеющими склонения 40° и 60° , ближе к первому из них; значит, её склонение около 45° .

Таким же образом найдём координаты звезды Альтаир (α Орла): $\alpha = 19$ ч. 50 м., $\delta = +10^\circ$. Координаты самой

яркой звезды нашего неба — Сириуса (α Б. Пса): $\alpha = 6$ ч. 40 м., $\delta = -17^\circ$.

Описанная карта даёт общий вид звёздного неба и относительное расположение созвездий. При сравнении её со звёздным небом следует расположить её над собой так, чтобы полюс мира был в том направлении, по которому мы видим на небе Полярную звезду. Потом нужно повернуть её вокруг полюса так, чтобы какое-нибудь заметное созвездие на карте и на небе было приблизительно одинаково расположено. Правда, очертания созвездий, расположенных вдали от полюса, искажены вследствие проектирования сферы на плоскость, но это искажение не настолько значительно, чтобы затруднить отождествление созвездий, изображённых на карте, с созвездиями, видимыми на небе. Для получения более детальных карт небесная сфера может быть разделена на участки, причём для каждого участка вычерчивается отдельная карта. Все эти карты вместе составляют звёздный атлас. На карте нет Солнца, Луны, планет, так как они меняют своё положение среди звёзд, и нужно знать склонение и прямое восхождение каждого из этих светил в данный момент, для того чтобы отметить его положение на карте. Эти числа даются в астрономических календарях.

Можно приблизительно наметить положение Солнца на карте в разное время года. Для этого надо уяснить себе, что Земля не только ежесуточно вращается вокруг своей оси, но и движется вокруг Солнца, делая полный оборот в течение года. Мы этого движения не чувствуем, и нам кажется, что Солнце, кроме суточного вращения, медленно движется по небу в сторону, противоположную суточному вращению, т. е. с запада на восток. Тот круг на небесной сфере, по которому Солнце как бы перемещается день за днём, делая полный оборот за год, называется *эклиптикой*. Эклиптика изображена на карте в виде круга, пересекающего экватор и параллели. За сутки Солнце перемещается почти на 1° или на двойной диаметр своего диска. Надо заметить, что в день весеннего равноденствия, 21 марта, Солнце находится в точке, где эклиптика пересекается с экватором в созвездии Рыб. Пользуясь этим, можно приблизительно рассчитать положение Солнца на любой день.

§ 4. Определение широты.

Зная широту и долготу места и имея географическую карту, мы можем разобраться, где мы находимся. А как же ориентироваться в незнакомом месте, как узнать его широту и долготу? Нельзя же отправляться к экватору Земли и непосредственно на Земле измерять расстояние по меридиану от экватора, а за-

тем переводить его в градусы, чтобы узнать широту данного места. Конечно, нельзя; да и нет надобности. Видимое в данном месте небо и измерение положений светил на нём дают возможность определить широту, оставаясь на месте.

Чтобы ознакомиться со способами, какими находятся широта и долгота места по положению светил на небесной сфере, надо уяснить себе, как меняется вид звёздного неба при изменении места на Земле, с которого мы наблюдаем это небо.

Всякий, кому приходилось бывать, положим, на Украине, на Кавказе, или в Ленинграде, Мурманске, легко мог заметить,

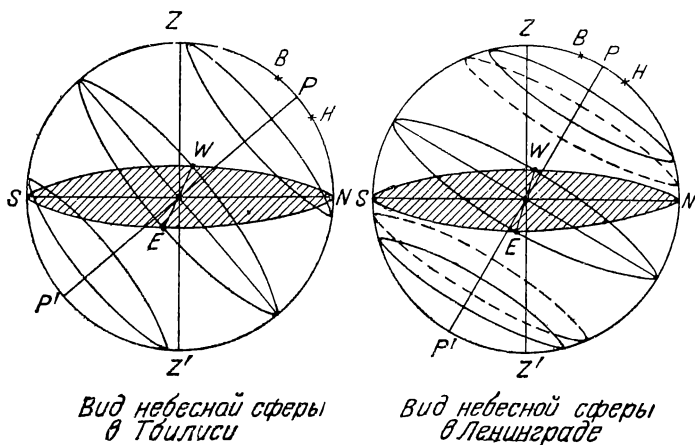


Рис. 24.

что на севере, где широта больше, Полярная звезда стоит выше над горизонтом, а чем южнее, чем широта меньше, тем ниже Полярная опускается к горизонту.

На рис. 24 для примера показан сравнительный вид небесной сферы для Тбилиси и для Ленинграда. Таким образом, уже один общий вид неба, наблюдение над суточным вращением, определение положения полюса и оси мира по отношению к горизонту дают нам возможность судить, на каких широтах Земли мы находимся.

Рассмотрев подробнее зависимость между широтой места и высотой полюса, мы получим более точные способы определения широты.

Отметим на земном шаре его ось вращения, экватор и место M , где находится наблюдатель (рис. 25). Дуга AM земного меридиана даёт нам широту места M на Земле; она соответствует

Пусть звезда кульминирует в точке K . Дуга KE обозначает дуговое расстояние от звезды до экватора, т. е. склонение звезды δ . Если же взять дугу KS , то она даст дуговое расстояние от звезды K до горизонта, т. е. высоту звезды h .

Совершенно очевидно из чертежа, что

$$h = \delta + 90^\circ - \varphi,$$

откуда

$$\varphi = \delta + 90^\circ - h.$$

По этой формуле мы и можем вычислять широту. При этом h мы измеряем угломерным инструментом, а δ берём с карты или из каталога.

Пример. Измеренная в момент верхней кульминации высота звезды Веги (созвездие Лиры) оказалась: $h = 70^\circ$, склонение же Веги, как видно по звёздной карте, равно $+40^\circ$. Подставляем эти значения в формулу и находим:

$$70^\circ = 40^\circ + 90^\circ - \varphi, \text{ откуда } \varphi = 130^\circ - 70^\circ = 60^\circ.$$

Если высота измерена, то известно и зенитное расстояние, которое всегда дополняет высоту до 90° . Если ввести в формулу зенитное расстояние вместо высоты, то получим

$$90^\circ - z = \delta + 90^\circ - \varphi \text{ или } \varphi = \delta + z.$$

Это хорошо видно на рис. 26, где дуга $ZE = \varphi$, дуга $KE = \delta$ и дуга $KZ = z$.

В приведённом выше примере $h = 70^\circ$, стало быть,

$$z = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ.$$

Подставляя эти значения в нашу вторую формулу, получаем:

$$\varphi = 40^\circ + 20^\circ = 60^\circ.$$

Надо заметить, что приведённая формула справедлива, когда звезда кульминирует к югу от зенита. Если же звезда имеет верхнюю кульминацию к северу от зенита (на чертеже K), то склонение такой звезды больше φ , и вторую формулу придётся написать так:

$$\varphi = \delta - z.$$

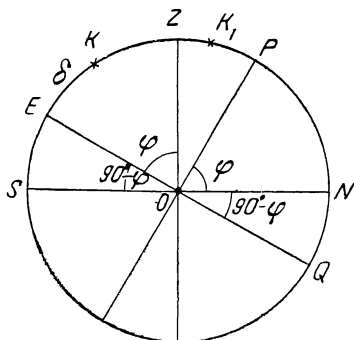


Рис. 26.

Оба случая можно объединить одной формулой

$$\varphi = \delta \pm z.$$

Пример. Измеряем высоту звезды α Б. Медведицы в момент её верхней кульминации и находим $h = 82^\circ$, а значит,

зенитное расстояние $z = 8^\circ$. При этом мы замечаем, что эта звезда кульминирует к северу от зенита. Поэтому для вычисления употребляем формулу

$$\varphi = \delta - z.$$

Значение δ берём с карты или из таблиц, а именно: $\delta = +62^\circ$. Подставляем эти числа в нашу формулу и получаем:

$$\varphi = 62^\circ - 8^\circ = 54^\circ.$$

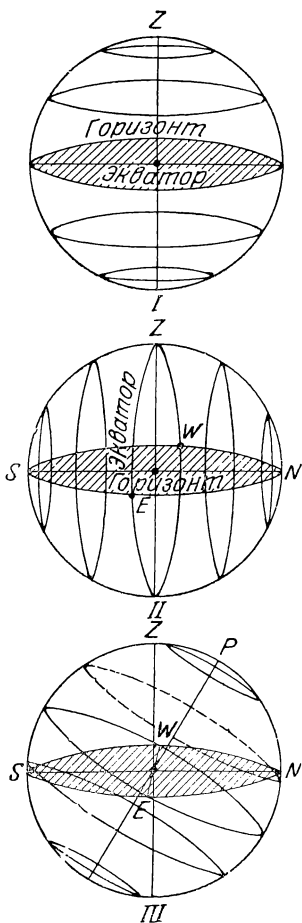


Рис. 27.

По мере нашего продвижения к северу, полюс мира поднимается над горизонтом, и соответственно меняются видимые суточные круговые пути на небе у всех звёзд. Их наклон к горизонту всё уменьшается. От высоты полюса мира над горизонтом и положения видимых суточных кругов зависит, какие звёзды для данного места совсем не будут заходить и, значит, будут видимы на небе во всякое время ночи. Точно так же на данной широте определённые звёзды будут восходить и заходить, а других звёзд мы никогда не сможем видеть, так как они совершают своё суточное вращение всё время под горизонтом, не восходя. Легко видеть, что для данного места с широтой φ всякое светило, у которого $\delta > 90^\circ - \varphi$, является незаходящим.

Например, на широте 60° (в Ленинграде) полюс мира поднимается на 60° над горизонтом. Звезда α Андромеды

имеет склонение около $+30^\circ$ и отстоит от полюса на $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$. Поэтому она на широте 60° почти касается горизонта в нижней кульминации и весь свой видимый суточный путь совершает над горизонтом. Всякая звезда, имеющая склонение больше 30° , находится ещё ближе к полюсу и

является звездой, не заходящей в этом месте. Если же склонение звезды меньше 30° , то она имеет большее, чем 60° , расстояние от полюса, а потому является заходящей звездой и в нижней кульминации находится под горизонтом.

Рассматривая подобным же образом расположение звёзд в южном небесном полушарии, мы видим, что при суточном вращении коснётся горизонта с южной стороны звезда, имеющая склонение — 30° (например одна из звёзд созвездия Скорпиона). Всякая же звезда, у которой южное склонение численно больше 30° (ближе к южному полюсу), будет у нас невосходящей.

Чтобы яснее было, как меняется вид неба с изменением широты, изобразим его (рис. 27) для наблюдателя, находящегося на полюсе Земли—I, на экваторе Земли—II и на промежуточной широте, например 60° С,—III.

ГЛАВА III.

ВРЕМЯ И ДОЛГОТА.

В сообщениях о первомайских демонстрациях или всенародном празднике Великого Октября в нашей обширной стране мы нередко читаем, что Москва ещё спит, погружённая в ночную тьму, а на Дальнем Востоке, в Восточной Сибири улицы уже заполнены народом, демонстрирующим мощь и единство всей нашей многонациональной страны, —там уже день, и Солнце высоко поднялось над горизонтом. С другой стороны, радиопередачи, организуемые у нас для западных стран, например для Англии, Америки, большей частью ставятся поздно ночью, так как у них в это время ещё вечер.

Чем дальше к востоку находится на Земле данное место, тем раньше там восходит Солнце, наступает полдень, а, стало быть, и полночь (начало суток); там время идёт впереди по сравнению с временем мест, лежащих западнее. Это и понятно, если вспомнить, что земной шар всё время вращается с запада на восток, а для наблюдателя Солнце и все небесные светила поднимаются над горизонтом с восточной стороны. Отсюда становится ясной связь между долготой места и временем в этом месте. Эта-то связь и даёт возможность измерять долготу того или другого пункта на земной поверхности.

Уже по одному этому надо уметь определять время с нужной точностью для каждого места. Но и само по себе верное время необходимо нам повседневно в практической жизни. В особенности же оно нужно на войне при современной технике, когда

различные части войск, выполняющие свои специальные задачи, должны действовать особенно согласованно, выступая в нужное время.

Всякие часовые механизмы требуют проверки. Мы можем ещё не обращать внимания на то, что наши часы уходят вперёд или отстают на несколько секунд в сутки, — такие часы считаются хорошими. Но и в этом случае за более продолжительное время может накопиться заметная ошибка. Есть области работ, — такие как съёмка точных и детальных карт, изыскание залежей руд и нефти, многие научные и технические работы, — которые требуют знания времени с точностью не только до одной или нескольких секунд, но и до десятых и сотых долей секунды. Поэтому необходимо постоянно проверять показания часов, используемых как для специальных работ, так и в повседневной жизни. Проверка часов производится или непосредственно по небесным светилам, или по сигналам точного времени, которые передаются по радио с астрономических обсерваторий.

§ 1. Звёздное время.

Для измерения времени служит постоянно повторяющееся с исключительной правильностью вращение Земли вокруг своей оси, вызывающее смену дня и ночи и видимое суточное движение звёзд. Вращение Земли происходит равномерно, с постоянным периодом. Участвуя в этом вращении, мы его не замечаем, но вместе с нами вращаются наш меридиан и наш горизонт. Мы же наблюдаем, как меняется по отношению к ним положение светил. Звёзды одна за другой проходят меридиан, двигаясь с востока на запад. По этому видимому прохождению звёзд и можно измерять время.

Промежуток времени между последовательными верхними кульминациями одной и той же звезды, очевидно, равен времени одного оборота Земли вокруг оси. Отсюда мы подходим к определению звёздных суток.

Звёздными сутками называют промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия.

Дуга экватора, пройденная точкой весеннего равноденствия при суточном вращении её (к западу) от южной стороны меридиана, носит название *часовой угол* точки весеннего равноденствия и обозначается буквой t . Каждая звезда кульминирует в известный момент времени и затем по своей параллели всё дальше отходит от меридиана; для каждой звезды можно определить её часовой угол t как дугу параллели, пройденную ею от южной стороны меридиана. Вся небесная сфера поворачивает-

ся каждый час на один и тот же угол. Поэтому часовые углы измеряются обычно не градусами, а часами, минутами и секундами времени.

В таком случае можно принять за начало звёздных суток момент, когда часовой угол точки весеннего равноденствия равен нулю, и звёздное время в любой момент будет равно часовому углу точки весеннего равноденствия (на рис. 28 дуга $M\Upsilon$). С другой стороны, если в тот же момент в верхней кульминации находится какая-нибудь звезда (K на рис. 28), то эта же дуга ΥM

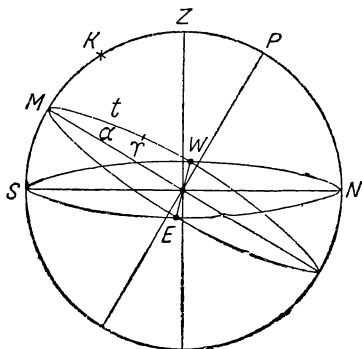


Рис. 28.

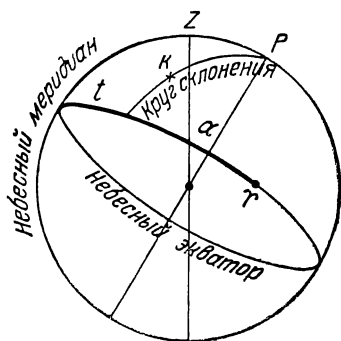


Рис. 29.

представляет собой прямое восхождение α звезды, которое мы также условились измерять в часах.

Таким образом, чтобы узнать звёздное время, нет необходимости искать на небе точку весеннего равноденствия, а нужно посмотреть, какая звезда кульминирует в этот момент. Взяв из каталога её прямое восхождение α , мы тем самым определим точно звёздное время в данный момент и сможем проверить часы. Из рис. 29 ясно также, что в любой момент времени, когда звезда K не в меридиане, $s = \alpha + t$, где s —звёздное время в этот момент, α —прямое восхождение некоторой звезды, а t —её часовой угол в момент наблюдения.

Точное время на астрономических обсерваториях определяется по наблюдениям звёзд, проходящих через меридиан. Для этого там имеется специальный инструмент, устанавливаемый так, чтобы его труба, вращаясь около горизонтальной оси, оставалась всё время в плоскости меридиана. Этот инструмент называется *пассажным* (от французского слова «пассаж»—прохождение). Небесный меридиан и вступающие на него друг за другом звёзды являются самыми точными часами в природе.

§ 2. Солнечное время.

В практической жизни мы ежедневно распределяем время соответственно смене дня и ночи. Если бы Солнце всё время сохраняло своё положение среди звёзд, то смена дня и ночи происходила бы в тот же промежуток времени, в какой происходит возвращение звёзд на меридиан, и тогда солнечные сутки равнялись бы звёздным. Но, как мы видели, Солнце всё время смещается среди звёзд, вследствие движения Земли вокруг Солнца, в направлении, противоположном видимому суточному вращению (от запада к востоку) так, что за год оно делает полный оборот (по эклиптике), а за сутки перемещается приблизительно на 1° . Пусть в некоторый момент времени Солнце прошло через меридиан одновременно с какой-нибудь звездой. В момент следующей верхней кульминации этой звезды оно окажется восточнее звезды приблизительно на 1° и пройдёт через меридиан позже её. Поэтому солнечные сутки оказываются несколько длиннее звёздных, так что за год накапливается разница на целые сутки. Солнечных суток в году $365 \frac{1}{4}$, а звёздных $366 \frac{1}{4}$.

Измерение времени по Солнцу встречает некоторые трудности. Дело в том, что Солнце перемещается среди звёзд неравномерно, и солнечные сутки в течение года неодинаковы между собой. Это связано с тем, что Земля движется вокруг Солнца неравномерно, а также и с тем, что плоскость её движения (плоскость эклиптики) наклонена к плоскости экватора. Поэтому введены *средние солнечные сутки*. Центр истинного Солнца мы заменяем точкой, которая перемещается равномерно по экватору, делая полный оборот в течение года. Такую точку называют *средним солнцем*, а измеряемое по нему время—*средним временем* в отличие от истинного солнечного времени. *Средними сутками* называется *промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми кульминациями среднего солнца*.

Продолжительность средних суток и принята за единицу измерения времени.

Если начало суток считать от момента верхней кульминации среднего солнца (средний полдень), то среднее время в любой момент будет равно часовому углу среднего солнца. Но в практической жизни удобнее сутки начинать в полночь. Поэтому за начало суток принимают момент нижней кульминации среднего солнца, который наступает на 12 часов раньше, и такой счёт времени называют гражданским. Следовательно, гражданское время в какой-нибудь момент равно часовому углу среднего солнца с прибавлением к нему 12 часов. (Если в сумме получится больше 24 часов, то надо вычесть из числа часов 24.)

Средние сутки всегда одинаковы и составляют приблизительно $\frac{1}{365,25}$ часть года. Звёздные сутки составляют около $\frac{1}{366,25}$ части того же года. Отсюда видно, что средние сутки длиннее звёздных, и можно подсчитать, как велика разница между ними. Приблизительный подсчёт даёт разницу в 4 мин. а более точный — 3 мин. 56 сек. Подобно тому, как средние сутки делятся на 24 средних часа, средний час на 60 средних минут, а средняя минута на 60 средних секунд, — так и звёздные сутки делятся на 24 звёздных часа, звёздный час — на 60 звёздных минут, а звёздная минута — на 60 звёздных секунд. Если звёздные сутки короче средних, то и звёздный час, минута, секунда соответственно короче среднего часа, минуты, секунды. Для перечисления промежутков звёздного времени в промежутки среднего времени и обратно служат таблицы (см. «Приложения» в конце книги).

Часы, идущие по звёздному времени, уходят вперёд сравнительно с часами, идущими по среднему времени, на 3 мин. 56 сек. за сутки. За месяц они уйдут вперёд уже почти на 2 часа, за $\frac{1}{4}$ года — на 6 часов, за полгода — на 12 часов и за год — на 24 часа.

Очевидно, солнечные и звёздные сутки должны были бы начинаться одновременно в тот момент, когда центр Солнца совпадает с точкой весеннего равноденствия и кульминирует вместе с ней. Это бывает в момент весеннего равноденствия. Но за начало гражданских суток мы условились принимать момент нижней кульминации среднего солнца, тогда как началом звёздных суток служит момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия. Поэтому одновременно начинаются звёздные и гражданские сутки, когда обе указанные точки диаметрально противоположны, т. е. в момент осеннего равноденствия. Таким образом, момент, когда звёздные и гражданские часы показывают одно и то же время, должен быть около 23 сентября. Зная это, можно приближённо найти, какова должна быть разница в показаниях тех и других часов для любого другого момента. Например, для 1 января: от дня осеннего равноденствия прошло 99 дней или 3 месяца 9 дней. Уходя ежедневно вперёд приблизительно на 4 минуты, звёздные часы оказываются 1 января впереди солнечных; примерно, на $6\frac{1}{2}$ час.

Более точные значения звёздного времени для начала каждых суток на весь год даются в астрономических календарях или ежегодниках.

Определяя время по звёздам в моменты их верхних кульминаций, получают звёздное время, как это было указано в предыдущем параграфе. Пользуясь календарными данными, это звёздное время переводят в среднее.

Кроме того, время может быть определено по наблюдениям над Солнцем. При этом надо только учесть, что мы измеряем время по условному среднему солнцу, которое вообще не совпадает с истинным, и в течение года то опережает истинное Солнце, то отстаёт от него. Точные расчёты расхождений истинного и среднего солнца делаются на основе теории движения Земли, и в астрономических ежегодниках даётся на каждый день разница между средним и истинным солнечным временем, которая называется *уравнением времени*.

Уравнение времени показывает число минут и секунд, которое надо прибавить к истинному времени, чтобы получить среднее время. Иногда в календарях даётся прямо среднее время в истинный полдень, т. е. в момент верхней кульминации центра истинного Солнца.

Уравнение времени 4 раза в течение года бывает равно нулю: около 15 апреля, 14 июня, 31 августа и 25 декабря. В промежутках оно бывает или положительным или отрицательным: положительным—когда среднее время впереди истинного, отрицательным—когда истинное время впереди среднего (12 фев-

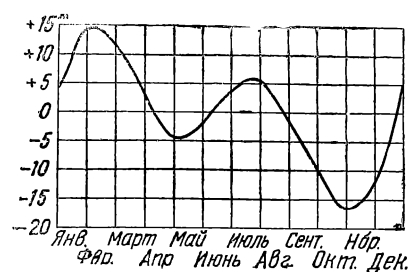


Рис. 30.

раля)—около $14\frac{1}{3}$ минут, наибольшая отрицательная величина (3 ноября)—около $16\frac{1}{3}$ минут (рис. 30).

Проверку часов по Солнцу удобно делать в полдень. Если у нас заранее определено направление меридиана места наблюдения и отмечена полуденная линия, то момент

полудня может быть определён по совпадению тени от вертикального шеста с полуденной линией.

Положим, что 1 декабря в этот момент часы, идущие по местному среднему времени, показывали 12 ч. 3 м. В календаре находим, что уравнение времени 1 декабря равно—11 мин.; значит, точное среднее время в момент истинного полудня должно быть 12 ч.—11 м.=11 ч. 49 м. Поправка часов: 11 ч. 49 м.—12 ч. 3 м.=—14 м. Таким образом, часы ушли вперёд на 14 мин.

Более точная проверка часов по Солнцу делается двумя наблюдениями Солнца на равных высотах до полудня и после полудня при помощи угломерного инструмента или особого приспособления—*солнечного кольца*. В этом случае отмечается показание часов в некоторый момент за час или за два до полудня и замечается высота Солнца. Затем отмечается второе показание

часов, когда Солнце после полудня займёт ту же высоту. Момент полудня, очевидно, будет посредине между этими моментами. Например, первое показание часов — 10 ч. 45 м., второе — 13 ч. 55 м.; следовательно, показание часов в полдень будет:

$$\frac{10 \text{ ч. } 45 \text{ м.} + 13 \text{ ч. } 55 \text{ м.}}{2} = \frac{24 \text{ ч. } 40 \text{ м.}}{2} = 12 \text{ ч. } 20 \text{ м.}$$

Солнечное кольцо имеет в одном месте маленькое круглое отверстие, а на внутренней противоположной стороне — равные деления (рис. 31а). Кольцо это поворачивается так, чтобы на делениях появилось светлое пятнышко от солнечных лучей, прошедших через отверстие. Положение пятнышка на том или другом делении соответствует определённой высоте Солнца. При наблюдениях кольцо подвешивается за одну и ту же точку, будучи обращено отверстием к Солнцу.

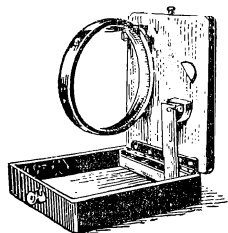


Рис. 31а.

При тщательном наблюдении при помощи солнечного кольца ошибка момента полудня будет меньше одной минуты, что на практике вполне достаточно.

Солнечное кольцо по своему устройству так просто, что его можно изготовить самому из цилиндрической консервной банки.

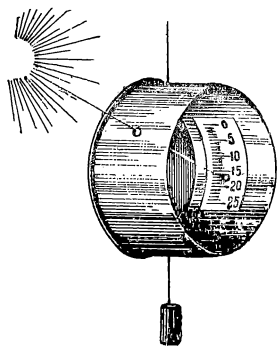


Рис. 31б.

Для этого в боковой стороне пустой неснятой банки нужно проткнуть небольшое круглое отверстие (примерно 1 мм), а на противоположной внутренней стороне приклеить полосу миллиметровой или просто разграфлённой на мелкие равные деления бумаги. На расстоянии восьмой части окружности от отверстия нужно прикрепить нить для подвешивания, а в противоположной стороне — грузик (рис. 31б).

До полудня замечается показание часов и деление кольца, на котором находится светлое пятнышко от лучей Солнца, прошедших через отверстие.

Затем отмечается то показание часов, когда пятнышко после полудня окажется на прежнем делении. Это и даст нам два показания часов, соответствующих одинаковым высотам Солнца, т. е. моментам, одинаково удалённым от полудня.

Изменение положения тени в течение дня даёт возможность построить солнечные часы, которые в прежние времена, до

изобретения механических часов, были в большом употреблении, да и теперь ещё могут сыграть свою роль. Опишем простейшие из них, доступные для изготовления каждому. Они называются экваториальными, потому что циферблат их распо-

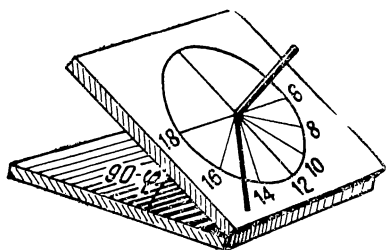


Рис. 32.

лагается в плоскости экватора, а теневой штифт направлен по оси мира, т. е. перпендикулярно к циферблату (рис. 32). Циферблат здесь получается делением круга на 24 равные части. Чтобы штифт был направлен по оси мира, он должен быть наклонён к горизонтальной плоскости под углом, равным широте места (широту можно взять с карты), например в Москве

под углом 56° , а плоскость циферблата должна составлять с плоскостью горизонта угол $90^\circ - \varphi$, например в Москве 34° . Часы устанавливаются так, чтобы штифт своим верхним концом был направлен на полюс мира, а для этого находящаяся под ним нижняя точка циферблата должна быть направлена на север. Около этой нижней точки ставится цифра 12, соответствующая полуденному положению тени. От неё в одну сторону отмечаются цифры часов, соответствующих утреннему положению тени (11, 10, 9, 8), а в другую сторону — вечернему положению (13, 14, 15, ...).

Надо заметить, что солнечные часы дают время, от которого мы должны каждый раз переходить к гражданскому; для этого необходимо прибавить к показанию часов уравнение времени.

Мы видели, что установка солнечных часов требует знания широты места и направления меридиана. Широту можно взять по карте, направление меридиана — по компасу. Чтобы часы были пригодны для разных широт, надо сделать их так чтобы угол между горизонтальной подставкой и циферблатом мог изменяться. Точность установки можно проверять транспортиром.

§ 3. Местное и всемирное время. Определение долготы.

Наш счёт времени и проверка часов по небесным светилам тесно связаны с тем местом на Земле, где производятся наблюдения. В самом деле, начало суток соответствует моменту кульминации среднего Солнца. Вследствие суточного вращения кульминация одного и того же светила для мест на Земле, находя-

щихся восточнее данного будет происходить раньше, чем в данном месте, и сутки в этих местах будут начинаться раньше. Так как за один час происходит поворот небесной сферы на $\frac{1}{24}$ полного оборота, т. е. на $360^\circ : 24 = 15^\circ$, то два места, отличающихся по долготе на 15° , будут иметь и время, отличающееся на один час. Время, определяемое по моменту кульминации среднего Солнца в данном месте, называется *местным временем*. Понятно, что местное время одинаково для всех мест, лежащих на одном и том же земном меридиане. Мы можем и долготу выражать не в градусах, а в часах, деля круг не на 360 частей, а на 24 части, и считая $15^\circ = 1 \text{ ч.}$, $15' = 1 \text{ м.}$ и $15'' = 1 \text{ с.}$

В таком случае мы можем установить следующее очевидное соотношение для двух мест на Земле: *разность местных времён равна разности долгот, выраженной в часах*.

Это соотношение очень важно для практики, так как оно даёт возможность определять долготу одного места относительно другого путём сравнения их местных времён. За начало счёта долгот принят гриничский меридиан, вследствие чего определение долготы места сводится к определению в некоторый момент местного времени и сравнению его с гриничским временем, соответствующим этому моменту.

В астрономических ежегодниках принято давать моменты тех или других небесных явлений, положений небесных светил и пр. по гриничскому местному времени. Гриничское местное время называют также *всемирным*, или *мировым*, временем.

Зная долготу данного места, выраженную в часах, мы можем сказать, насколько местное время впереди или позади гриничского. Например, Москва имеет восточную долготу около $37^\circ,5$, или 2 ч. 30 м.; следовательно, местное время Москвы впереди гриничского на 2 часа 30 минут. Долгота Нью-Йорка—западная, равная $73^\circ 59'$, или 4 ч. 56 м., следовательно, местное время Нью-Йорка позади гриничского на 4 часа 56 минут.

Имея более или менее точно идущие часы или хронометр, поставленный по гриничскому среднему времени и выверенный по радиосигналам, мы можем определить долготу места. Для этого из наблюдений над звёздами или Солнцем мы находим местное среднее время. Разница его с показанием хронометра и даст нам долготу места. Например, местное время, полученное из наблюдений, $T_m = 12 \text{ ч. } 20 \text{ м.}$, а хронометр показывает в этот момент гриничское время $T_{гр} = 10 \text{ ч. } 45 \text{ м.}$ Значит, долгота $\lambda = T_m - T_{гр} = 12 \text{ ч. } 20 \text{ м.} - 10 \text{ ч. } 45 \text{ м.} = 1 \text{ ч. } 35 \text{ м.} = 23^\circ 45' \text{ В.}$

§ 4. Поясное, декретное и оперативное время.

Пользование всюду местным временем встречает большие неудобства при переездах к востоку или западу, так как путешественник должен постоянно переводить стрелки своих часов, чтобы их показания соответствовали местному времени тех пунктов, которые он посещает. Во избежание этих неудобств введено *поясное время*.

Вся поверхность земного шара условно разделена меридианами на 24 пояса шириной в 15° или 1 час. Во всех местах, лежащих в пределах данного пояса, время должно считаться по среднему времени середины пояса, и поэтому разница между поясным и местным временем внутри каждого пояса доходит только до получаса.

Средним меридианом начального, или нулевого, пояса служит гриничский меридиан; средний меридиан первого пояса лежит к востоку от гриничского на 15° , или на 1 час; средний меридиан второго пояса лежит на $2 \times 15^\circ = 30^\circ$, или на 2 часа восточнее гриничского, и т. д. Номер пояса показывает, на сколько часов время данного пояса опережает гриничское; минуты же и секунды на всех часах одинаковы. Например, если во Владивостоке, находящемся в 9-м поясе, часы показывают 3 ч. 25 м. пополудни, или 15 ч. 25 м., то гриничское время в этот момент равно 15 ч. 25 м. — 9 ч. = 6 ч. 25 м. утра.

У нас в СССР поясное время введено в 1919 г. При этом были чётко установлены границы поясов. Эти границы должны были бы проходить по меридианам, отстоящим на $7^\circ,5$ долготы по обе стороны от среднего меридиана каждого пояса. Но по практическим соображениям они во многих местах проведены с большим или меньшим отклонением от меридианов: по государственным границам, по пограничным линиям областей, по рекам, горным хребтам и т. п. Таким образом, в отдельных местах поясное время может отличаться от местного больше, чем на полчаса.

В нулевом поясе (гриничское, или западноевропейское время) находятся Англия, Франция, Испания, Алжир, Марокко.

В первом поясе (среднеевропейское время — на 1 ч. впереди гриничского) — Норвегия, Швеция, Германия, Австрия, Швейцария, Италия.

Во втором поясе — Ленинград, Москва, Киев, Крым и другие места СССР до Архангельска, Вологды, Кинешмы, Ростова на Дону.

В третьем поясе — Киров, Тамбов, Пенза, вся Волга от Кинешмы, Кавказ.

Распределение поясов по территории нашего Союза можно видеть на карте (рис. 33).

КАРТА ЧАСОВЫХ ПОЯСОВ

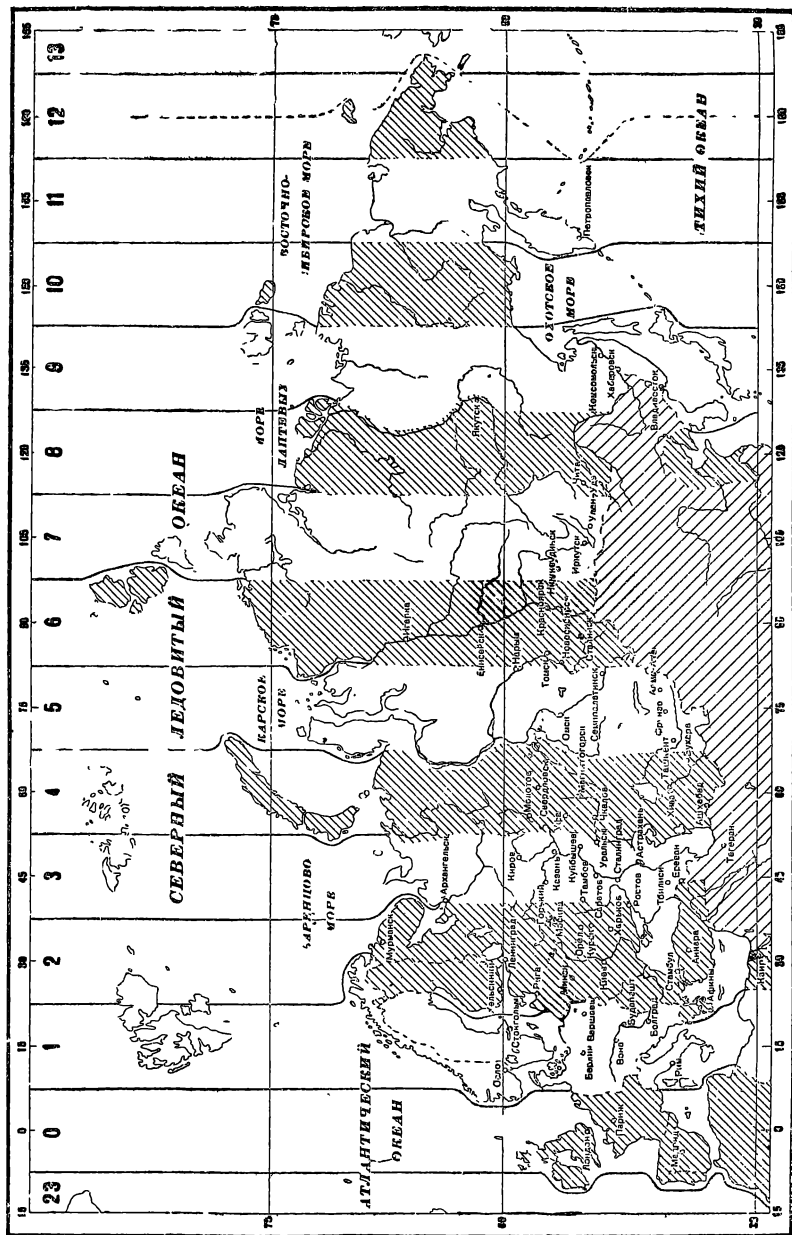


Рис. 33.

Наши дальневосточные центры, как Владивосток, Хабаровск, Комсомольск, относятся уже к 9-му поясу, а крайним нашим восточным поясом является двенадцатый.

Особо нужно отметить, что правительственным декретом от 16 июня 1930 г. во всём нашем Союзе часовая стрелка переведена на час вперёд. Так, в Москве и во всех местах, отнесённых ко 2-му поясу, часы идут впереди гриничских уже не на 2, а на 3 часа. Это — так называемое декретное время. Оно введено для экономии электроэнергии, которая достигается тем, что население кончает вечером свою дневную жизнь на час раньше, чем оно привыкло.

По указанному выше постановлению движение поездов, так же как и отметки времени на телеграммах, производятся на всей территории Союза ССР по декретному времени г. Москвы. Таким образом, когда говорят 9 ч. 30 м. по московскому времени, — т. е. времени, по которому живёт Москва, — то это, по настоящему, время 2-го пояса, переведённое на час вперёд; оно впереди гриничского на 3 часа и совпадает с временем 3-го пояса.

Местное же время в Москве, соответственно долготе Москвы, как мы видели, впереди гриничского приблизительно на 2 ч. 30 м. Отсюда видно, что «московское время» на полчаса впереди местного гражданского времени. Всё это нужно знать для того, чтобы уметь произвести проверку часов по наблюдениям над Солнцем или звёздами.

Для перехода местного гражданского времени в поясное и обратно надо знать долготу данного места от Гринича в часовой мере и номер пояса, в котором находится это место. Исходя из того, что разность времён двух мест равна разности их долгот, мы можем написать:

$$T_n - m = N - \lambda,$$

где T_n — поясное время, m — местное время, N — число часов, равное номеру пояса, λ — долгота данного места. По этой формуле мы и можем вычислить поясное, или местное, время:

$$T_n = m + N - \lambda \text{ или } m = T_n - N + \lambda.$$

Примеры. 1. В Москве ($\lambda = 2$ ч. 30 м.) 1 декабря местное время в полдень равно 11 ч. 49 м. Переведём его в поясное время:

$$T_n = 11 \text{ ч. } 49 \text{ м.} + 2 \text{ ч.} - 2 \text{ ч. } 30 \text{ м.} = 11 \text{ ч. } 19 \text{ м.}$$

Чтобы получить декретное время, надо прибавить 1 час: 11 ч. 19 м. + 1 ч. = 12 ч. 19 м. Можно сразу получить де-

кретное московское время по той же формуле, если считать, что оно совпадает с поясным временем 3-го пояса:

$$T_{\theta} = 11 \text{ ч. } 49 \text{ м.} + 3 \text{ ч.} - 2 \text{ ч. } 30 \text{ м.} = 12 \text{ ч. } 19 \text{ м.}$$

2. Город Молотов ($\lambda = 3 \text{ ч. } 45 \text{ м.}$) находится в 4-м поясе, а по декретному времени в 5-м. Вопрос: до полудня или после полудня слушают там последние известия, передаваемые по радио из Москвы в 10 ч.? Декретное время в Молотове на 2 часа впереди московского, т. е. $10 \text{ ч.} + 2 \text{ ч.} = 12 \text{ ч.}$, местное время:

$$m = 12 \text{ ч.} - 5 \text{ ч.} + 3 \text{ ч. } 45 \text{ м.} = 10 \text{ ч. } 45 \text{ м.},$$

т. е. до полудня ещё далеко.

3. Каково поясное время в Киеве, когда по местному ординату времени там 7 ч. 20 м.? Киев относится ко 2-му часовому поясу, а долгота его $\lambda = 2 \text{ ч. } 2 \text{ м.}$ Следовательно,

$$T_n = 7 \text{ ч. } 20 \text{ м.} + 2 \text{ ч.} - 2 \text{ ч. } 2 \text{ м.} = 7 \text{ ч. } 18 \text{ м.}$$

Значит, местное время в Киеве только на две минуты отличается от поясного. По декретному времени это будет 8 ч. 18 м.

4. Определить местное время в Каменец-Подольске, когда часы, идущие по московскому декретному времени, показывают 8 ч. 32 м. Каменец-Подольск имеет долготу $1 \text{ ч. } 46,3 \text{ м.}$ и находится в том же поясе, что и Москва, т. е. во 2-м, или 3-м декретном. Поэтому

$$m = 8 \text{ ч. } 32 \text{ м.} - 3 \text{ ч.} + 1 \text{ ч. } 46,3 \text{ м.} = 7 \text{ ч. } 18,3 \text{ м.}$$

Для выполнения всех этих расчётов для главнейших городов Советского Союза в конце книги даны их широта, долгота и номер часового пояса N (см. Приложение VII).

По местному времени обыкновенно даются в справочниках и специальных таблицах моменты восхода и захода Солнца и Луны, наступления темноты и рассвета. Если некоторое место лежит восточнее того, где мы находимся, то там восход Солнца совершается раньше, чем у нас, но и местное время настолько же впереди нашего. Таким образом, местное время восхода и захода светил в данный день для всех мест, лежащих, примерно, на одной широте, почти одинаково. Из подобных таблиц мы можем найти местное время восхода или захода Солнца и Луны, после чего остаётся лишь перейти от него к декретному.

В военных условиях вводится так называемое *оперативное время*. Это единое время для целого театра военных действий. Дело в том, что фронт может расширяться на несколько часовых поясов. В таком случае для согласованности действий и во из-

бежание каких-либо недоразумений, по всей линии фронта принимается единое оперативное время, объявляемое приказом командования.

§ 5. Часы и хронометры. Служба времени.

Каждому понятна необходимость иметь более или менее верные часы. Здесь мы отметим только, что во многих случаях при астрономической ориентировке бывает необходимо не только производить наблюдения светил, но и отмечать моменты, в которые эти наблюдения делаются. Для этого служат астрономические часы и хронометры (рис. 34), а при менее точных работах—обыкновенные карманные или ручные часы.

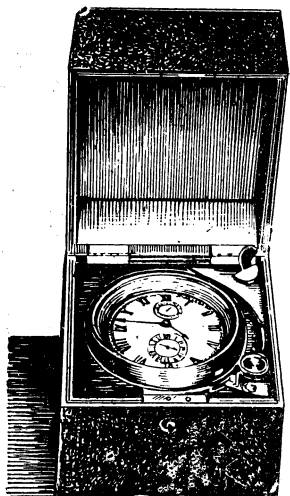


Рис. 34.

Астрономические часы приводят-ся в движение гирей, а равномерность их хода регулируется маятником. Движение в хронометрах, так же как и в карманных часах, поддерживается силой упругости пружины и регулируется колебаниями балансира или махового колёсика, соединённого с упругой спиралькой. Обычно часы отбивают секунды, а хронометры—полусекунды, причём в хронометрах секундная стрелка большого размера перескакивает соответственно с одного деления циферблата на другое, указывая число прошедших секунд.

Как бы тщательно ни был сделан механизм часов, могут происходить нарушения равномерности и постоянства их хода вследствие изменения температуры, давления воздуха, силы заводной пружины и пр. Хотя против этих влияний и принимается в механизмах точных часов ряд мер, но полной точности в показании времени не достигается.

Поэтому всякие часы нуждаются в периодической проверке или по наблюдениям звёзд или по сигналам точного времени, передаваемым из астрономических обсерваторий. При этом на часах обычно не передвигают стрелки, а замечают поправку.

Поправкой часов называют число минут и секунд, которое надо прибавить к показаниям часов, чтобы получить точное время. Это можно выразить формулой:

$$T_0 = T + U \text{ или } U = T_0 - T,$$

где T_0 —точное время, T —показание часов, U —поправка. Если часы совершенно точны, то поправка равна нулю. Поправка бывает положительна, если часы отстают, и отрицательна, если часы ушли вперёд.

Пример. В момент подачи сигнала точного времени, в 7 ч. 0 м. 0 с., одни часы показывали 6 ч. 58 м. 30 с., другие — 7 ч. 2 м. 15 с. Для первых часов получим поправку 7 ч. 0 м. 0 с. — 6 ч. 58 м. 30 с. = +1 м. 30 с., для вторых: 7 ч. 0 м. 0 с. — 7 ч. 2 м. 15 с. = —2 м. 15 с. Первые часы отстают на 1 м. 30 с., вторые ушли вперёд на 2 м. 15 с.

Если бы при периодической проверке часов поправка у них оставалась одна и та же, то это значило бы, что часы идут совершенно равномерно. Но обычно поправка изменяется в ту или другую сторону. Изменение поправки часов за сутки называется *ходом часов*. Отстающие часы имеют положительный ход (поправка увеличивается), а уходящие вперёд—отрицательный ход.

Пусть, например, при проверке 5 марта в 7 ч. 0 м. 0 с. поправка $U_1 = +1$ м. 20 с., при проверке 6 марта в 12 ч. 0 м. 0 с. поправка $U_2 = +1$ м. 45 с. Поправка изменилась за промежуток 1 д. 5 ч., равный 1,2 суток; следовательно, ход часов будет равен

$$\frac{1 \text{ м. } 45 \text{ с.} - 1 \text{ м. } 20 \text{ с.}}{1,2} = \frac{25 \text{ с.}}{1,2} = +21 \text{ с.}$$

в сутки. В данном случае суточный ход получился положительным, т. е. часы отстают.

Пример ежедневной проверки часов.

Дата	Точный момент	Показание часов	Поправка	Суточный ход
1944 г. Май				
25	7 ч. 00 м. 00 с.	7 ч. 00 м. 23 с.	— 23 с.	+ 10 с.
26	То же	7 00 13	— 13	+ 12
27	» »	7 00 01	— 01	+ 15
28	» »	6 59 46	+ 14	+ 11
29	» »	6 59 35	+ 25	+ 14
30	» »	6 59 21	+ 39	

Суточный ход составляет в среднем

$$\frac{+10 + 12 + 15 + 11 + 14}{5} = \frac{+62}{5} = +12,4 \text{ сек.}$$

Значит, часы ежедневно отстают в среднем на 12 секунд. Колебания суточного хода у данных часов сравнительно со средним ходом были в пределах двух-трёх секунд. Для карманных

часов такой ход считается очень хорошим. У лучших же хронометров суточный ход остаётся постоянным в пределах одной-двух десятых долей секунды.

Зная ход часов и поправку их для определённого момента, можно вычислить поправку и для какого-нибудь другого момента. Продолжим только что приведённый пример и вычислим поправку для показания часов 2 июня. С 30 мая прошло 3 суток. Суточный ход часов $+12,4$; за 3 суток поправка изменится на $+37$ с. Это и надо прибавить к прежней поправке на 30 мая. Получим новую поправку: $+39$ с. $+37$ с. $= +1$ м. 16 с. 2 июня часы отстают на 1 м. 16 с., которые и надо прибавить к их показанию, чтобы получить точное время. Но вообще не рекомендуется рассчитывать поправку далеко вперёд, так как суточный ход может сильно измениться. Лучше всего ежедневно определять поправку часов по радио-сигналам времени.

Для того чтобы удовлетворить все потребности в точном времени, при ряде астрономических обсерваторий организованы так называемые *службы времени*. Они имеют три основные функции: определение, хранение и передачу точного времени.

Определение точного времени производится при помощи наблюдений моментов кульминации светил пассажным инструментом. Но нужно обеспечить знание точного времени и в промежутках между наблюдениями, которые иногда могут быть довольно длительными из-за пасмурной погоды. Для этого обсерватория имеет точно идущие часы особого устройства. Они помещаются в подвалах с обеспечением безопасности от сотрясений, постоянства температуры и давления воздуха. Ход часов в течение достаточно длительного времени хорошо изучен. Располагая радиоаппаратурой и будучи связана с радиопередаточной станцией, служба времени выполняет и третью функцию—регулярную передачу точного времени.

Передача точного времени по радио производится широко-вещанием, обыкновенными сигналами и ритмическими сигналами. Для обычных практических надобностей и целей ориентировки вполне достаточно широковещательной передачи времени, которая производится 3 раза в сутки: в 7 ч. 00 м., в 12 ч. 00 м. и в 19 ч. 00 м. по московскому времени. При этом даются два длинных гудка и один короткий, начало которого совпадает с указанными моментами с точностью до 0,1 секунды.

Сигналы точного времени, как и ритмические сигналы, передаются некоторыми станциями на определённой длине волны и в заранее известные моменты времени для специальных надобностей.

Служба времени имеется и в войсковых соединениях как система мероприятий, обеспечивающих одинаковые показания

часов во всех подразделениях, штабах и у личного состава. В авиапункту службу времени обязан организовать штурман. На метеорологической станции должны быть выделены лучшие часы для хранения времени. Дежурный метеоролог обязан ежедневно принимать по радио сигналы с целью определения поправки этих часов. В случае невозможности или неудобства пользования часами метеостанции приём сигналов времени необходимо организовать непосредственно в частях.

§ 6. Изменение вида неба в зависимости от времени и места наблюдения. Подвижная карта звёздного неба.

Повседневные наблюдения показывают, что высота Солнца изменяется в зависимости от времени года, и одновременно меняется долгота дня, время и место восхода и захода Солнца. Вместе с тем в одни и те же часы вечера в разное время года мы увидим над горизонтом в северной стороне неба различное положение незаходящих созвездий. Некоторых созвездий, наблюдавшихся в некоторое время года в южной стороне, в другое время мы не увидим совсем; зато появятся другие созвездия, которые раньше не были видны.

Если мы наблюдаем изменение полуденной высоты Солнца, всё время находясь на одном и том же месте Земли, то это значит, что меняется склонение Солнца. Склонение Солнца легко определять для каждого дня, пользуясь хорошо знакомой нам уже формулой, определяющей высоту светила в момент верхней кульминации (для Солнца это — полдень):

$$h = \delta + 90^\circ - \varphi.$$

Начнём измерять полуденную высоту Солнца с дня весеннего равноденствия, 21 марта, например, в Москве (рис. 35), где широта равна круглым числом 56° . Измерения дают для высоты значение 34° . Подставим h и φ в формулу; получим

$$34^\circ = \delta + 34^\circ.$$

Следовательно, $\delta = 0$.

Это значит, что центр Солнца в это время находится на небесном экваторе. Через 2—3 дня полуденная высота оказывается около 35° , и формула даёт $35^\circ = \delta + 34^\circ$, откуда $\delta = +1^\circ$. Солнце находится в северном полушарии на расстоянии 1° от

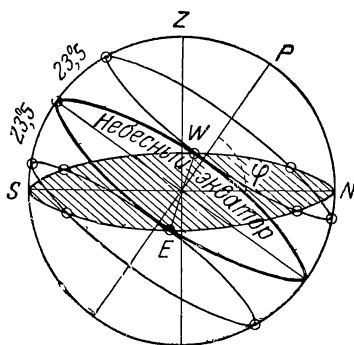


Рис. 35.

экватора. Увеличиваясь с каждым днём, полуденная высота Солнца в Москве доходит к 22 июня до $57^{\circ},5$. Теперь из той же формулы мы получаем:

$$57^{\circ},5 = \delta + 34^{\circ}, \quad \delta = +23^{\circ},5.$$

Это наибольшая высота Солнца и соответственно наибольшее значение склонения Солнца.

После 22 июня Солнце в полдень оказывается с каждым днём всё ниже. На 1° полуденная высота Солнца уменьшается приблизительно через 2 недели. На столько же соответственно уменьшается и склонение Солнца. К 23 сентября высота Солнца в полдень станет 34° , а значит, склонение его дойдёт опять до 0° . Солнце вновь пересекает небесный экватор, но уже в точке осеннего равноденствия. Осеннее равноденствие—это только начало осени. Солнце и после 23 сентября с каждым полуднем оказывается всё ниже и ниже: например, через месяц (22 октября) измерение полуденной высоты в Москве даёт 23° . Вычислением, после подстановки в нашу формулу этой высоты, находим:

$$23^{\circ} = \delta + 34^{\circ} \quad \text{или} \quad \delta = -11^{\circ}.$$

Знак минус показывает, что Солнце находится по другую сторону экватора в южном небесном полушарии. Высота Солнца в полдень продолжает уменьшаться до 22 декабря. В этот день в Москве она равна $10^{\circ},5$, а склонение $\delta = -23^{\circ},5$. После этого мы наблюдаем опять, как Солнце в полдень поднимается с каждым днём всё выше—сначала медленно, а потом скорее и скорее. Наконец, к 21 марта, дню нового весеннего равноденствия, Солнце снова приходит на экватор, совершив, таким образом, весь видимый годовой путь по небесной сфере, с тем чтобы опять повторять такое же движение.

Одновременно меняется прямое восхождение Солнца, в чём мы можем убедиться, наблюдая, какие звёзды кульминируют в полночь. Ведь, мы можем видеть звёзды, когда Солнце опускается под горизонт и небо не освещено солнечными лучами, т. е. мы видим их ночью на стороне неба, в общем, противоположной Солнцу.

В начале весны, когда Солнце находится на экваторе в точке весеннего равноденствия, в полночь кульминируют звёзды, противоположные Солнцу и имеющие прямое восхождение 180° или 12 часов. Такими звёздами являются сравнительно слабая звёздочка третьей величины α Девы и близкая к ней звезда второй величины β Льва на южной стороне неба. В последующие ночи мы будем замечать, что в полночь эти звёзды уже не будут в кульминации. С каждой полуночью они будут всё более удаляться к западу. Недели через 2—3 в полночь на меридиане бу-

дет уже звезда первой величины α Девы, имеющая прямое восхождение почти 13,5 часов. Через месяц, 25 апреля, около полуночи кульминирует знакомая уже нам яркая звезда α Волопаса—Арктур—с прямым восхождением 14 ч. 13 м. Так как в каждую полночь кульминируют противоположные Солнцу звёзды, то это значит, что Солнце бывает то против одних, то против других звёзд, т. е. всё время перемещается по небесной сфере в направлении, противоположном видимому суточному вращению звёзд.

21 марта прямое восхождение Солнца равно нулю: в течение каждого месяца оно возрастает, примерно, на 2 часа, к 22 июня прямое восхождение Солнца достигает 90° или 6 ч., к 23 сентября— 180° или 12 ч., к 22 декабря— 270° или 18 ч. и, наконец, 21 марта— 360° или 24 ч.

Как мы уже видели, Солнце имеет наибольшее северное и южное склонение $23^\circ,5$. Это показывает, что круг эклиптики наклонён к экватору под углом $23^\circ, 5$, точнее, $23^\circ 27'$. Он пересекает экватор в двух точках, называемых точками равноденствий. Одна половина эклиптики лежит в северном небесном полушарии, другая—в южном. На эклиптике находятся четыре основные точки: точка весеннего равноденствия γ , точка летнего солнцестояния \odot , точка осеннего равноденствия \sphericalangle , точка зимнего солнцестояния ζ (рис. 36).

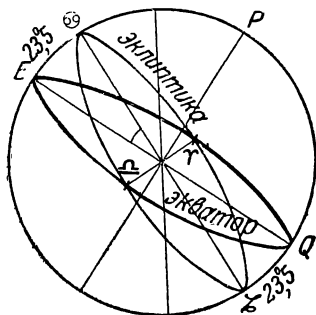


Рис. 36.

Всё это мы можем представить табличкой:

	Координаты		Дата для Солнца
1. Весеннее равноденствие	δ 0	α 0	21 марта
2. Летнее солнцестояние	$+23^\circ 27'$	6 ч.	22 июня
3. Осеннее равноденствие	0	12 ч.	23 сентября
4. Зимнее солнцестояние	$-23^\circ 27'$	18 ч.	22 декабря

Эклиптика расположена на небе среди созвездий, имеющих большей частью названия животных. Весь пояс этих созвездий называется поэтому *зоdiaком* (от греческого слова «зоон»—животное), а созвездия, которые расположены вдоль эклиптики, называются зодиакальными. По всему кругу эклиптики таких созвездий двенадцать. Их мы можем найти на звёздной карте.

Если бы днём на небе были видны звёзды, то мы могли бы наблюдать, как Солнце в течение года последовательно переходит из одного зодиакального созвездия в другое. Каждому времени года соответствуют три созвездия.

Солнце проходит по созвездиям: Рыбы, Овен, Телец — весной; Близнецы, Рак, Лев — летом; Дева, Весы, Скорпион — осенью и Стрелец, Козерог, Водолей — зимой. Ночью соответственно видны над горизонтом в южной стороне неба противоположные им созвездия: весной — Дева, Весы, Скорпион; летом — Стрелец, Козерог, Водолей; осенью — Рыбы, Овен, Телец; зимой — Близнецы, Рак, Лев.

В зависимости от положения Солнца на эклиптике изменяется дневная дуга видимого суточного вращения Солнца, его полуденная высота, точки и моменты восхода и захода, продолжительность дня и ночи, как это описано в первом параграфе главы I.

Чем круче падают на Землю солнечные лучи, тем сильнее нагревается земная поверхность. Поэтому, в связи с изменением полуденной высоты Солнца, у нас изменяются времена года. Правда, наибольшая высота Солнца у нас бывает в июне, а наиболее жаркий месяц — июль. Но это происходит потому, что Земля нагревается постепенно, и запасы тепла продолжают увеличиваться в июле, когда Солнце поднимается ещё достаточно высоко. Аналогичное явление наблюдается зимой: наиболее низкая высота Солнца в декабре, а самый холодный месяц — январь.

Для различных мест на различных широтах эти явления будут отличаться друг от друга.

Возьмём, например, Ереван с широтой около 40° и Ленинград с широтой около 60° . В один и тот же день летнего солнцестояния в Ленинграде в полдень Солнце стоит ниже, чем в Ереване, и потому там бывает не так жарко. Но восходит и заходит Солнце в Ленинграде ближе к северу, а потому дневная дуга тут больше, чем в Ереване, день длиннее, и разница между продолжительностью дня и ночи больше.

Вспомним условие, при котором светило для данного места не заходит: $\delta > 90^\circ - \varphi$. При склонении Солнца $+23^\circ 27'$ (день летнего солнцестояния) на широте $66^\circ 33'$ оно не заходит, а при склонении $-23^\circ 27'$ (день зимнего солнцестояния) Солнце здесь совсем не восходит.

Земная параллель, проходящая на широте $66^\circ 33'$, носит название *полярного круга*. На широтах, больших $66^\circ 33'$, полярный день (время, когда Солнце совсем не заходит) и полярная ночь (в течение которой Солнце совсем не восходит) будут не только в день летнего солнцестояния ($\delta = 23^\circ 27'$), но до него и после него при склонениях Солнца, меньших $23^\circ 27'$. На самом

полюсе ($\varphi = 90^\circ$) Солнце полгода остаётся над горизонтом и полгода—под горизонтом. Оно показывается там из-за горизонта в день весеннего равноденствия, поднимается всё выше как бы по винтовой линии, достигает наибольшей высоты $23^\circ 27'$ к 22 июня, а затем также по винтовой линии опускается всё ниже и заходит 23 сентября, с тем чтобы почти полгода не показываться над горизонтом. Вот почему говорят, что на полюсе полгода—день, полгода—ночь. Смены дня и ночи при суточном вращении неба на полюсе нет. Чем дальше от полюса, тем меньше продолжительность полярного дня и полярной ночи, тем больше количество суток в году со сменой дня и ночи. Наконец, начиная с полярного круга, не бывает полярных дней и ночей, а смена дня и ночи происходит каждые сутки, как это имеет место у нас.

Нужно заметить, что в действительности все эти явления не происходят точно в те сроки, как здесь описано, вследствие преломления и рассеивания солнечных лучей земной атмосферой (см. гл. III, § 8—Рефракция) и потому, что Солнце является не светящейся точкой, а диском. Благодаря рефракции мы видим светила не по тому направлению, по которому они действительно находятся, а выше. Поэтому на полюсе Солнце бывает видно в течение нескольких дней после своего теоретического захода и показывается раньше 21 марта. На полярных же кругах в дни солнцестояний весь диск Солнца в полдень и в полночь виден над горизонтом.

На экваторе Земли ($\varphi = 0^\circ$) горизонт делит все видимые суточные пути светил пополам, а потому там каждые сутки день равен ночи. При этом 21 марта и 23 сентября Солнце, находясь на небесном экваторе, в полдень бывает в зените, а 22 июня и 22 декабря полуденная высота Солнца наименьшая и равна $66^\circ 33'$ (если не учитывать рефракцию). Таким образом, на экваторе Земли нет, по существу, разницы между зимой и летом, наибольшая же жара связана с наступлением весеннего и осеннего равноденствия.

Возьмём формулу высоты $h = \delta + 90^\circ - \varphi$. Если мы подставим в неё значения высоты Солнца в зените $h = 90^\circ$ и наибольшего склонения Солнца $\delta = +23^\circ 27'$, то получим $90^\circ = +23^\circ 27' + 90^\circ - \varphi$. Отсюда $\varphi = +23^\circ 27'$. Это самая большая широта, где Солнце может быть в зените в полдень и именно 22 июня. В другие дни Солнце может достигать зенита в широтах, соответственно меньших $23^\circ 27'$. Параллели, проходящие на широте $\pm 23^\circ 27'$, называются *тропиками*. Они расположены симметрично по обе стороны земного экватора в северном и южном полушариях. Ещё древние называли северный тропик тропиком Рака, а южный—тропиком Козерога. Весь пояс на поверхности Земли между тропиками, где солнечные лучи в полдень два раза

в год падают отвесно, назван жарким. Пояса, которые окружают каждый полюс земли до полярных кругов и где могут быть полярные дни и ночи, а Солнце не поднимается выше $46^{\circ}54'$ над горизонтом, названы холодными. Между холодными и жаркими поясами расположены 2 умеренных. Таким образом, на Земле различаются 5 тепловых поясов.

Мы говорили всё время о видимом движении Солнца, потому что в действительности происходит движение нашей Земли, которая за год совершает свой полный оборот вокруг Солнца, в то же время вращаясь около своей оси. При этом ось вращения, сохраняя в пространстве неизменное направление, наклонена к плоскости земной орбиты так, что плоскость земного экватора составляет с этой плоскостью угол $23^{\circ}27'$. Этот наклон является причиной того, что при одном положении Земли на орбите (рис. 37,1) в северном полушарии лучи Солнца падают

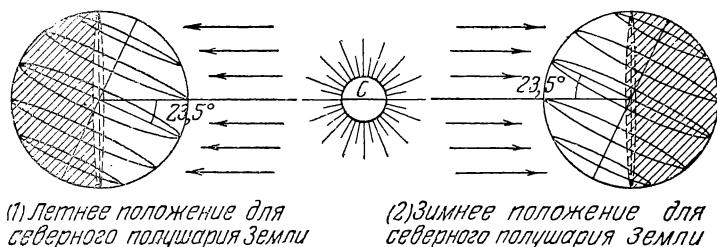


Рис. 37.

более отвесно, чем в южном, и в нём наступает лето. Через полгода, когда Земля переходит в своём движении вокруг Солнца во второе положение (рис. 37,2), солнечные лучи падают отвеснее уже в южном полушарии, а в северном наступает зима.

Постоянно повторяющееся обращение Земли вокруг Солнца и связанная с ним смена времён года служит основой для установления единицы измерения больших промежутков времени, а именно—года.

Вид неба меняется не только в разные часы суток, но и в разные дни года и для разных мест на Земле по широте. А потому не все звёзды, изображённые на обычной карте, видны в данный день и час в данном месте.

Чтобы звёздная карта показывала нам каждый раз только те звёзды, которые видны на небе в данный момент и в правильном расположении по отношению к горизонту, устраивают так называемую подвижную карту звёздного неба, которую определённым поворотом подвижной части можно поставить на данный день и час.

Подвижная карта состоит из двух частей: вращающейся около полюса мира звездной карты и неподвижно расположенного над ней круга горизонта. Эти две части приложены в конце книги; из них нужно сделать себе подвижную карту, наклеив их предварительно на тонкий картон.

На карте за кругом прямых восхождений начерчен круг несколько большего радиуса. Он разделён на месяцы, а каждый месяц разделён на пятидневки. Деление, приходящееся около нуля или XXIV ч. прямых восхождений, т. е. у начального круга склонений, проходящего через точку весеннего равноденствия, относится к 23/IX. Соответственно этому поставлены названия всех месяцев. Карту надо вырезать по самому внешнему кругу и прикрепить булавкой или тонким гвоздиком в полюсе мира к картонке или фанере (рис. 38). На накладываемомся на карту листе вычерчен круг несколько меньшего радиуса, так чтобы при наложении он помещался внутри только что описанного внешнего круга на карте. Круг накладного листа разделён на 24 часа, а каждый час — на 6 частей, содержащих по 10 минут. Внутри него вырезается круг горизонта, на котором помечены север и юг, восток и запад. Вырез круга горизонта должен соответствовать широте места. Для этого начерчено несколько линий выреза для разных широт. В Москве можно пользоваться вырезом для широты 55°. Сделав вырез для горизонта, мы не полностью обрезаем круг, на котором намечены часы, а оставляем четыре выступа для неподвижного прикрепления его к картону. После этого нужно наложить его на карту так, чтобы он поместился как раз внутри внешнего круга карты.

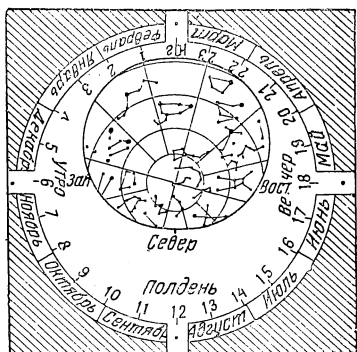


Рис. 38.

Тогда в вырезе мы увидим картину звёздного неба, соответствующую определённому дню и часу. Меридиан пройдёт по линии, соединяющей точку севера и точку юга. Натянув по этой линии нить, мы увидим под ней звёзды, которые кульминируют в данный момент. По направлению, перпендикулярному к этой нити и проходящему через полюс, лежат точки востока и запада. У восточной части горизонта мы найдём восходящие звёзды, а у западной — заходящие. Не следует только забывать, что карту надо представить расположенной над го-

ловой. Чтобы горизонт оставался неподвижным, надо концы выступов накладного круга прикрепить к нижнему картону. Таким образом, обе части (карта и наложенный на неё горизонт) окажутся скреплёнными с нижней картонкой, представляющей основание подвижной карты. Всё это скрепление должно быть сделано так, чтобы карта могла свободно вращаться между горизонтом и основанием.

Вращая карту, мы можем ставить её на любой день и час. Карта даёт наглядное представление об изменении вида звёздного неба как в течение суток, так и на протяжении года.

Подвижная карта помогает находить нужные звёзды на небе, видеть, какие звёзды кульминируют в данный день и час, какие звёзды видны вообще в данное время и пр. Наряду с этим подвижная карта даёт возможность решать приближённо ряд задач практической астрономии. Например, нам нужно определить приближённо время восхода и захода светил для данного дня в году. Для этого надо вращать звёздную карту до тех пор, пока светило не окажется у самого горизонта в восточной или западной стороне, а затем посмотреть, какой час приходится у данного дня или месяца. Так же можно определить время, когда то или иное светило кульминирует, т. е. располагается на линии, соединяющей точку севера и юга. При этом, если звезда находится на этой линии между полюсом и точкой юга, мы имеем верхнюю кульминацию, если же она находится между полюсом и точкой севера, — нижнюю кульминацию.

Примеры. 1. Какой вид имеет звёздное небо в 10 часов вечера 20 ноября? Находим на внешнем круге подвижной карты ноябрь и в нём 20-е число. Поворачиваем карту так, чтобы это 20-е число расположилось у черты на накладном круге, соответствующей 10 часам. В вырезе горизонта мы увидим, что стрелка Большой Медведицы направлена на северо-восток; почти вертикально по направлению к северу располагается линия, соединяющая звёзды α и β Малой Медведицы. Близко к зениту находится Кассиопея и яркая звезда Капелла в созвездии Возничего, на южной стороне — Персей и Андромеда. На восточной стороне поднимается Телец с кучкой звёзд Плеяд, а за ним Орион; на юго-западной стороне — квадрат Пегаса и совсем близко к горизонту — на западе — созвездие Лебеда и звезда Вега из созвездия Лиры.

2. Определить время восхода звезды Арктур 1 марта и момент её верхней кульминации 23 апреля. Находим на карте созвездие Волопаса. Вращая карту, поставим её так, чтобы Арктур расположился у восточного края горизонта. Смотря на внешний круг, заметим, что 1 марта расположилось у черты, соответствующей 19 часам или 7 часам вечера. Это по местному

времени; а по декретному, следовательно, Арктур взойдёт около 8 часов вечера.

Вращая карту дальше так, чтобы Арктур попал на меридиан, мы видим, что в этом положении 23 апреля располагается на круге почти у 0 часов. Следовательно, Арктур кульминирует 23 апреля около полуночи.

3. Поворачивая карту так, чтобы звезда α Б. Медведицы располагалась по линии меридиана, мы видим, что около полуночи она находится в нижней кульминации в конце сентября и в верхней кульминации — в конце марта.

В авиации применяется бортовая карта, которая является подвижной. Она смонтирована так, что звёздная карта помещается внутри между картоном, служащим как бы основанием, и приклеенным к нему накладным листом (рис. 39). Карта может вращаться около полюса мира как центра. Накладной лист не обрезан по полному кругу, а в нём вырезана полоска в полкруга только для ночных часов. Таким образом, можно видеть деления месяцев и числа, нанесённые на внутренней карте.

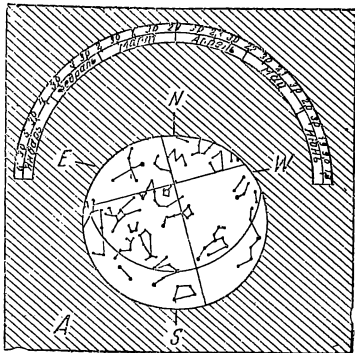


Рис. 39.

§ 7. Положение Луны и планет в разное время.

Луна меняет своё положение среди звёзд гораздо быстрее, чем Солнце, и делает полный оборот почти в месяц, точнее — в $27\frac{1}{3}$ суток (*сидерический месяц* — период, в который Луна совершает своё обращение вокруг Земли).

Так как Луна движется вокруг Земли почти в той же плоскости, что и Земля вокруг Солнца, то видимое перемещение Луны на звёздном небе происходит вблизи эклиптики. За сутки Луна смещается среди звёзд на $13^\circ,2$, а по отношению к Солнцу — на $12^\circ,2$. Смена фаз Луны зависит от положения Луны относительно Солнца. Новолуние соответствует положению, когда Луна и Солнце наиболее близко подходят на небе друг к другу. Отходя от Солнца ежесуточно на $12^\circ,2$, Луна вновь приближается к нему через $\frac{360}{12,2} = 29,5$ суток. Это и есть период смены фаз Луны — *синодический месяц*. В полнолуние Луна должна занимать противоположное Солнцу положение на небе; в это время её прямое восхождение отличается от прямого восхождения Солнца на 12 ч.

Вспомним, что летом полуденное Солнце у нас поднимается значительно выше над горизонтом, чем зимой. Полная же Луна, наоборот, летом на полуночном небе бывает значительно ниже, чем зимой. Подвижная карта может наглядно показать, как летняя полная Луна, находясь недалеко от точки зимнего солнцестояния, в своём суточном вращении поднимается невысоко над горизонтом, тогда как зимой, располагаясь вблизи точки летнего солнцестояния, она поднимается почти так же высоко около полуночи, как Солнце летом около полудня.

Планеты — это тёмные шарообразные тела, подобные нашей Земле, обращающиеся вокруг Солнца, каждая по своему пути и с различной скоростью, но в одном и том же направлении (против видимого суточного вращения неба). Они находятся на разных расстояниях от Солнца и расположены в следующем порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. В конце книги помещена табличка, в которой даны их средние расстояния от Солнца, периоды обращений и др. (см. «Приложения»).

Планеты освещаются Солнцем, и мы видим их на небе как звёзды различной яркости. Самое название «планеты», данное им древними греками (от греческого «*πλαναο*» — блуждаю), связано с тем, что они перемещаются среди звёзд, а потому не всегда бывают одновременно видны на ночном небе. Это видимое перемещение планет на небе кажется довольно запутанным: они то

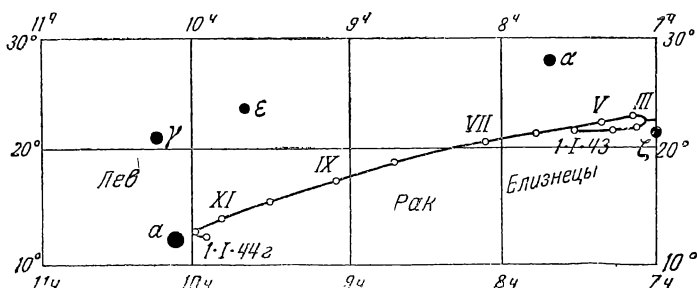


Рис. 40.

движутся относительно звёзд с запада на восток (подобно Солнцу и Луне) — так называемое *прямое движение*, то останавливаются и продвигаются несколько обратно, совершая так называемое *попятное движение*. Попытное движение вновь сменяется прямым движением и т. д. При своём движении планеты переходят из одного созвездия в другое. На рисунке 40 показан видимый путь планеты Юпитер среди звёзд в 1943 г.

Для наблюдения простым глазом доступны не все планеты. Наиболее яркими являются Венера (яркость которой достигает

минус 4-й звёздной величины) — сравнительно близкая к нам планета, обращающаяся вокруг Солнца на меньшем расстоянии, чем Земля, и Юпитер (который иногда кажется звездой минус 2-й величины) — самая большая по размеру из всех планет. Затем идут Марс, отличающийся своим красноватым цветом, и Сатурн. Меркурий трудно наблюдать, так как он всегда бывает близок к Солнцу и теряется в лучах зари. Остальные планеты так далеки от Солнца и от нас, что не видны простым глазом.

Чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она движется и меняет своё положение среди звёзд для земного наблюдателя.

Мы наблюдаем планеты с Земли, которая сама движется, обращаясь вокруг Солнца. Вследствие этого и возникают кажущиеся запутанными движения планет на небе.

Все планеты обращаются вокруг Солнца почти в той же плоскости, что и наша Земля, т. е. вблизи плоскости эклиптики, проходящей по зодиакальным созвездиям. Поэтому планеты надо искать в этих созвездиях. По виду они отличаются своим спокойным блеском, тогда как остальные звёзды зачастую заметно мерцают, переливаясь различными цветами.

Особой яркостью отличается планета Венера. Так как её орбита находится внутри орбиты Земли, то она никогда не отходит от Солнца дальше 46° и бывает видна или по вечерам или по утрам даже тогда, когда из-за света зари не видно никаких звёзд. В начале 1944 г. Венера была видна по утрам перед восходом Солнца, а во второй половине года — по вечерам. Так же продолжает быть видимой, как вечерняя звезда, Венера и в начале 1945 года, со середины же 1945 года она опять видна по утрам. Положение Венеры по отношению к Солнцу повторяется периодически через 584 дня (синодический период).

Другие яркие планеты — Марс, Юпитер, Сатурн — находятся дальше от Солнца, чем Земля. Поэтому они могут располагаться на небе и в противоположной стороне по отношению к Солнцу. Такое положение планеты, называемое *противостоянием*, наиболее благоприятно для её наблюдений, так как при этом она видна почти всю ночь и кульминирует около полуночи. В 1945 г. Юпитер находился в созвездии Девы и был в противостоянии в середине марта. Противостояния Юпитера повторяются через 400 дней (синодический период). Сатурн в 1945 г. находится в созвездии Близнецов и был в противостоянии в начале года. Синодический период Сатурна — 378 дней.

В астрономических ежегодниках даются координаты δ и α планет, время их восхода и захода и др. По координатам можно намечать на карте видимые пути планет среди звёзд для интересующего нас промежутка времени (рис. 40).

Яркие планеты являются очень хорошими ориентирами. Такие планеты, как Юпитер и Сатурн, медленно перемещаясь, почти весь год проходят по одному или двум соседним созвездиям и вместе с этими созвездиями в определённые месяцы могут наблюдаться на ночном небе. В какой стороне неба и когда бывают видны эти планеты, поможет разобраться подвижная карта.

§ 8. Рефракция. Сумерки.

Лучи света, идущие от небесных светил, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, проходят через воздух, окружающий Землю, и в нём преломляются. Преломление зависит от угла падения луча света и от плотности воздуха. Плотность воздуха увеличивается с приближением к поверхности Земли и чем ближе к ней, тем больше преломление луча при одном и том же угле падения. Вследствие этого светило кажется нам всегда находящимся несколько выше над горизонтом, чем в действительности т. е. видимая высота больше истинной (рис. 41). Угол, на который увеличивается при этом высота, называется *рефракцией*. Рефракция равна нулю, если светило в зените, потому что вертикально падающий луч (угол падения равен 0°) не преломляется, но чем дальше светило от

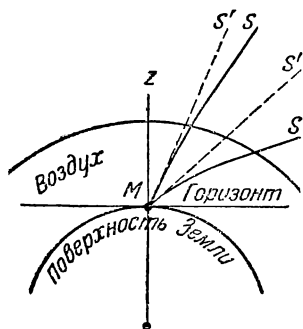


Рис. 41.

зенита, тем рефракция больше, как это видно на рисунке 41. Наибольшую величину рефракция имеет для светила, находящегося на горизонте, т. е. когда оно восходит или заходит. Здесь рефракция в среднем достигает $35'$. Точное определение величины рефракции затрудняется тем, что преломление лучей в атмосфере зависит от состояния воздуха, особенно у поверхности Земли.

Рефракция приподнимает восходящее и заходящее Солнце приблизительно на целый его диск (видимый поперечник Солнца около $30'$). Значит, в действительности восход Солнца, т. е. восход верхнего края диска Солнца, происходит после того, как мы уже видим весь диск Солнца поднявшимся над горизонтом. Мы видим восход Солнца несколько раньше, а заход Солнца позднее, чем они происходят в действительности. Это несколько увеличивает продолжительность дня. Увеличение длины дня вследствие рефракции наиболее заметно в северных широтах, так как, чем севернее, тем меньше наклон к горизонту круга, по которому поднимается при восходе и опускается при заходе Солнце.

При точных измерениях высоты светила в полученное значение высоты приходится вносить поправку на рефракцию, которая различна при разных высотах светила и при высоте 45° составляет приблизительно $1'$.

Таблица средней рефракции:

Зенитное расстояние	Рефракция	Зенитное расстояние	Рефракция
0°	$0'00''$	80°	$5'16''$
10°	$0'10''$	$89^\circ0'$	$18'09''$
30°	$0'33''$	$89^\circ30'$	$29'26''$
60°	$1'40''$	$90^\circ0'$	$34'51''$

Изменение преломления лучей света в атмосфере, происходящее вследствие воздушных течений в ней, является также причиной явления *мерцания* звёзд, которое тем заметнее, чем ближе звёзды к горизонту. На мерцание звёзд влияет состояние атмосферы, содержание в ней паров воды, движение воздуха. Поэтому большее или меньшее мерцание звёзд может служить признаком изменения погоды.

В условиях войны большое значение имеют вопросы наступления рассвета, темноты, продолжительности сумерек. Сумерками называется явление свечения неба ещё до восхода Солнца или после его захода.

Воздух окружает Землю, поднимаясь на большую высоту. В то время, как для нас на земной поверхности Солнце зашло, и лучи его уже не освещают земных предметов, воздух, находящийся выше, ещё освещён, и частицы его отбрасывают свет на Землю.

Считается, что небо перестаёт светиться от солнечных лучей, когда центр Солнца опускается под горизонт на 18° ; этот момент называется концом астрономических сумерек. Практически имеют большое значение так называемые гражданские сумерки, конец которых наступает, когда центр Солнца ниже горизонта на 6° . В это время на небе появляются яркие звёзды и планеты. В практике авиации гражданскими сумерками заканчиваются дневные условия полёта.

Продолжительность сумерек зависит от времени года и от широты места. Севернее широты 60° , т. е. в Ленинграде и дальше к северу, гражданские сумерки летом могут длиться всю ночь, так как там в это время года центр Солнца даже в полночь опускается под горизонт меньше, чем на 7° . Там бывают белые ночи, а за полярным кругом ($66\frac{1}{2}^\circ$ северной широты) Солнце может и совсем не заходить.

В конце книги помещена таблица продолжительности гражданских сумерек для различных широт в разные месяцы (см. «Приложения»).

ГЛАВА IV.

ПОНЯТИЕ ОБ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОРИЕНТИРОВКЕ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В МОРЕПЛАВАНИИ И АВИАЦИИ.

§ 1. Приближённые и более точные способы ориентировки.

Всё изложенное уже даёт возможность ориентироваться по небесным светилам и тем лучше, чем больше приобретено навыков в распознавании светил при разных их положениях и в оценке на-глаз их положений относительно друг друга и горизонта. Это возможно даже при условии, что мы не пользуемся никакими приборами, кроме часов, и никакими пособиями, кроме карт. Конечно, наши определения в этом случае получаются весьма приближёнными, но во многих случаях, в военной обстановке они могут оказаться достаточными и зачастую единственными для того, чтобы выйти из затруднительного положения.

Когда нужно более тщательно взять направление или определить своё местоположение, надо применять более точные измерения при помощи тех или других инструментов. Для измерений на Земле, когда не нужно особенно спешить, имея возможность долго оставаться на одном месте, служит так называемый *универсальный инструмент*, при помощи которого измеряются горизонтальные координаты: высота и азимут. Основными его частями являются зрительная труба и разделённые круги—горизонтальный и вертикальный. Зрительная труба обычно бывает скреплена с вертикальным кругом и вращается с ним около горизонтальной оси. Она помещается на подставке, которая опирается на горизонтальный круг, могущий вращаться около вертикальной оси. Весь инструмент стоит на трёх ножках с винтами для установки горизонтального круга по уровню в горизонтальной плоскости, чем достигается установка вертикальной оси по вертикали (рис. 42). Когда труба наведена на

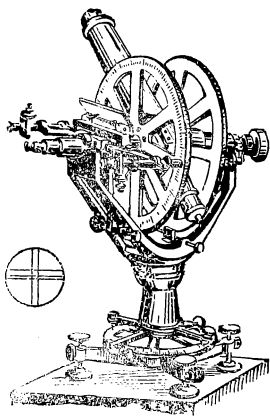


Рис. 42.

с ним около горизонтальной оси. Она помещается на подставке, которая опирается на горизонтальный круг, могущий вращаться около вертикальной оси. Весь инструмент стоит на трёх ножках с винтами для установки горизонтального круга по уровню в горизонтальной плоскости, чем достигается установка вертикальной оси по вертикали (рис. 42). Когда труба наведена на

звезду, то по делениям горизонтального круга можно определить азимут, а по делениям вертикального круга—высоту. Измерив горизонтальные координаты, можно вычислить по ним экваториальные, а затем и широту места и местное время. Сравнивая местное время с точным временем какого-либо известного места (Гринича или Москвы), можно определить долготу места наблюдения. Всё это используется при съёмке более или менее точных карт местности. Это требует, конечно, значительного времени, точной установки инструмента и знания специальных приёмов.

§ 2. СѢКСТАН.

В условиях наблюдения на море с качающейся палубы судна, а тем более с самолёта, нужен инструмент не только портативный, но и не требующий особой установки. Таким инструментом и является секстан, при помощи которого можно производить измерения высоты светила, держа инструмент в руке. Помимо зрительной трубы и части разделённого круга обычный секстан содержит подвижное и неподвижное зеркала, которые дают возможность наблюдателю одновременно видеть горизонт и светило. Это достигается поворотом подвижного зеркала так, чтобы оно отражало светило в том же направлении, в каком виден горизонт, а по повороту зеркала можно судить о высоте светила над горизонтом: чем выше светило, тем на больший угол надо повернуть зеркало, чтобы луч от светила попал на линию горизонта (рис. 43).

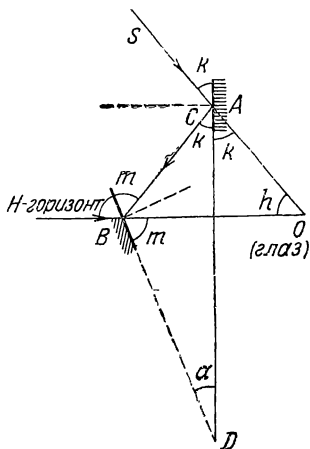


Рис. 43.

Луч от светила S падает на подвижное зеркало A , могущее поворачиваться около оси, проходящей через точку O . Отражаясь от него, луч идёт к неподвижному зеркалу B , а от него в глаз O . Сюда же направлен луч от линии горизонта H , проходя-

щий прямо сквозь прозрачную часть неподвижного зеркала B . Это зеркало может быть наполовину очищено от амальгамы или просто может быть стеклянной пластинкой, которая частью пропускает лучи света, частью отражает. Таким образом, при определённом положении подвижного зеркала глаз увидит одновременно светило и линию горизонта. Угол при точке D между направлениями обоих зеркал может быть измерен, а по нему найдётся и высота светила над горизонтом. Легко видеть, что $2m = 2k + h$ (внешний угол треугольника равен сумме внутренних, с ним несмежных углов); то же в треугольнике ABD

$$m = \alpha + k,$$

откуда

$$2m = 2\alpha + 2k.$$

Следовательно,

$$2\alpha + 2k = 2k + h,$$

т. е.

$$h = 2\alpha.$$

Здесь принимается во внимание, что по законам отражения угол падения луча равен углу отражения, а отсюда следует что при повороте зеркала на некоторый угол луч отклоняется на двойной угол. Поэтому на разделённой дуге секстана каждые полградуса имеют значение целого градуса высоты. А так как высота считается от 0 до 90° , то достаточно иметь разделённую дугу в 45° . Обыкновенно с некоторым запасом делают её в 60° , что и составляет шестую часть окружности. На разделённой дуге секстана наносятся уже удвоенные значения дуг. Например, деление с длиной дуги в 10° помечается числом 20, деление с длиной дуги 15° помечается числом 30 и т. д.

Общий вид морского секстана представлен на рис. 44. В нём, помимо зрительной трубы и зеркал, имеются тёмные или цветные стёкла, заключённые в оправы, для наблюдений над Солнцем и Луной. Секстан не имеет штатива, а снабжён рукояткой и имеет лёгкую конструкцию, чтобы можно было при измерениях держать его одной рукой, а другой поворачивать зеркало.

В практике воздушной навигации в большинстве случаев пользуются искусственным горизонтом даже днём, а тем более ночью, когда естественного горизонта просто не видно. В авиационном секстане (рис. 45) внутри прибора помещается уровень с пузырьком так, что направление горизонтального луча соответствует такому положению, когда в центре поля зрения виден пузырёк уровня. Устройство авиационного секстана изображено на рисунке 46. Внутри прибора имеется круглый уровень D ,

который при пользовании естественным горизонтом отводится в сторону. Горизонтальный луч света от H идёт через объектив трубы E , падает на прямоугольную стеклянную призму, вну-

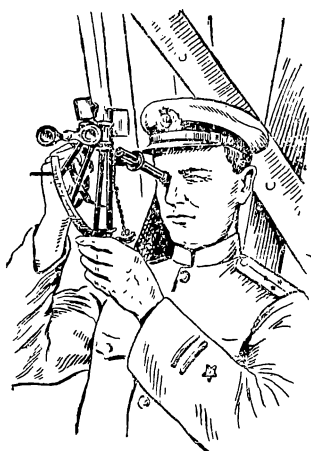


Рис. 44.



Рис. 45.

три которой отражается под прямым углом вертикально вниз, затем он проходит в пятигранную стеклянную призму, отражаясь от задней стенки которой, попадает в окуляр K . Пройдя затем сквозь подвижную стеклянную пластинку P (подвижное зеркало), луч идёт к глазу наблюдателя. Кроме него в глаз наблюдателя попадает и луч, идущий от светила S и отражающийся от того же подвижного стекла. Разделённый круг связан с подвижной стеклянной пластинкой P , положение которой для светила на горизонте соответствует нулевому делению на разделённом круге. Высота светила, находящегося выше горизонта, определится углом поворота пластинки, как это объяснено выше в описании принципиальной схемы секстана.

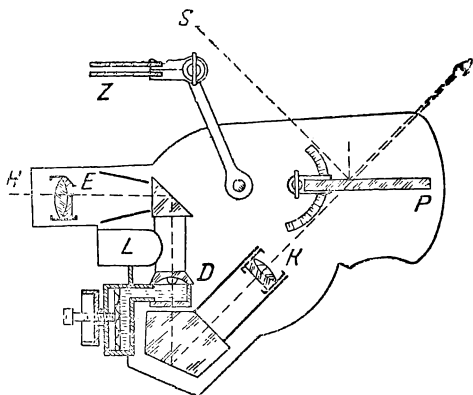


Рис. 46.

При наблюдении Солнца нужно иметь тёмную пластинку или светофильтр z , который ставится на пути солнечных лучей.

По большей части; как уже сказано, в практике авиации пользуются искусственным горизонтом. Для этого и служит круглый уровень D . Его пузырёк ночью освещается специально приспособленной около него лампочкой L . Лучи света от пузырька идут в пятигранную призму и далее через окуляр—в глаз наблюдателя. Если инструмент наклонить, то пузырёк выходит из поля зрения. Таким образом, если пузырёк находится в центральной части поля зрения, то нулевое деление разделённого круга соответствует горизонту. Действуя подвижной пластинкой—зеркальцем, мы совмещаем изображение избранного светила с пузырьком.

§ 3. Понятие об определении местоположения по двум звёздам методом Сомнера.

Для мореплавателей ещё в середине прошлого столетия был разработан особый метод, дающий возможность несложными наблюдениями и вычислениями достаточно быстро и точно найти местоположение судна на глобусе или на карте. Впоследствии этот метод был усовершенствован и применён также в авиации. Разработка этого метода принадлежит американскому капитану Сомнеру, отчего он и носит название *метода Сомнера*. Идея его исходит из того, что в любой момент всякое светило находится в зените некоторого определённого места Земли.

Если данное светило находится в зените для некоторого места, то по небесным координатам светила легко определяется географическое положение этого места. В самом деле, для всякого кульминирующего светила мы имеем (стр. 43) $\varphi = \delta \pm z$. Если же светило находится в зените, то $z = 0$, и тогда $\varphi = \delta$.

Это значит, что, взявши склонение этого светила по звёздной карте или, если надо знать его точнее, — из каталога, например 60° , получим и широту места на Земле, равную 60° .

Для определения долготы надо иметь точные часы, идущие по гриничскому времени или по времени известного пояса, которое может быть легко переведено в гриничское. Если светило наблюдается в зените, то оно расположено в плоскости меридиана данного места. Благодаря видимому вращению неба светило последовательно переходит из одного меридиана в другой. Когда оно было в плоскости гриничского меридиана, то его часовой угол для Гринича равнялся нулю. Теперь оно находится в плоскости меридиана данного места, и часовой угол

светила для Гринича в это время равен угловой равности между меридианом данного места и меридианом Гринича. А это и есть долгота места от Гринича.

Часовой угол найдётся из соотношения между звёздным временем и прямым восхождением (стр. 47):

$$s = \alpha + t \text{ или } t = s - \alpha,$$

а так как часовой угол светила для Гринича в данный момент равен долготе места, для которого светило находится в зените, то долгота получится, если из звёздного гриничского времени момента наблюдения вычесть прямое восхождение светила. Прямое же восхождение может быть взято с карты или из каталога. То место на Земле, для которого светило наблюдается в зените, называется *географическим местом светила*. Это место обозначится, если вообразить линию, идущую от центра Земли к светилу. Так легко можно было бы определить широту и долготу любого места как географического места некоторого светила. Но для этого должно быть установлено, что светило находится точно в зените места наблюдения, что не всегда возможно сделать, тем более на самолёте, да и редко данное светило может оказаться точно в зените данного места. Солнце и Луна в наших широтах никогда не бывают в зените. Всегда почти приходится наблюдать светило в некотором удалении от зенита. В таком случае мы измеряем секстаном высоту светила и находим его зенитное расстояние, например, высота $h = 63^\circ$, зенитное расстояние $z = 90^\circ - 63^\circ = 27^\circ$.

На рисунке 47 точка M представляет место наблюдения на Земле, точка A — географическое место светила, MS' — направление на светило из места наблюдения, OS — направление на то же светило из центра Земли. Благодаря чрезвычайной удалённости светила линия MS' параллельна OS и $\angle ZMS' = \angle MOA$.

Это значит, что мы находимся на Земле в таком же угловом удалении от географического места A светила, в каком светило на небесной сфере удалено от зенита, — в нашем примере 27° .

Надо заметить, что такое же зенитное расстояние светила, а стало быть, и такая же высота его над горизонтом будут не

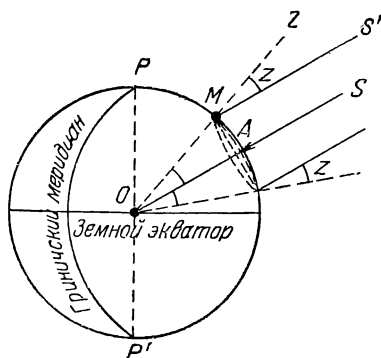


Рис. 47.

только для нашего места, но и для всех точек на Земле, образующих на земной поверхности круг с центром в географическом месте светила. Этот круг называют *кругом равных высот* или *позиционным кругом*. Значит, определив зенитное расстояние светила, например 27° , мы можем только сказать, что мы удалены от географического места светила на 27° , но это может быть в любом месте позиционного круга с радиусом 27° .

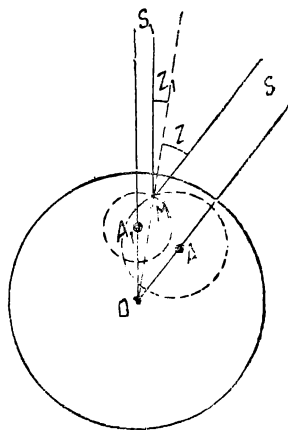


Рис. 48.

Чтобы узнать, где мы находимся на этом круге, надо взять другое светило и по нему подобным же образом наметить круг нашего положения. Второе светило имеет иную высоту и зенитное расстояние, для него мы получим иное географическое место и иной радиус позиционного круга (рис. 48).

Так как мы находимся на том и на другом круге, то точка пересечения кругов укажет место нашего положения на Земле. Хотя у двух кругов, собственно говоря, две точки пересечения, но они обычно значительно удалены на Земле друг от друга. Решить вопрос, какая из этих двух точек соответствует нашему

положению, не представляет труда, когда мы знаем приблизительно район, в котором находимся. На корабле можно иметь земной глобус, на котором и вычерчиваются нужные позиционные круги. Но можно не вычерчивать полных кругов, а намечать только линии вблизи обозначающейся точки их пересечения. Имея это в виду, можно пользоваться картой в большом масштабе вместо глобуса.

Радиусы позиционных кругов на Земле очень велики. В самом деле, 1° дуги земного меридиана, как мы знаем, имеет в длину около 110 км ; значит, при сравнительно большой высоте светила, положим 70° , и зенитном расстоянии $90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$ радиус позиционного круга получается $2\,200 \text{ км}$. Поэтому на практике без особой погрешности можно изображать части кругов равных высот на карте большого масштаба в виде прямых линий. Эти отрезки как бы выпрямленных дуг называются *сомнеровыми линиями*.

Каждая из сомнеровых линий как дуга окружности перпендикулярна к своему радиусу. Радиус же позиционного круга MA (рис. 45) — это линия на земной поверхности, проведенная от места нашего нахождения к географическому месту светила и

лежащая в плоскости круга высоты (в вертикали) светила, которая определяется азимутом светила. Направление радиуса, можно сказать, совпадает с направлением на светило. Это значит, что если на карте наметить направление по азимуту светила, то сомнерова линия будет к этому направлению перпендикулярна.

Чтобы провести сомнеровы линии как отрезки прямых на карте, мы не можем уже пользоваться географическим местом светила как центром и вычерчивать позиционные круги. Точка, через которую надо провести сомнерову линию, находится на карте, исходя из приближённого местонахождения корабля или самолёта. А это местонахождение вычисляется на основании курса самолёта, его скорости и протекшего времени.

Вычисленное таким образом или, как его называют, «счислимое» местоположение, отмеченное на карте, даёт нам приближённую широту и долготу места (φ_n , λ_n). По показанию часов мы будем иметь часовой угол: $t = s - \alpha$. Зная широту φ , склонение δ светила и часовой угол t , мы можем вычислить по одной из формул сферической астрономии, какова должна быть в данном месте высота светила.

По большей части счислимое место не совпадает с действительным. Если вычисленное зенитное расстояние больше наблюдаемого, то в действительности мы находимся ближе к географическому месту светила. В этом случае разность между вычисленным и наблюдаемым зенитным расстоянием покажет, как далеко по радиусу позиционного круга мы находимся от счислимого места в сторону светила. Если же вычисленное зенитное расстояние окажется меньше наблюдаемого, то указанная разность будет отрицательной и покажет, как далеко мы находимся от счислимого места в сторону, противоположную от географического места светила. Вместо разности зенитных расстояний можно взять разность высот, только разность высот надо брать обратную: из наблюдаемой высоты вычитать вычисленную.

Чтобы наметить на карте радиус позиционного круга, надо вычислить азимут светила по тем же данным, по которым вычисляли высоту.

Азимут и разность между измеренной и вычисленной высотами называют *элементами сомнеровой линии*.

Имея эти элементы, отмечаем на карте счислимое место $M_{сч}$ и меридиан, проходящий через него. Под углом к меридиану, равным вычисленному азимуту, проводим прямую линию на карте, соответствующую радиусу позиционного круга. Затем откладываем на ней расстояние, соответствующее разности между

наблюдённой и вычисленной высотами в сторону светила при положительной разности и в противоположную сторону—при отрицательной разности (рис. 49).

Из полученной точки проводим перпендикулярно к линии азимута сомнерову линию.

Наблюдая другую звезду и проделав те же операции, что и с первой звездой, проведём на карте вторую сомнерову линию. Пересечение двух сомнеровых линий даёт расчётное местонахождение M корабля или самолёта (рис. 49), используемое для кон-

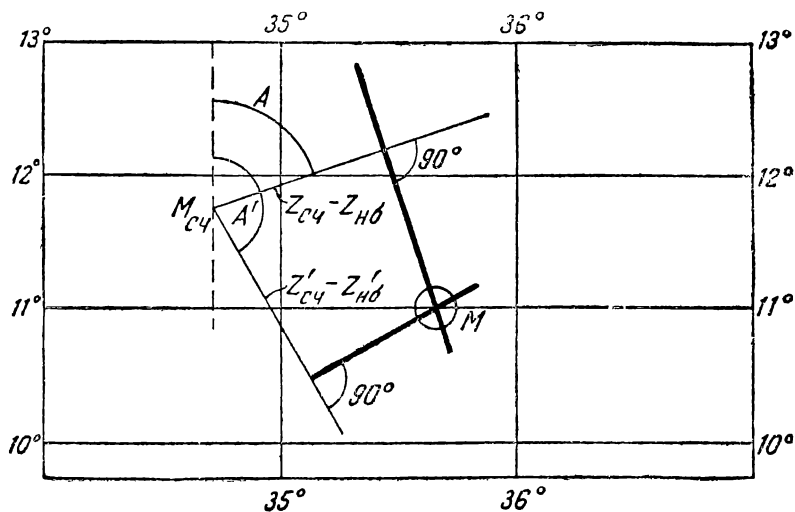


Рис. 49.

троля пути. Вследствие движения наблюдателя это место может несколько отличаться от его действительного местонахождения.

Расчёты показывают, что результаты получаются точнее всего, если у двух наблюдаемых звёзд азимуты отличаются, примерно, на 90°. Выбор звёзд для наблюдений может быть произведён на-глаз или с помощью бортовой звёздной карты, поставленной на данный день и час.

В пути вычислять высоту и азимут светила слишком долго и неудобно. Перед полётом заготавливаются специальные заранее вычисленные таблицы. Пользуясь этими таблицами, из которых берутся счислимые высота и азимут выбранной звезды, и измерив наблюдаемую высоту этой звезды в определённый момент, наносят на карту сомнеровы линии, как это было показано выше.

§ 4. Определение местоположения методом Сомнера по Солнцу.

При дневных астрономических определениях места приходится пользоваться только одним светилом—Солнцем. Поэтому мы не можем получить одновременно двух сомнеровых линий, точка пересечения которых определит место на Земле. В этом случае можно вторично наблюдать Солнце уже через некоторый промежуток времени, когда благодаря суточному вращению

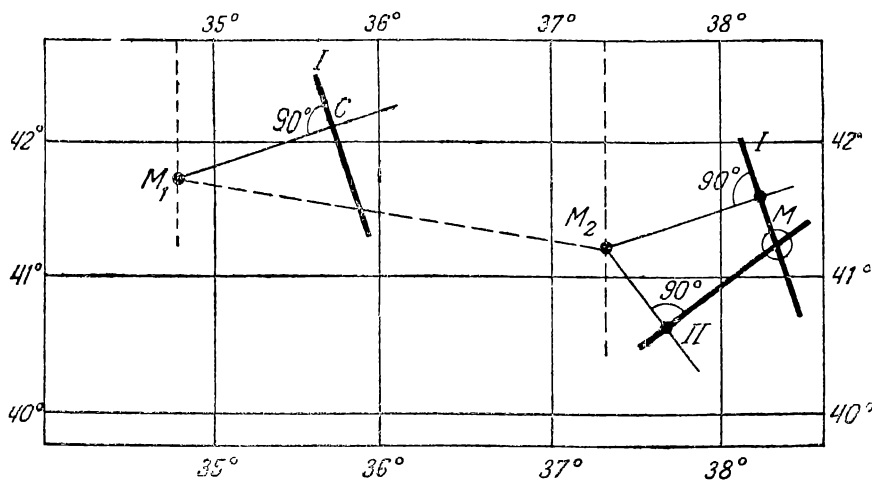


Рис. 50.

изменится величина азимута Солнца. Поэтому надо, произведя первое наблюдение и прочертив первую сомнерову линию, проследить внимательно за курсом самолёта и его скоростью, чтобы возможно точнее рассчитать место на карте второго положения в момент второго измерения высоты Солнца.

На рис. 50 римской цифрой I помечена первая сомнерова линия, проведённая в результате первого измерения высоты Солнца. По истечении некоторого промежутка времени самолёт перешёл из точки M_1 в точку M_2 . Произведя новое измерение высоты Солнца, построим для точки M_2 вторую сомнерову линию, помеченную римской цифрой II . Чтобы определить истинное местоположение, перенесём параллельно в точку M_2 построение первой сомнеровой линии: из точки M_2 проводим прямую, параллельную прямой M_1C , и откладываем на ней от точки M_2 расстояние, равное M_1C ; из полученной точки проводим перпендикуляр, который будет параллелен I сомнеровой линии.

Эта сомнерова линия пересечётся со II сомнеровой линией. Точка их пересечения *M* и есть местонахождение наблюдателя.

Иногда вторым светилом днём может служить Луна, для которой одновременно с Солнцем может быть также найдена сомнерова линия. Под вечер, ещё до наступления темноты, можно наблюдать яркие планеты, например Венеру, Юпитер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Все изложенные в настоящей книге способы астрономической ориентировки только тогда могут быть по настоящему и при всякой нужде быстро использованы, когда они будут не только хорошо поняты, но и настолько усвоены, что станут привычными и не будут требовать каждый раз особых размышлений. А этого можно достигнуть только многократными упражнениями в наблюдениях простым глазом над небом, притом в разное время и при различных расположениях светил по отношению к горизонту и к полюсу мира (Полярной звезде).

Если вначале надо уделять для этих упражнений особое время, то в дальнейшем следует только каждый раз, когда мы оказываемся под открытым безоблачным небом, стараться найти на нём те или иные созвездия и отдельные яркие звёзды, начиная с Большой Медведицы и Полярной звезды, замечать их расположение, сейчас же отмечать направление меридиана, кульминирующие звёзды, звёзды в восточной стороне, звёзды в западной стороне неба, определять время по стрелке Б. Медведицы и т. д. Днём следует замечать положение Солнца и Луны, если последняя видна, и по ним определять основные направления относительно горизонта и время, по форме Луны — рассчитывать, какая часть ночи будет сопровождаться лунным освещением.

Приобретённые таким образом навыки дадут возможность быстро выйти из затруднительного положения, когда в руках нет ни компаса, ни часов и никаких других пособий и приспособлений. А это весьма часто случается в боевых условиях.

Каждый боец-разведчик, а тем более лётчик и офицер любой воинской части, должен поставить своей задачей приобрести эти навыки, которые явятся весьма полезным дополнением к их военным знаниям.

Для справок и проверки себя при наблюдениях неба следует из прилагаемых к книге листов со звёздной картой и кругом

для выреза сделать подвижную карту, как это указано в пояснениях к ней. Установив карту на данный день и час, легко освежить в памяти все названия звёзд, видимых в это время на ночном небе, и их расположение по отношению к горизонту.

Тем, кто хотел бы получить более подробное знакомство с методами практической астрономии, применяемыми, например в мореходном деле или в авиации, а также узнать больше о самих небесных светилах, можно рекомендовать прочитать ещё книги, примерный список которых мы здесь приводим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астрономический календарь на каждый год, издаваемый Горьковским астрономо-геодезическим обществом.

2. Русский Астрономический Календарь—постоянная часть, 4-е изд., 1930 г.

3. Р. В. К у н и ц к и й. Авиационная астрономия, Воениздат, 1943 г.

4. И. Т. С п и р и н. Полёты в Арктике. Изд. Главсевморпути, 1940 г.

5. П. И. М и х а й л о в. Мореходная астрономия. Изд. Военно-морского училища связи, 1936 г.

6. Б. П. Х л ю с т и н. Мореходная астрономия. Изд. «Водный транспорт», 1938 г.

7. М. И. Г у р е в и ч. Астрономическая навигация. Речиздат Аэрофлота, 1940 г.

8. Н. Ф. К у д р я в ц е в. Аэронавигация. Воениздат. 1939 г.

9. К. Д. П о к р о в с к и й. Курс практической астрономии. Гостехиздат, 1932 г.

10. И. Ф. П о л а к. Общедоступная астрономия. Гостехиздат, 1944 г.

11. П. И. П о п о в, К. Л. Б а е в, Б. А. В о р о н ц о в-В е л ь я м и н о в, Р. В. К у н и ц к и й. Астрономия. Учпедгиз, 1940 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Греческий алфавит

Буквы	Названия	Буквы	Названия
Α, α	альфа	Ν, ν	ню
Β, β	бэта	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	гамма	Ο, ο	омикрон
Δ, δ	дельта	Π, π	пи
Ε, ε	эпсилон	Ρ, ρ	ро
Ζ, ζ	дзета	Σ, σ, ς	сигма
Η, η	эта	Τ, τ	тау
Θ, θ, ϑ	тэта	Υ, υ	ипсилон
Ι, ι	йота	Φ, φ	фи
Κ, κ	каппа	Χ, χ	хи
Λ, λ	ламбда	Ψ, ψ	пси
Μ, μ	мю	Ω, ω	омега

Планеты

(видимые простым глазом)

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца		Период обращ. вокруг Солнца в годах	Диамет- ры, выра- женные в земных диамет- рах	Видимая звёздная величина (наи- большая)
	В млн. км	По отно- шению к земно- му			
Меркурий	58	0,39	0,24	0,40	—1,5
Венера	108	0,72	0,62	0,99	—4,9
Марс	228	1,52	1,88	0,54	—1,8
Юпитер	778	5,20	11,86	11,1	—2,4
Сатурн	1 426	9,54	29,46	9,4	—0,2

Средние координаты звёзд

№	Название	Звёздная величина	Прямое восхо- ждение	Склоне- ние
1	α Андромеды	2.2	1°22'	+28°47'
2	β Кассиопеи	2.4	1 32	+58 50
3	α Кассиопеи	2.1—2.6	9 19	+56 14
4	β Кита	2.2	10 11	—18 18
5	γ Кассиопеи	2.2	13 19	+60 25
6	β Андромеды	2.4	16 38	+35 19
7	α М. Медведицы (Полярная)	2.1	26 04	+89 00
8	γ Андромеды	2.3	30 06	+42 03
9	α Овна	2.2	30 59	+23 12
10	α Персея	1.9	50 04	+49 40
11	α Тельца (Альдебаран)	1.1	68 10	+16 24
12	β Ориона (Ригель)	0.3	77 57	— 8 16
13	α Возничего (Капелла)	0.2	78 07	+45 57
14	γ Ориона (Беллятрикс)	1.7	80 31	+ 6 18
15	β Тельца	1.8	80 40	+28 34
16	δ Ориона	2.5	82 16	— 0 20
17	ϵ Ориона	1.8	83 19	— 1 14
18	ζ Ориона	2.0	84 28	— 1 58
19	χ Ориона	2.2	86 16	— 9 41
20	α Ориона (Бетельгейзе)	0.1—1.2	88 01	+ 7 24
21	β Возничего	2.1	88 50	+44 57
22	β Б. Пса	2.0	95 03	—17 56
23	γ Близнецов	1.9	98 36	+16 27
24	α Б. Пса (Сириус)	—1.6	100 40	—16 38
25	ϵ Б. Пса	1.6	104 06	—28 54
26	δ Б. Пса	2.0	106 31	—26 18
27	η Б. Пса	2.4	110 28	—29 12
28	α Близнецов (Кастор)	1.6	112 44	+32 01
29	α М. Пса (Процион)	0.5	114 05	+ 5 22
30	β Близнецов (Поллукс)	1.2	115 27	+28 10

№	Название	Звёздная величина	Прямое восхо- ждение	Склоне- ние
31	α Гидры	2.2	141°12'	— 8°25'
32	α Льва (Регул)	1.3	151 20	+12 15
33	β Б. Медведицы (Мирак)	2.4	164 36	+56 41
34	α Б. Медведицы (Дубхе)	2.0	165 03	+62 04
35	β Льва (Денебола)	2.2	176 32	+14 53
36	γ Б. Медведицы	2.5	177 43	+54 01
37	ε Б. Медведицы	1.7	192 53	+56 16
38	ζ Б. Медведицы	2.4	200 25	+55 13
39	α Девы (Спика)	1.2	200 33	—10 52
40	η Б. Медведицы	1.9	206 19	+49 36
41	α Волопаса (Арктур)	0.2	213 16	+19 29
42	β М. Медведицы	2.2	222 43	+74 23
43	α Северной Короны	2.3	233 04	+26 54
44	δ Скорпиона	2.5	239 14	—22 28
45	α Скорпиона (Антарес)	1.2	246 29	—26 18
46	α Змееносца	2.1	263 04	+12 36
47	γ Дракона	2.4	268 49	+51 30
48	α Лиры (Вега)	0.1	278 45	+38 44
49	σ Стрельца	2.1	282 56	—26 22
50	α Орла (Альтаир)	0.9	297 00	+ 8 43
51	γ Лебедя	2.3	305 03	+40 04
52	α Лебедя (Денеб)	1.3	309 52	+45 05
53	ε Пегаса	2.5	325 21	+ 9 37
54	α Южной Рыбы (Фомальгаут)	1.3	343 38	—29 55

Таблица широт и долгот (к востоку от Гринича) главнейших городов СССР

Город	Широта	Долгота	Пояс	Город	Широта	Долгота	Пояс
	° /	ч. м.			° /	ч. м.	
Алма-Ата . . .	43 16	5 7,8	V	Киев	50 27	2 2,0	II
Архангельск . .	54 34	2 42,1	II	Киров	58 36	3 18,7	III
Астрахань . . .	46 21	3 12,2	III	Кишинёв . . .	47 02	1 55,3	II
Ашхабад	37 45	3 53,6	IV	Кострома . . .	57 46	2 43,7	III
Баку	40 21	3 19,4	III	Краснодар . . .	45 03	2 35,8	III
Батуми	41 40	2 46,5	III	Красноярск . .	56 01	6 11,4	VI
Вильнюс	54 41	1 41,0	II	Куйбышев . . .	53 11	3 20,3	III
Витебск	55 10	2 0,8	II	Курск	51 44	2 24,8	II
Владивосток . .	43 07	8 47,5	IX	Ленинград . . .	59 57	2 1,0	II
Владимир	55 12	2 41,6	II	Львов	49 50	1 36,1	II
Вологда	59 13	2 39,5	II	Минск	53 54	1 50,2	II
Воронеж	51 39	2 36,8	II	Могилёв	53 54	2 1,3	II
Ганджа	40 41	3 5,4	IV	Молотов	58 01	3 45,1	IV
Гомель	52 25	2 4,1	II	Москва	55 45	2 30,3	II
Горький	56 20	2 56,0	III	Мурманск . . .	68 59	2 12,2	II
Днепропетровск . . .	48 28	2 20,3	II	Николаевск на Амуре	53 08	9 22,9	IX
Енисейск	58 27	6 8,8	VI	Новгород	58 31	2 5,1	II
Ереван	40 14	2 58,0	III	Новосибирск . .	55 1	5 31,7	VI
Житомир	50 15	1 54,6	II	Новочеркасск .	47 25	2 40,4	II
Иваново	57 0	2 43,9	II	Одесса	46 29	2 3,0	II
Иркутск	52 16	6 57,1	VII	Омск	54 59	4 53,5	V
Казань	55 48	3 16,5	III	Орёл	52 58	2 24,3	II
Калинин	56 52	2 23,6	II	Орджоникидзе	43 02	2 58,7	III
Калуга	54 31	2 25,0	II	Пенза	53 11	3 0,1	III
Каменец-Польск . . .	48 40	1 46,3	II				
Каунас	54 54	1 35,5	II				

Город	Широта	Долгота	Пояс	Город	Широта	Долгота	Пояс
	° ' ч. м.				° ' ч. м.		
Петрозаводск .	61 47	2 17,6	II	Тбилиси . . .	41 42	2 59,2	III
Петропавловск на Камчатке	53 0	10 34,9	XI	Тобольск . .	58 12	4 33,1	V
Полтава . . .	49 35	2 18,3	II	Томск	56 30	5 39,8	VI
Псков	57 49	1 53,3	II	Тула	54 12	2 30,5	II
Рига	56 57	1 33,5	II	Ульяновск . .	54 19	3 13,6	III
Ростов на Дону	47 13	2 38,8	II	Уфа	54 43	3 43,8	IV
Рязань	54 38	2 39,0	II	Фрунзе	42 53	4 58,5	V
Самарканд . .	38 39	4 27,9	IV	Хабаровск . .	48 28	9 0,2	IX
Саратов . . .	51 32	3 4,3	III	Харьков . . .	50 00	2 24,9	II
Свердловск . .	56 49	4 2,4	IV	Херсон	46 38	2 10,5	II
Севастополь .	44 37	2 14,1	II	Челябинск . .	55 10	4 5,4	IV
Симферополь .	44 57	2 16,4	II	Чернигов . . .	51 29	2 5,2	II
Смоленск . . .	54 46	2 18,2	II	Черновицы . .	48 18	1 43,8	II
Ставрополь . .	43 02	2 48,0	III	Чита	52 01	7 34,0	VIII
Сталинград . .	48 48	2 58,1	III	Чкалов	51 45	3 40,4	IV
Таллин	59 96	1 39,0	II	Якутск	62 02	8 39,0	VIII
Тамбов	52 44	2 45,8	III	Ярославль . .	57 38	2 39,5	II
Ташкент . . .	41 18	4 37,2	V				

Превращение среднего времени в звёздное

Часы		Минуты			
Среднее время	Поправка прибавляется	Среднее время	Поправка прибавляется	Среднее время	Поправка прибавляется
1 ^h	0 ^m 9 ^s ,86	1 ^m	0 ^s ,16	31 ^m	5 ^s ,09
2	0 19,71	2	0,33	32	5,26
3	0 29,57	3	0,49	33	5,42
4	0 39,43	4	0,66	34	5,60
5	0 49,28	5	0,82	35	5,76
6	0,59,14	6	0,99	36	5,91
7	1 9,00	7	1,15	37	6,08
8	1 18,85	8	1,31	38	6,24
9	1 28,71	9	1,48	39	6,41
10	1 38,56	10	1,64	40	6,58
11	1 48,42	11	1,80	41	6,74
12	1 58,28	12	1,97	42	6,90
13	2 8,13	13	2,13	43	7,06
14	2 18,00	14	2,30	44	7,23
15	2,27,85	15	2,46	45	7,40
16	2 37,70	16	2,63	46	7,56
17	2 47,56	17	2,80	47	7,72
18	2 57,42	18	2,96	48	7,89
19	3 7,27	19	3,12	49	8,05
20	3 17,13	20	3,29	50	8,21
21	3 27,00	21	3,45	51	8,38
22	3 36,84	22	3,61	52	8,54
23	3 46,70	23	3,78	53	8,71
24	3 56,56	24	3,94	54	8,87
Секунды		25	4,11	55	9,04
	10 ^s	26	4,27	56	9,20
	20	27	4,44	57	9,36
	30	28	4,60	58	9,53
	40	29	4,76	59	9,70
	50	30	4 93	60	9,86

Пример. Перевести 22^h 14^m 15^s единиц среднего времени в звёздные (22^h + 3^m 36^s,84) + (14^m + 2^s,30) + (15^s + 0^s,04) = 22^h17^m54^s,18

Итак, 22^h14^m15^s средних = 22^h17^m54^s,18 звёздных.

Превращение звёздного времени в среднее

Часы		Минуты			
Звёздное время	Поправка вычитается	Звёздное время	Поправка вычитается	Звёздное время	Поправка вычитается
1 ^h	0 ^m 9 ^s , 83	1 ^m	0 ^s , 16	31 ^m	5 ^s , 08
2	0 19, 66	2	0, 33	32	5, 24
3	0 29, 50	3	0, 49	33	5, 41
4	0 39, 32	4	0, 66	34	5, 57
5	0 49, 15	5	0, 82	35	5, 73
6	0 58, 98	6	0, 98	36	5, 90
7	1 8, 81	7	1, 15	37	6, 06
8	1 18, 64	8	1, 31	38	6, 23
9	1 28, 47	9	1, 47	39	6, 39
10	1 38, 30	10	1, 64	40	6, 55
11	1 48, 12	11	1, 80	41	6, 72
12	1 57, 96	12	1, 97	42	7, 88
13	2 7, 80	13	2, 13	43	7, 04
14	2 17, 61	14	2, 29	44	7, 21
15	2 27, 44	15	2, 46	45	0, 37
16	2 37, 27	16	2, 62	46	7, 54
17	2 47, 10	17	2, 78	47	7, 69
18	2 56, 93	18	2, 95	48	7, 86
19	3 6, 76	19	3, 11	49	8, 03
20	3 16, 60	20	3, 28	50	8, 19
21	3 26, 42	21	3, 44	51	8, 36
22	3 36, 25	22	3, 60	52	8, 52
23	3 46, 08	23	3, 77	53	8, 68
24	3 55, 90	24	3, 93	54	8, 85
Секунды		25	4, 10	55	9, 01
	10 ^s	26	4, 26	56	9, 17
	20	27	4, 42	57	9, 33
	30	28	4, 59	58	9, 50
	40	29	4, 75	59	9, 67
	50	30	4, 91	60	9, 83

Пример. Выразить в средних единицах 6^h 51^m 32^s звёздного времени (6^h — 58^s, 98) + (51^m — 8^s, 36) + (32^s — 0^s, 08) = 6^h 50^m 24^s, 58.
 Значит, 6^h 51^m 32^s звёздных = 6^h 50^m 24^s, 58 средних.

Таблица перевода времен и в дугу.

	0 ^ч	1 ^ч	2 ^ч	3 ^ч	4 ^ч	5 ^ч	6 ^ч	7 ^ч	8 ^ч	9 ^ч	10 ^ч	11 ^ч	
00 ^м	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	00 ^м
04	1	16	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	04
08	2	17	32	47	62	77	92	107	122	137	152	167	08
12	3	18	33	48	63	78	93	108	123	138	153	168	12
16	4	19	34	49	64	79	94	109	124	139	154	169	16
20	5	20	35	50	65	80	95	110	125	140	155	170	20
24	6	21	36	51	66	81	96	111	126	141	156	171	24
28	7	22	37	52	67	82	97	112	127	142	157	172	28
32	8	23	38	53	68	83	98	113	128	143	158	173	32
36	9	24	39	54	69	84	99	114	129	144	159	174	36
40	10	25	40	55	70	85	100	115	130	145	160	175	40
44	11	26	41	56	71	86	101	116	131	146	161	176	44
48	12	27	42	57	72	87	102	117	132	147	162	177	48
52	13	28	43	58	73	88	103	118	133	148	163	178	52
56	14	29	44	59	74	89	104	119	134	149	164	179	56
	12 ^ч	13 ^ч	14 ^ч	15 ^ч	16 ^ч	17 ^ч	18 ^ч	19 ^ч	20 ^ч	21 ^ч	22 ^ч	23 ^ч	
00 ^м	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	00 ^м
04	181	196	211	226	241	256	271	286	301	316	331	346	04
08	182	197	212	227	242	257	272	287	302	317	332	347	08
12	183	198	213	228	243	258	273	288	303	318	333	348	12
16	184	199	214	229	244	259	274	289	304	319	334	349	16
20	185	200	215	230	245	260	275	290	305	320	335	350	20
24	186	201	216	231	246	261	276	291	306	321	336	351	24
28	187	202	217	232	247	262	277	292	307	322	337	352	28
32	188	203	218	233	248	263	278	293	308	323	338	353	32
36	189	204	219	234	249	264	279	294	309	324	339	354	36
40	190	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340	355	40
44	191	206	221	236	251	266	281	296	311	326	341	356	44
48	192	207	222	237	252	267	282	297	312	327	342	357	48
52	193	208	223	238	253	268	283	298	313	328	343	358	52
56	194	209	224	239	254	269	284	299	314	329	344	359	56

Продолжительность гражданских сумерек
(Из Астрономического календаря на 1942 г.)

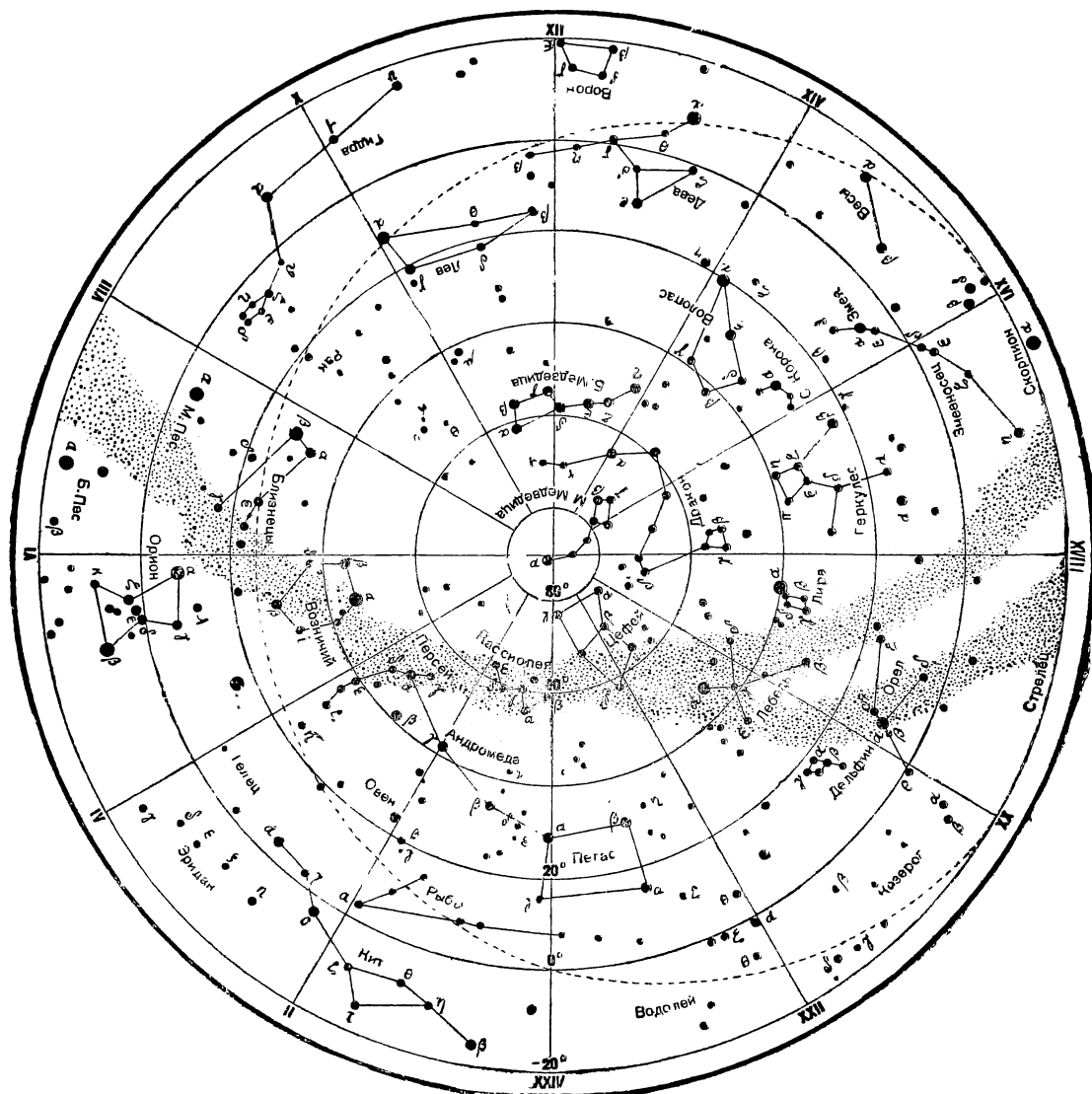
φ Дата		40°	44°	48°	52°	56°	60°	64°
		ч. м	ч. м	ч. м	ч. м	ч. м	ч. м	ч. м
Январь . . .	{ 1	0 32	0 35	0 39	0 43	0 50	1 1	1 19
	{ 11	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 58	1 13
	{ 21	0 31	0 33	0 36	0 40	0 46	0 54	1 7
	{ 31	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 2
Февраль	{ 10	0 29	0 31	0 34	0 37	0 41	0 47	0 57
	{ 20	0 28	0 30	0 33	0 26	0 40	0 45	0 53
Март	{ 2	0 28	0 30	0 32	0 35	0 39	0 43	0 50
	{ 12	0 28	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 49
	{ 22	0 28	0 30	0 32	0 35	0 38	0 43	0 49
Апрель . . .	{ 1	0 28	0 30	0 32	0 36	0 39	0 45	0 52
	{ 11	0 29	0 31	0 33	0 37	0 40	0 47	0 55
	{ 21	0 29	0 32	0 34	0 38	0 43	0 50	1 2
Май	{ 1	0 30	0 33	0 35	0 40	0 46	0 56	1 12
	{ 11	0 31	0 34	0 37	0 43	0 50	1 3	1 32
	{ 21	0 33	0 36	0 40	0 46	0 55	1 14	—
	{ 31	0 34	0 37	0 42	0 49	1 1	1 30	—
Июнь	{ 10	0 34	0 38	0 43	0 52	1 6	1 51	—
	{ 20	0 35	0 38	0 44	0 53	1 8	2 16	—
	{ 30	0 35	0 38	0 44	0 52	1 7	2 2	—
Июль	{ 10	0 34	0 38	0 43	0 49	1 4	1 39	—
	{ 20	0 33	0 37	0 42	0 48	0 59	1 22	—
	{ 30	0 33	0 36	0 40	0 46	0 54	1 10	1 54
Август	{ 9	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 1	1 21
	{ 19	0 31	0 34	0 37	0 41	0 47	0 55	1 8
	{ 29	0 30	0 33	0 35	0 39	0 44	0 51	1 1
Сентябрь . . .	{ 8	0 29	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 57
	{ 18	0 29	0 32	0 34	0 37	0 41	0 46	0 54
	{ 28	0 29	0 31	0 33	0 37	0 40	0 46	0 52
Октябрь . . .	{ 8	0 29	0 31	0 34	0 37	0 40	0 46	0 52
	{ 18	0 30	0 32	0 34	0 38	0 41	0 47	0 53
	{ 28	0 30	0 32	0 35	0 39	0 43	0 49	0 56
Ноябрь . . .	{ 7	0 31	0 33	0 36	0 40	0 44	0 51	1 0
	{ 17	0 31	0 33	0 37	0 41	0 46	0 54	1 6
	{ 27	0 32	0 34	0 38	0 42	0 48	0 57	1 12
Декабрь . . .	{ 7	0 32	0 35	0 38	0 43	0 50	1 0	1 17
	{ 17	0 32	0 35	0 39	0 44	0 51	1 2	1 22
	{ 27	0 32	0 35	0 39	0 44	0 51	1 2	1 21

Сумерки длятся всю ночь; φ 61°—с 6 июня по 8 июля; φ 62°—с 30 мая по 16 июля; φ 63°—с 24 мая по 21 июля; φ 64°—с 19 мая по 26 июля.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава I. Приближённые способы ориентировки	7
§ 1. Ориентировка по Солнцу	8
§ 2. Ориентировка по Луне	12
§ 3. Звёздное небо и определение положения звёзд	17
§ 4. Ориентировка по звёздам	22
§ 5. Приближённое определение времени по звёздам	28
Глава II. Определение места на Земле	32
§ 1. Географические координаты	32
§ 2. Географические карты	34
§ 3. Звёздные карты	37
§ 4. Определение широты	40
Глава III. Время и долгота	45
§ 1. Звёздное время	46
§ 2. Солнечное время	48
§ 3. Местное и всемирное время. Определение долготы	52
§ 4. Поясное, декретное и оперативное время	54
§ 5. Часы и хронометры. Служба времени	58
§ 6. Изменение вида неба в зависимости от времени и места наблюдения. Подвижная карта звёздного неба	61
§ 7. Положение Луны и планет в разное время	69
§ 8. Рефракция. Сумерки	72
Глава IV. Понятие об астрономической ориентировке, применяемой в мореплавании и авиации	74
§ 1. Приближённые и более точные способы ориентировки	74
§ 2. Секстан	75
§ 3. Понятие об определении местоположения по двум звёздам методом Сомнера	78
§ 4. Определение местоположения методом Сомнера по Солнцу	83
Заключение	84
Литература	86
Приложения	87

ЗВЁЗДНАЯ КАРТА



Цена 2 руб.