

Задача о необитаемом острове

О.В. Уфимцева

Автор: Уфимцева Оксана Валентиновна, учитель физики и астрономии гимназии № 44 г. Новокузнецка.

Предмет: Астрономия.

Класс: 11.

Тема: Астрометрия.

Профиль: Физико-математический.

Уровень: Общий.

Текст задачи

Ваш самолет потерпел крушение, и вы оказались на необитаемом острове. Как вам точнее определить место вашего положения (широту и долготу местности)? Учтите, что у вас остались работающие часы или вы знаете, сколько времени прошло с момента вашего вылета.

Неизвестно, сколько вам придется прожить на этом острове. Как вы будете вести свой календарь?

А) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

Б) Найдите и соберите необходимую информацию.

В) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

Г) Сделайте выводы.

Д) Сравните ваши выводы с выводами известных людей.

Возможные информационные источники

3. Жанклука Ранцини. Космос. Сверхновый атлас Вселенной / Пер. с англ. Г. Семенов. М., 2003. (Солнечная система. С. 28–32, Созвездия. С. 170–212).

4. Левитан Е.П. Астрономия: Учеб. для 11 класса. М., 2002. (Введение в астрономию §1–6).

5. Куницкий Р.В. Курс авиационной астрономии. М.: Воениздат, 1949.

6. Полак И.Ф. Время и календарь. Госиздат ТТЛ, 1948.

7. CD: Открытая Астрономия 2.5, 2002 (§1).

8. CD: RedShift 3.

9. www.Astronet.ru_(поисковая система)

10. www.college.ru/astronomy/course/content/index.htm (Открытая астрономия)

11. www.hea.ikirssi.ru/~nick/astro/

Культурный образец для сопоставления

Кондратьев Н. Я. Астрономия в авиации. М.: Воениздат МВС СССР, 1950.

Использовать наблюдения за небесными светилами для своих практических целей люди начали в давние времена, когда у них еще не было никаких технических средств, кроме простейших сельскохозяйственных орудий.

Наблюдая ежедневный восход и заход Солнца, его видимое движение по небесной сфере, люди замечали, что в середине дня оно достигает

РЕСУРСЫ

наивысшей точки на небе, что время восхода и захода, а также высота Солнца над горизонтом в полдень меняются закономерно в течение года. Наблюдения ночью обнаружили также закономерность вращения звездного неба, закономерность движения и изменения вида Луны. Это дало людям возможность свои наблюдения небесных светил использовать для решения важнейших жизненных задач — определения направления в пространстве и счета времени.

В те далекие времена людям, занимающимся земледелием, необходимо было знать время смены дня и ночи, наступление времени года, чтобы подготовиться и провести сельскохозяйственные работы. Людям, занимающимся скотоводством, надо было уметь определять направление для перегона скота на значительные расстояния, хотя бы приблизительно ориентироваться на местности, чтобы иметь представление о своём местонахождении относительно соседей.

Практические потребности человека привели к тому, что наблюдаемая закономерность движения небесных светил легла в основу счета времени и летоисчисления. Небесные светила послужили первыми ориентирами, по которым древние люди определяли направление при дальних переходах.

Первые записи астрономических наблюдений уже велись народами Африки и Азии, жившими примерно за 3000 лет до нашей эры.

Таким образом, **астрономия — наука о небесных светилах — является древнейшей наукой, возникшей на основе практических потребностей человека.**

Ф. Энгельс в «Диалектике природы», говоря о последовательности раз-

вития отраслей естествознания, указывает, что вначале начала развиваться астрономия, которая уже из-за времен года была абсолютно необходима для пастушеских и земледельческих народов (Ф. Энгельс, Диалектика природы, Госполитиздат, 1941, стр. 147.).

Изучение законов Вселенной помогло также развитию математики, физики и других наук. Но, помогая другим наукам, она использовала их данные для более глубокого познания законов развития вселенной. Так, математика была необходима для различных вычислений при измерениях, физика помогала изучать законы движения, строение небесных светил и т. д.

Астрономия на протяжении всей своей долгой истории сыграла исключительно большую роль в развитии материалистического мировоззрения, борясь с суевериями и религиозными предрассудками. Например, узнав причины солнечных затмений, люди перестали испытывать суеверный страх перед этим явлением. Астрономия как одна из научных основ диалектического материализма и в настоящее время помогает разоблачать неправильные лженаучные представления о мире.

С возникновением и развитием торговых отношений между различными народами появилась необходимость в передвижении на значительные расстояния. Преодоление больших морских пространств со значительным удалением от берегов, до появления магнитного компаса было возможно только при помощи небесных светил, наблюдение за которыми помогало мореплавателям держаться нужного направления и определять в открытом море своё местонахождение. Но с течением времени простых наблюдений

оказалось недостаточно, люди начали изучать небесную сферу, закономерность движения небесных светил, производить более точные астрономические наблюдения и расчеты.

Развитие астрономии дало людям возможность научно определить форму и размеры Земли, а затем на основе этого создать топографические карты, столь необходимые для больших передвижений по земле и по морю.

Астрономия и в настоящее время является важнейшим средством, при помощи которого мы познаем различные явления природы. В астрономических обсерваториях регулярно ведутся наблюдения за небесной сферой, производятся различные измерения движений небесных светил, и после обработки эти данные используются в различных отраслях науки и техники. При помощи практической астрономии мы решаем такие задачи, без которых была бы невыносима нормальная жизнь современного общества.

Так, например, наблюдения за движением небесных светил позволяют точно определять время и производить проверку часов.

Практическая астрономия имеет исключительно большое значение в военном деле.

Глазомерно определять время и направление, ориентироваться относительно стран света по Солнцу, по Луне, по созвездию Большой Медведицы и Полярной звезде должен уметь каждый воин.

В артиллерии, например, весьма успешно используются измерения положений небесных светил для определения точного направления стрельбы по цели.

Практическая астрономия применяется в морском флоте и авиации,

где она выделена в самостоятельную отрасль науки: «мореходную астрономию» и «авиационную астрономию».

Авиационная астрономия восприняла от мореходной астрономии основные методы астрономических навигационных определений, соответственно переработав их для условий полета самолета.

В авиации, как и в морском флоте, важно уметь определять своё местонахождение в любой момент полета. Как морской корабль, находящийся в открытом море вдали от берегов, нуждается в точном знании своего места, чтобы правильно взять курс для следования в назначенное место, так и самолет нуждается в точном определении своего места для правильного и своевременного выхода в пункт назначения.

Определение места корабля или самолета по небесным светилам является одной из основных задач мореходной и авиационной астрономии. Средства и методы этих определений складывались веками. Древнегреческие мореплаватели применяли простейшие методы определения места корабля по небесным светилам. Астрономические приборы и методы пользования ими совершенствовались, особенно в эпоху великих географических открытий XV и XVI вв.

Своего значения для кораблеведения астрономия не утратила и с появлением магнитного компаса, так как точность его показаний зависит от трудно учитываемых ошибок. Знаменитый мореплаватель Колумб, открывший в 1492 г. Америку, отмечая ненадежность работы магнитного компаса, говорил: «Существует лишь одно безошибочное корабельное исчисление — это астрономическое; счастливые

РЕСУРСЫ

тот, кто с ним знаком». Действительно, в 1819 г. русские моряки, находясь вблизи неизвестной суши и определяя своё местонахождение по небесным светилам, открыли новую часть света — Антарктиду.

Небесная сфера

Для целей самолетовождения используется ограниченное количество небесных светил: днем Солнце и иногда Луна; ночью — Луна и наиболее яркие планеты и звезды. К наиболее ярким аэронавигационным звездам относятся: Полярная, Вега, Капелла, Арктур, Процион, Альтаир, Бетельгейзе, Альдебаран, Спика, Денеб, Регул, Алиот и Альферац. К наиболее ярким планетам относятся Марс, Юпитер, Сатурн, Венера.

При полетах в широтах от 14 до 28° дополнительно можно пользоваться звездами Ригель, Антарес, Поллукс и Фомальгаут. Обычно в одно и то же время используется одно или два светила, положение которых относительно самолета даёт наибольшую точность определения навигационных элементов и представляет наибольшее удобство для измерения в данных условиях полета. Найти Солнце или Луну на небе нетрудно. Что же касается звёзд и планет, то для того, чтобы находить их, нужно уметь ориентироваться на звездном небе.

Звездное небо

Звездное небо представляется нам в виде огромного купола, опрокинутого над нами, на котором все звезды неподвижны относительно друг друга. Образуемая видимыми звездами небесная сфера вращается вокруг своей оси, называемой осью мира, которая прохо-

дит параллельно оси вращения Земли. *Вращение небесной сферы является кажущимся. На самом деле Земля вращается вокруг своей оси, а нам кажется, что вращается звездное небо...* Небесная сфера производит полный оборот за одни сутки.

Внимательно наблюдая ночью небо, мы увидим, что оно не так однообразно, как кажется на первый взгляд. Мы заметим, что одни звезды ярче, другие бледнее, что в одной стороне неба одни звездные рисунки, в другой — другие.

По своей яркости звезды делятся на звездные величины. К звездам первой величины относятся звезды, которые в 100 раз ярче самых слабых по яркости звёзд на небе, видимых невооруженным глазом, менее яркие — к звездам второй величины, они в 2,5 раза по яркости слабее звёзд первой величины, еще менее яркие — к звездам третьей величины, они по яркости в 2,5 раза слабее звёзд второй величины и т. д. Звезды каждой следующей звездной величины светят в 2,5 раза слабее звёзд предыдущей звездной величины. Самые слабые по яркости звезды, видимые при нормальном зрении невооруженным глазом, относятся к звездам шестой величины. Для более точного разграничения яркости применяются дробные обозначения звездных величин. Например, звездная величина Полярной звезды 2,1; Беги 0,1; Алиота 1,7 и т. д. К наиболее ярким звездам относятся звезды, величина которых меньше единицы, в том числе и звезды с отрицательной величиной, как, например, Сириус, звездная величина которого равна минус 1,6.

Для человека с нормальным зрением одновременно над горизонтом видно около 3000 звезд. Если звезд-

ными величинами выразить самые яркие светила неба, то оказывается: звездная величина Солнца—минус 26,8; Луны (полной) — минус 12,6; Венеры — минус 4,3; Марса — минус 2,8; Юпитера — минус 2,5.

Все звездное небо условно разбито на участки. Эти участки называются созвездиями. *Всего их на небе 88.* Каждое созвездие имеет своё название. Названия давались созвездиям еще в древние времена по конфигурациям характерных групп звезд. В этих фигурах люди находили сходство с какими-либо животными, предметами или сказочными героями. Эти названия сохранились и до наших дней. ... В каждом созвездии звезды обозначаются буквами греческого алфавита, а наиболее яркие из них имеют еще и собственные названия.

Для изучения звездного неба существует несколько способов отыскания звезд. Один из них следующий. Вся небесная сфера условно разбивается на три больших участка, характерных яркими созвездиями и звездами.

На первом участке неба прежде всего необходимо уметь найти созвездие Большой Медведицы. Оно характерно семью достаточно яркими звездами, образующими фигуру ковша (рис. 1).

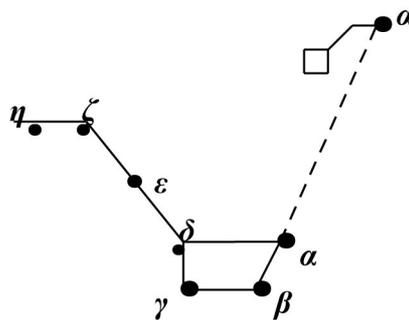


Рис. 1

Ввиду вращения звездного неба ручка ковша иногда бывает направлена влево, иногда вниз или вверх, а иногда этот ковш опрокинут кверху дном; тогда он бывает виден почти над головой.

Если мысленно соединить линией две крайние звезды, противоположные ручке ковша Большой Медведицы, и линию продолжить вверх от дна ковша, отсчитав по этой линии пять отрезков, примерно равных расстоянию между этими звездами, мы встретим **Полярную звезду**. Полярная звезда находится почти у точки северного полюса мира и так как её вращение вокруг оси мира на глаз незаметно, то она может служить надежным ориентиром для определения направления на север. Полярная звезда входит в созвездие Малой Медведицы, тоже напоминающее ковш, но меньшего размера. Это созвездие состоит из менее ярких звезд, чем созвездие Большой Медведицы. Если продолжить дугообразную линию ручки ковша Большой Медведицы, то на этой линии мы встретим яркую звезду **Арктур**, входящую в созвездие Волопаса, а еще дальше на продолжении этой линии нам встретится звезда **Спика**, входящая в созвездие Девы.

Последнюю аэронавигационную звезду этого участка неба **Регул**, входящую в созвездие Льва, можно найти, проведя прямую линию через две средние звезды ковша Большой Медведицы в сторону, противоположную Полярной. На этой линии, отложив от Большой Медведицы примерно полуторное расстояние до Полярной, мы и встретим яркую звезду (рис. 2).

На втором участке неба находится яркое красивое созвездие Орион с тремя рядом стоящими звездами (пояс Ориона) в середине большого

РЕСУРСЫ

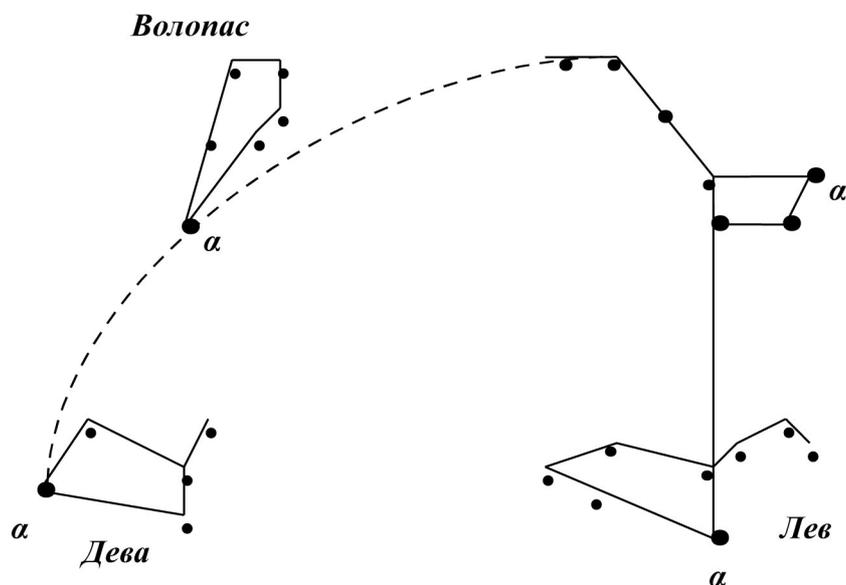


Рис. 2

четырёхугольника. Орион особенно хорошо виден зимой. Две самые яркие звезды этого созвездия, находящиеся в противоположных углах четырехугольника, — также аэронавигационные звезды. Звезда, которая ближе к Полярной, называется **Бетельгейзе**, дальше — **Ригель**. На продолжении спиралеобразной линии, выходящей из пояса Ориона и проведенной через все крайние звезды Ориона, мы последовательно встретим яркие звезды: **Альдебаран**, **Капеллу**, **Поллукс**, **Процион** и самую яркую звезду неба **Сириус** (рис. 3).

Третий участок неба характерен блестящей звездой **Вега**, входящей в созвездие Лиры.

Вега находится на продолжении линии, проведенной через две средние звезды ковша Большой Медведицы в сторону, противоположную направлению на звезду Регул.

Рядом с Вега находятся четыре мелкие по яркости звезды этого же созвездия, образующих фигуру маленького параллелограмма.

К созвездию Лиры примыкает крестообразная фигура созвездия Лебедя, в вершине этого креста находится яркая звезда **Денеб**. Вместе со звездами Вега и Денеб, образуя почти равнобедренный треугольник, находится звезда **Альтаир**, средняя и самая яркая из трех рядом стоящих звезд созвездия Орла, напоминающего фигуру самолета (рис. 4).

Обычно несколько внимательных тренировок ночью в ориентировке на звездном небе дают хорошие результаты и, как правило, практически освоенные приемы отыскания звезд остаются в памяти на всю жизнь.

Чтобы облегчить отыскание аэронавигационных звезд на небе, сведем данные о них в таблицу 1, в которой

● **Полярная звезда**

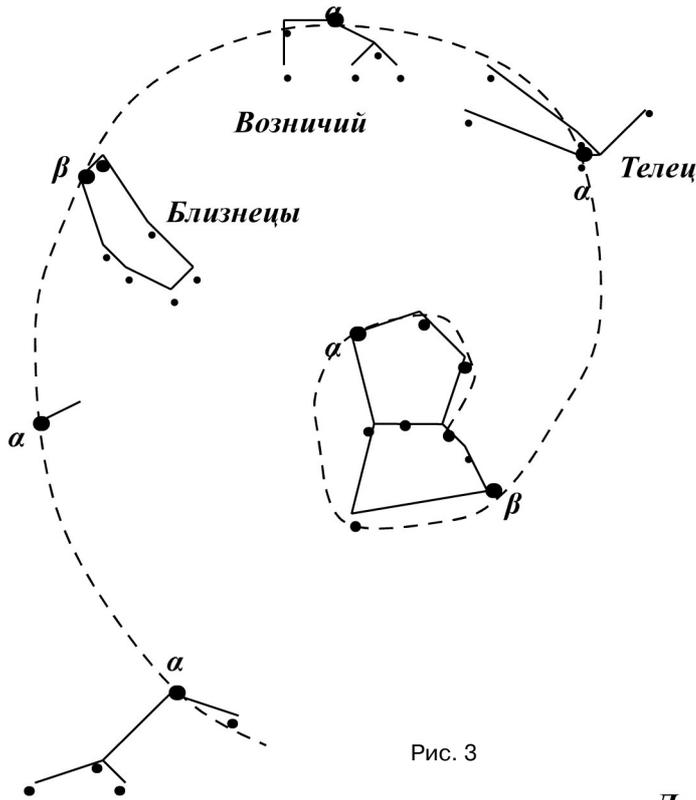


Рис. 3

звезды расположены в порядке яркости.

Солнечная система

Солнце — одна из бесчисленных звезд, несущихся в мировом пространстве. Оно входит в нашу звездную систему, называемую Галактикой. Это ближайшая к нам звезда.

...

Невооруженным глазом на небе видны пять планет: Меркурий, Вене-

ра, Марс, Юпитер и Сатурн, из которых в авиации используются последние четыре. Среди звезд планеты выделяются своей большей яркостью, хотя света не излучают; они, как и Земля, освещаются Солнцем, поэтому и видимы. В отличие от звезд, непрерывно мерцающих и меняющих свою яркость, особенно морозной ночью, в ветреную погоду и после дождя, планеты всегда сияют ровным немерцающим светом.

Видимое положение планет относительно звезд непостоянно. Планеты как бы блуждают

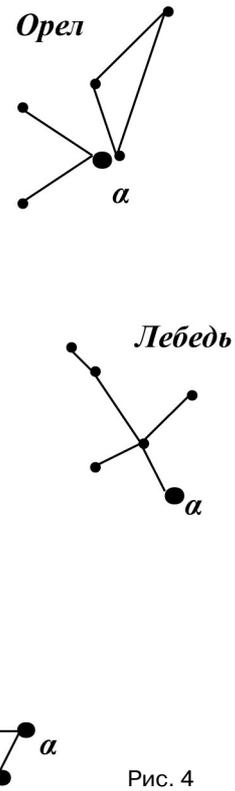


Рис. 4

РЕСУРСЫ

Таблица 1

Наименование звезды	Звездная величина	Оттенок звезды	Способ отыскания
Вега (α Лиры)	0,14	Белый	По яркости. Находится на продолжении линии, проведенной через две средние звезды ковша Большой Медведицы. Около звезды расположен маленький параллелограмм из четырех неярких звезд. Поблизости созвездие Лебедя, имеющее характерную форму креста.
Капелла (α Возничего)	0,2	Жёлтый	По яркости. Находится на спиралеобразной линии, идущей от созвездия Орион между этим созвездием и Полярной звездой
Арктур (α Волопаса)	0,2	Оранжевый	По яркости. Лежит на продолжении ручки ковша созвездия Большой Медведицы
Процион (α М. Пса)	0,5	Белый	Находится на спиралеобразной линии, идущей от созвездия Орион к звезде Сириус
Альтаир (α Орла)	0,9	Белый	По характерному созвездию Орла, четыре звезды которого напоминают фигуру самолета. Поблизости крестообразная фигура созвездия Лебедя и яркая звезда Вега
Бетельгейзе (α Ориона)	0,9	Красный	Наиболее яркая из двух верхних звезд созвездия Ориона
Альдебаран (α Тельца)	1,1	Красноватый	Находится на спиралеобразной линии, идущей от созвездия Орион. Неподалеку характерная ковшеобразная кучка неярких звезд созвездия Плеяды
Спика (α Девы)	1,2	Белый	Находится на продолжении ручки ковша созвездия Большой Медведицы, следующая яркая звезда за Арктуром
Денеб (α Лебедя)	1,3	Белый	По характерной крестообразной фигуре созвездия Лебедя и по звездам Вега и Альтаир, с которыми Денеб образует почти равнобедренный треугольник
Регул (α Льва)	1,3	Голубая	Находится на продолжении прямой, проведенной через две средние звезды ковша созвездия Большой Медведицы в сторону, противоположную Полярной звезде

Наименование звезды	Звездная величина	Оттенок звезды	Способ отыскания
Алиот (α Большой Медведицы)	1,7	Белый	Самая яркая звезда созвездия Большой Медведицы, третья от конца ручки ковша
Альферац (α Андромеды)	2,1	Белый	Самая яркая звезда квадрата из звезд, находящегося на прямой линии от Полярной звезды в противоположную сторону от созвездия Большой Медведицы
Полярная (α Малой Медведицы)	2,1	Белый	Находится на продолжении прямой линии, проведенной через две крайние звезды ковша созвездия Большой Медведицы

среди звезд. Собственно и слово «планета» на древнегреческом языке означало — блуждающее светило.

...

Венера светит беловатым светом, она ярче всех других планет и тем более звезд. Венера никогда не уходит далеко от Солнца. В ясную погоду её можно наблюдать либо вечером на западе, вскоре после захода Солнца, либо утром на востоке, незадолго до его восхода. Поэтому Венеру обычно называют или «вечерней звездой» или «утренней звездой».

Марс, Юпитер и Сатурн могут быть наблюдаемы в любой час ночи.

— Марс — следующая за Венерой по яркости планета красноватого цвета, гораздо ярче звёзд первой величины.

— Юпитер — желтоватого цвета, примерно одинаковой яркости с Марсом.

Сатурн — желтовато-сероватого цвета, по яркости примерно одинаков со звездой первой величины.

Почти каждая планета имеет спутников, одного или нескольких, обращающихся вокруг нее. Луна — единственный спутник Земли и ближайшим

к нему небесным светилом, обращающимся вокруг Земли под действием инерции и силы земного притяжения. Луна так же, как и планеты, светит отраженным светом Солнца.

Полный оборот по орбите вокруг Земли Луна совершает в течение 27,3 суток, оставаясь при этом обращенной к Земле все время одной стороной. Этот промежуток времени называется сидерическим, или звездным, месяцем. За это время Луна, описав по небесной сфере полный круг, возвращается к первоначальному положению относительно звезд.

Промежуток времени между двумя последовательными новолуниями называется синодическим месяцем. Продолжительность синодического месяца равна 29,5 суток. Увеличение продолжительности синодического месяца по сравнению с сидерическим более чем на двое суток объясняется запаздыванием каждого последующего новолуния из-за движения Земли по своей орбите вокруг Солнца. Луна за время между новолуниями проходит больше чем полный оборот (360°) вокруг Земли, на величину перемеще-

РЕСУРСЫ

ния Земли вокруг Солнца за это же время. Это перемещение Земли составляет примерно 30° . Значит, Луна проходит по своей орбите за синодический месяц $360^\circ + 30^\circ = 390^\circ$.

В зависимости от положения Луны относительно Солнца и Земли мы наблюдаем меньшую или большую часть освещенного лунного диска, т. е. наблюдаем различные фазы Луны.

Во время нахождения Луны между Солнцем и Землей к нам обращена неосвещенная часть Луны, и мы Луны не видим. Эта фаза называется новолунием. Когда Луна находится с противоположной стороны от Солнца, т. е. когда Земля находится между Солнцем и Луной, все обращенное к нам полушарие Луны ярко освещено. Эта фаза называется полнолунием. В промежуточных положениях нам видна та или другая часть освещенной Луны, поэтому она имеет вид полудиска, или серпа (рис. 5).

Основных фаз Луны четыре: ново-

луние, первая четверть, полнолуние и последняя четверть; следовательно, промежуток времени между фазами Луны немного больше 7 суток.

Возрастом Луны называется промежуток времени, протекший от новолуния; например, Луне в первой четверти примерно 7 суток, а в полнолуние 15 суток.

Движение Луны на небосводе более сложно по сравнению с движением других светил. Это объясняется тем, что на Луну, помимо земного притяжения, действует притяжение Солнца, под влиянием которого закономерность движения Луны значительно изменяется.

Небесные координаты

Прежде чем приступить к рассмотрению небесных координат, уясним себе основные точки и круги на небесной сфере. Мы уже упоминали, что небесные светила нам кажутся отстоя-

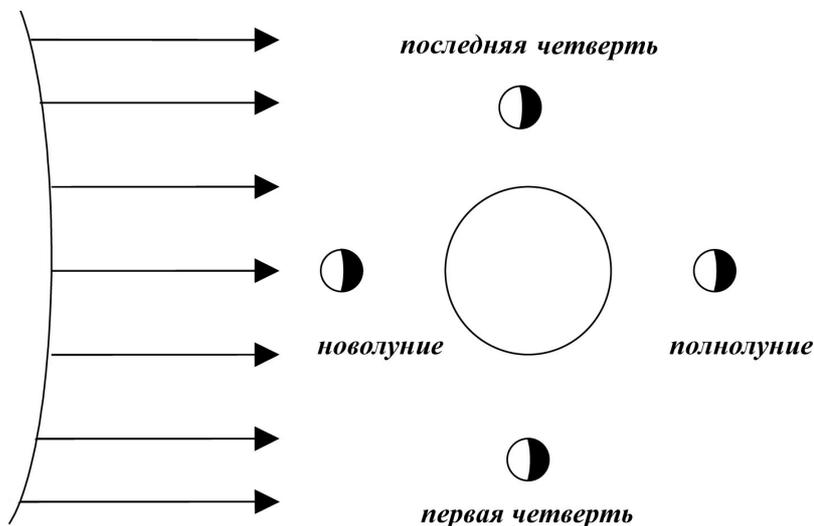


Рис. 5

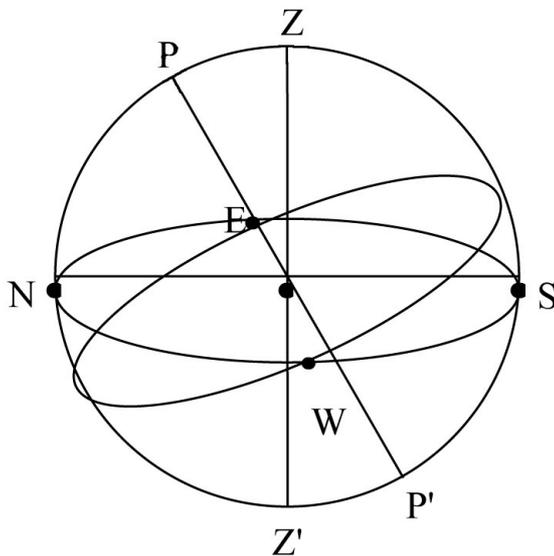


Рис. 6

щими от нас на одинаковом, бесконечно большом расстоянии, образуя небесную сферу, в центре которой находится Земля. Так как между небесными светилами и Землей лежат огромные пространства, радиус небесной сферы принято считать неопределенным, произвольным. Поэтому при рассмотрении схемы небесной сферы мы обозначаем её любым радиусом, а Землю изображаем просто точкой — центром этой сферы. Чтобы представить небесную сферу, совершенно неважно, где именно на Земле будет находиться наблюдатель, а поэтому считают, что центр небесной сферы всегда находится в глазу наблюдателя. В авиационной астрономии на небесной сфере производятся только угловые измерения.

Для уяснения небесных координат построим небесную сферу с центром

в точке наблюдения (рис. 6). Точка, расположенная по вертикали (по отвесной линии) над головой наблюдателя, называется зенитом (Z). Другими словами, зенит есть точка на небе, куда упирается мысленное продолжение радиуса Земли, проведенного через точку наблюдения. Точка, расположенная в противоположном направлении от зенита, называется надиром (Z'). Горизонтальная плоскость, проведенная через центр сферы, в пересечении с небесной сферой образует большой круг, называемый истинным горизонтом (круг $NESW$). Плоскость истинного горизонта делит небесную сферу на две части: надгоризонтную полусферу, в которой расположен зенит, и подгоризонтную полусферу, в которой расположен надир. Прямая линия, параллельная оси вращения Земли, называется осью мира, а точки её пересечения с небесной сферой называются полюсами мира: P — северный, P' — южный. Ось мира является осью вращения небесной сферы. Большой круг на небесной сфере, плоскость которого перпендикулярна к оси мира, называется небесным экватором. Плоскость небесного экватора делит небесную сферу на северную полусферу, в которой расположен северный полюс мира, и южную полусферу, в которой расположен южный полюс мира. Пересечение небесного экватора с истинным горизонтом образует точку востока E и точку запада W .

Любая вертикальная плоскость, проходящая через зенит и надир, будет перпендикулярной и к плоскости истинного горизонта. Пересечение такой плоскости с небесной сферой даёт дугу большого круга, называемую вертикалом, причем вертикал, проходящий через точки E и W , называется

РЕСУРСЫ

первым вертикалом. Любой круг небесной сферы, плоскость которого проходит через ось мира, называется часовым кругом, или кругом склонения. Все они проходят через полюс мира и перпендикулярны к небесному экватору.

Круг склонения, проходящий через зенит, называется небесным меридианом.

Как видно из рисунка, небесный меридиан будет в то же время и вертикалом. Пересечение небесного меридиана с истинным горизонтом образует точку севера (N) и точку юга (S).

Прямая линия, соединяющая точку севера и точку юга, называется полуденной линией; **в полдень (12 часов по местному времени) тень от предметов падает по этой линии.**

В нашем северном полушарии, если стать лицом к югу, вращение небесной сферы будет происходить с востока на запад. Положение каждого светила на небесной сфере определяется небесными координатами, которые выражаются двумя величинами, подобно тому, как положение каждого пункта на Земле определяется его географическими координатами: широтой и долготой

...

В авиационной астрономии применяются две системы небесных координат: *горизонтальная и экваториальная*. В каждой из этих систем положение любой точки на небесной сфере определяется двумя координатами, одна из которых даёт угловое расстояние точки от небесного меридиана (аналогично географической долготе), вторая — угловое расстояние этой точки от небесного экватора или истинного горизонта (аналогично географической широте).

Горизонтальная система координат (рис. 7). В этой системе основными кругами, относительно которых определяется место светила, являются истинный горизонт и небесный меридиан. Место светила на небесной сфере определяется двумя координатами — азимутом A и высотой h . **Азимутом светила A** называется угол, отсчитываемый по дуге истинного горизонта от точки севера через восток до вертикала светила. Иначе говоря, угол между направлением на север и направлением на светило, отсчитанный в горизонтальной плоскости по часовой стрелке, и будет являться азимутом этого светила. Азимут может принимать значение от 0 до 360°.

Высотой светила h называется угол, отсчитываемый по дуге вертикала от истинного горизонта до светила, т. е. высотой светила является угол между плоскостью истинного горизонта и направлением на светило. Высота может принимать значение от 0 до +90°.

Если светило находится над горизонтом, высота его считается положительной, если оно под горизонтом — отрицательной. В практике мы пользуемся только положительными высотами светил, так как при отрицательной высоте светило не видно.

Вместо высоты иногда пользуются другой координатой — зенитным расстоянием z , являющимся дополнением высоты до 90°.

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

...

Зенитные расстояния отсчитываются также по дуге вертикала, но только от зенита они могут принимать значение от 0 до 180°. Следовательно, светила, расположенные в подгоризонтной части небообвода, имеют зенитное расстояние более 90°.

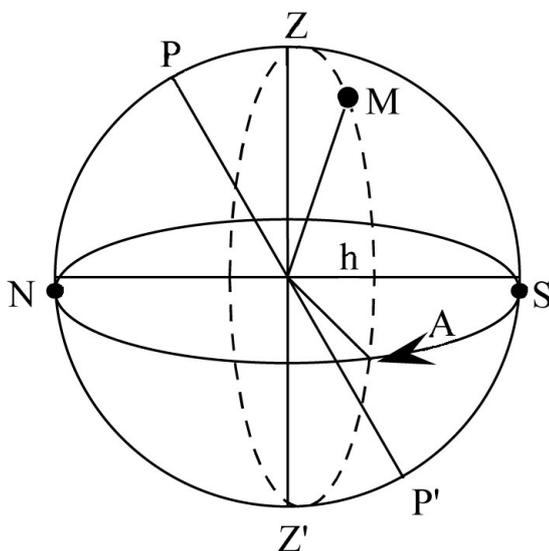


Рис. 7

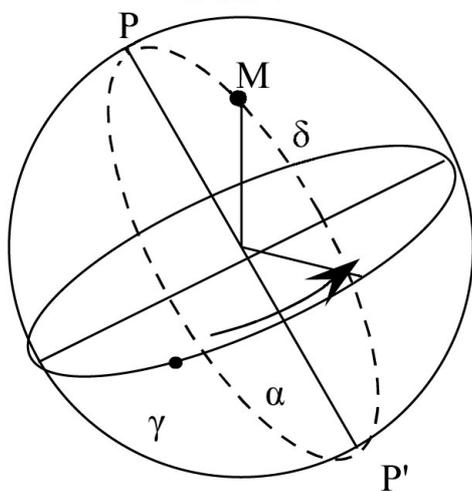


Рис. 8

Экваториальная система координат (Рис. 8). В этой системе координат основными кругами, относительно которых определяется место

светила, являются небесный экватор и небесный меридиан.

...
Склонением светила δ называется угол, отсчитываемый по дуге круга склонения светила от небесного экватора до светила, т. е. склонением светила является угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило.

Склонение может принимать значение от 0 до $+90^\circ$. Если светило находится в северной полусфере, его склонение считается положительным, если в южной — отрицательным.

...
 В течение года Солнце описывает полный круг на небесной сфере, за это время дважды пересекая небесный экватор: весной и осенью. Точка небесного экватора, через которую Солнце проходит весной (21 марта), называется точкой весеннего равноденствия и обозначается значком γ (овен). **Прямым восхождением светила α** называется угол, отсчитываемый по небесному экватору от точки весеннего равноденствия до круга склонения светила.

Прямое восхождение отсчитывается от 0 до 360° против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса мира, т. е. навстречу суточному вращению небесной сферы.

...
 Основное достоинство горизонтальной системы координат заключается в простоте измерения координат.

...
 Вследствие вращения небесной сферы горизонтальные координаты непрерывно и неравномерно изменяются, т. е. данные о каком-нибудь светиле в горизонтальных координатах относятся только к какому-то определенному

РЕСУРСЫ

моменту времени. Кроме того, они зависят от положения наблюдателя на Земле, так как положение плоскости истинного горизонта относительно небесной сферы будет зависеть от того, где именно на Земле находится наблюдатель. Основное достоинство экваториальных координат заключается в том, что они или постоянны, или изменяются равномерно. Положение небесного экватора на небесной сфере не зависит от времени и положения наблюдателя на Земле; следовательно, склонение светила, отсчитываемое от экватора, — координата постоянная для каждого светила. Прямое восхождение светила отсчитывается от точки весеннего равноденствия, вращающейся вместе с небесной сферой; значит, оно тоже постоянно для каждого светила. ... Для составления карт неба и астрономических ежегодников пользуются экваториальными координатами светил.

Горизонтальные и экваториальные координаты одного и того же светила тесно связаны одна с другой и от одних из них можно перейти к другим при помощи таблиц и расчета, что всегда и делается при астрономических навигационных определениях.

Отметим одно интересное и весьма важное для самолетовождения обстоятельство: **высота полюса мира равна географической широте места наблюдателя.**

...

Значит, если мы измерим высоту точки полюса мира, а это легко делается по измерению высоты Полярной, мы сразу же получаем географическую широту своего места.

Вращение небесной сферы

Вследствие вращения Земли вокруг своей оси мы наблюдаем суточ-

ное вращение звездного неба. Небесная сфера вращается вокруг оси мира, поэтому каждая звезда за сутки описывает окружность, плоскость которой параллельна плоскости небесного экватора. В зависимости от того, где на Земле находится наблюдатель, меняется и картина вращения звездного неба. В наших средних географических широтах мы наблюдаем такую картину: звезды, расположенные недалеко от Полярной звезды (например, созвездие Большой Медведицы), описывают окружность вокруг Полярной, не заходя за горизонт. Это незаходящие светила. Некоторые звезды восходят из-за горизонта и, пройдя по небосводу, снова скрываются за горизонт. Очевидно, что светила, расположенные недалеко от южного полюса мира, для нас будут совсем невидимыми, так как при своём вращении они не выходят из-под горизонта, поэтому они для нас будут невосходящими светилами (рис. 9).

С увеличением широты места наблюдения количество незаходящих, а значит, и невосходящих звёзд увеличивается. Для наблюдателя, находящегося на полюсе Земли, будет доступна только одна небесная полусфера. Явлений восхода и захода звёзд не будет. Все видимые звезды будут вращаться вокруг Полярной параллельно истинному горизонту. Высоты звёзд будут постоянными. Эти высоты будут равны склонениям звезд, так как истинный горизонт будет совпадать с небесным экватором. Совсем другая картина представится наблюдателю, находящемуся на земном экваторе. Там для наблюдателя будет доступна вся небесная сфера. Все звезды будут восходить и заходить, причем направления их движения будут перпендику-

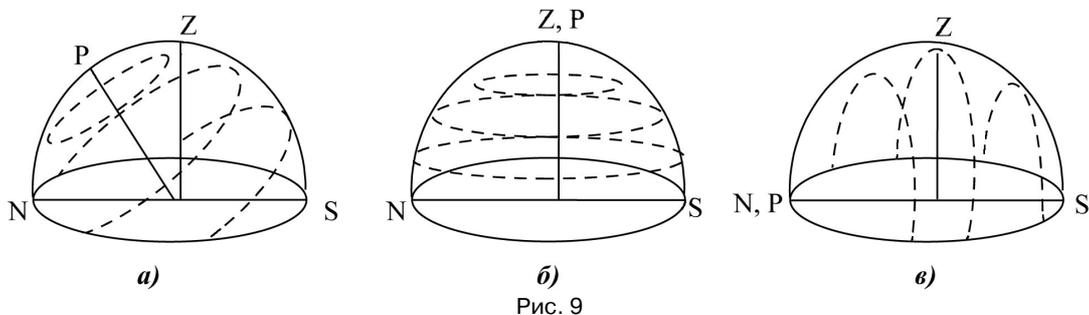


Рис. 9

лярны к истинному горизонту. Полярная звезда будет видна у самого горизонта в северном направлении.

Каждое светило в результате своего суточного вращения вокруг оси мира пересекает небесный меридиан в двух точках. Эти точки называются точками кульминации (верхней и нижней). Иначе говоря, кульминацией называется прохождение светила через небесный меридиан. При верхней кульминации

высота светила наибольшая, а при нижней — наименьшая.

Азимут светила в момент верхней кульминации всегда равен 180° , а в момент нижней кульминации 0° . Исключением из этого правила являются незаходящие звезды, верхняя кульминация которых будет между полюсом и зенитом, у этих звезд азимут при верхней и при нижней кульминации равен нулю.

Весьма важным в авиационной астрономии является соотношение широты места наблюдателя φ с высотой h и склонением светила δ в момент его кульминации.

Если сечение небесной сферы равно плоскости небесного меридиана, а солнце находится в верхней кульминации между точкой юга и зенитом, то в этом случае (рис. 10)

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

При нижней кульминации светила мы получим

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

...

Годовое движение Солнца по небесной сфере

Земля, помимо суточного вращения вокруг своей оси, отчего происхо-

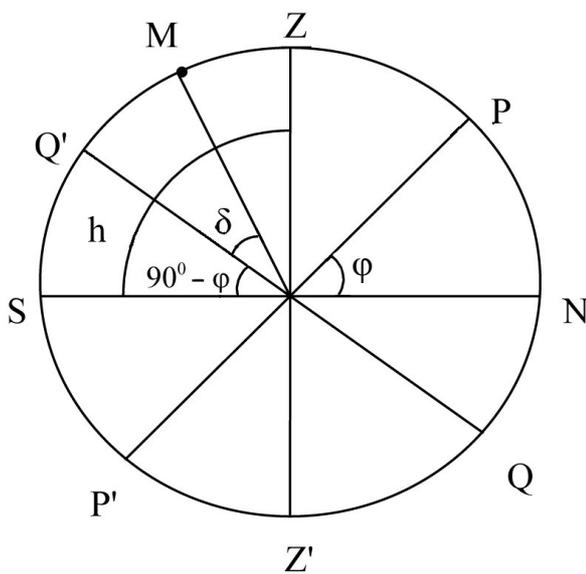


Рис. 10

РЕСУРСЫ

дит смена дня и ночи, обращается еще вокруг Солнца, вследствие чего происходит смена времен года. Полный оборот вокруг Солнца Земля делает за 365,4 суток, что составляет год. Если от суточного вращения Земли в одно и то же время на одной стороне экватора бывает день, а на противоположной стороне ночь, то от годового обращения Земли в одно и то же время на одном полюсе бывает лето, на другом — зима.

Ось суточного вращения Земли наклонена к плоскости годового вращения на $66^{\circ}33'$; она все время остается параллельной самой себе. В результате этого северное и южное полушария попеременно бывают обращены то в сторону Солнца, то от него, что и определяет время года, которое зависит от высоты и продолжительности пребывания Солнца над горизонтом (рис. 11).

Например, в июне наше северное полушарие наклонено в сторону Солнца, а в декабре — в обратную сторону, поэтому у нас и бывает в июне теплее, чем в декабре. В южном полушарии соответственно будет обратная картина: в декабре теплее, чем в июне.

Но мы не замечаем ни суточного, ни годового вращения Земли. Мы ежедневно видим восход и заход Солнца, хотя нетрудно заметить, что высота

его меняется в течение года: летом путь Солнца выше, зимой ниже. Меняются и точки его восхода и захода на горизонте.

21 марта и 23 сентября оно восходит точно на востоке и заходит на западе, между этими датами точки восхода и захода Солнца смещаются или к югу (зимой) или к северу (летом).

В отличие от звезд, положение которых не меняется на небесной сфере относительно друг друга, положение Солнца на небосводе относительно звезд меняется. В результате вращения Земли вокруг Солнца Солнце, совершая видимое движение, за год описывает полный круг по звездному небу. Этот круг называется **эклиптикой**.

В своём годовом движении по эклиптике Солнце проходит 12 созвездий, называемых зодиакальными. Путь Солнца относительно звезд — эклиптика обычно дается на всех звездных картах.

Вследствие того, что ось вращения Земли имеет наклон к плоскости годового её движения на $66^{\circ}33'$, плоскость земного экватора наклонена к той же плоскости на $23^{\circ}27'$, поэтому плоскость небесного экватора составляет с плоскостью эклиптики тоже $23^{\circ}27'$.

Эклиптика в двух точках пересекается с небесным экватором. Эти точки

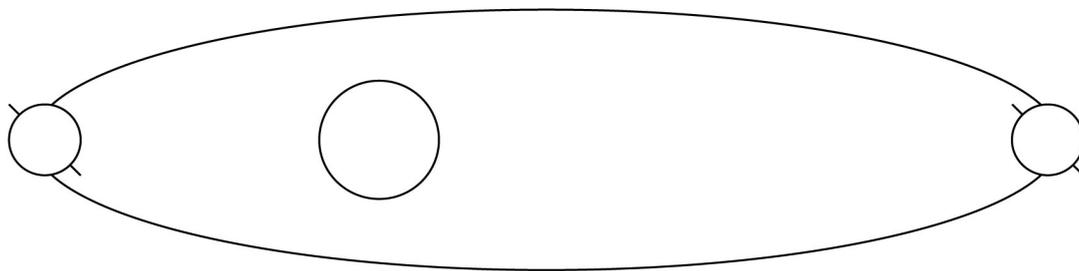


Рис. 11

носят название: γ — точка весеннего равноденствия, здесь Солнце бывает 21 марта, этот день обозначает собой начало весны; δ — точка осеннего равноденствия, здесь Солнце бывает 23 сентября — начало осени, знак созвездия Весов.

Когда Солнце находится в этих точках, его склонение равно нулю, а суточное вращение проходит по небесному экватору. В это время на всей Земле день равен ночи, граница света и тени проходит через оба географических полюса: 22 июня начало лета. В этот день Солнце занимает самое высокое положение над экватором, его склонение $\Omega = 23^\circ 27'$, эта точка на эклиптике называется точкой летнего солнцестояния; в это время в северном полушарии бывает самый длинный день и самая короткая ночь. 22 декабря — начало зимы. Солнце в это время занимает самое низкое положение относительно экватора, его склонение $\delta = -23^\circ 27'$, эта точка эклиптики называется точкой зимнего солнцестояния. В это время у нас бывает самая длинная ночь и самый короткий день.

...

Итак, Солнце в своём годовом движении по эклиптике, появившись 21 марта в точке весеннего равноденствия, двигаясь в направлении, обратном вращению небесной сферы, поднимается в северную полусферу и 22 июня достигает своей наибольшей высоты в точке летнего солнцестояния. После этого постепенно теряет высоту, 23 сентября проходит точку осеннего равноденствия и к 22 декабря снижается до точки зимнего солнцестояния, где его высота будет наименьшей, пройдя которую, снова поднимается к точке весеннего равноденствия, и т. д. Таким образом, путь Солнца,

а следовательно, его склонение и высота изменяются в течение года в зависимости от положения Солнца на эклиптике.

Интересно отметить своеобразную картину положения Солнца на земном экваторе и на полюсах. **На экваторе Солнце, как и все другие небесные светила, всегда восходит и заходит перпендикулярно истинному горизонту, поэтому там круглый год день равен ночи.**

На Северном полюсе Солнце медленно, в течение нескольких суток, показывается над горизонтом около 21 марта и, не заходя, движется все время по спирали, медленно поднимаясь кверху. 22 июня его высота над горизонтом достигает наибольшего значения $23^\circ 27'$. После этого, обходя небосвод по спирали вниз, оно также медленно опускается, 23 сентября скрывается за горизонтом и больше не показывается до следующего 21 марта. **Таким образом, на полюсе бывает в год только один восход и один заход Солнца. Там полгода бывает день и полгода ночь**, точнее день продолжается 189 суток, а ночь 176 суток.

...

На Южном полюсе наблюдаются те же явления, что и на Северном, только там полярный день тянется с 23 сентября по 21 марта, а ночь с 21 марта по 23 сентября.

...

Время

Каждое явление, действие, событие происходит на протяжении какого-то времени — одно раньше, другое позже. Мало сказать, что человек хорошо выполнил такую-то работу, надо еще сказать, когда и в течение какого времени он её выполнил. Недостаточ-

РЕСУРСЫ

но сказать, что Солнце взойдет, надо еще сказать, когда именно, т. е. в какое время оно взойдет.

...

Измерение времени

Вращение земного шара вокруг своей оси является основным источником измерения времени. Вращение Земли вокруг своей оси совершается непрерывно и равномерно. Сутки — период полного оборота Земли вокруг своей оси — основная мера времени, которая делится на более мелкие отрезки: часы, минуты, секунды. Вращение Земли удобно отмечать по звездам, не меняющим своего положения на небесной сфере. Но мы живем и работаем по Солнцу. Основная часть нашего труда протекает в дневные часы, а ночь служит для отдыха. Вся жизнь и людей, и природы согласована со сменой дня и ночи, т. е. с Солнцем, а не созвездиями. Солнце же, из-за обращения Земли вокруг него, само как бы перемещается по звездному небу, поэтому измерение и расчёт времени по Солнцу усложняются. В результате этого появилось несколько систем измерения и счисления времени, причем в авиационной астрономии все они находят широкое применение.

...

Истинное солнечное время.

Истинными солнечными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями центра Солнца. Следовательно, за начало истинных солнечных суток принимается полдень, когда Солнце находится в самой высокой точке над горизонтом.

Неудобством истинного солнечного времени является то, что основная

единица этого времени — сутки непостоянна. Причинами непостоянства истинных солнечных суток является неравномерность движения Солнца по эклиптике и наклон эклиптики относительно небесного экватора, в результате чего истинные сутки бывают то короче, то длиннее. Самые длинные истинные сутки бывают в декабре, они длиннее самых коротких сентябрьских суток на 51 секунду. Соответственно изменению суток уменьшаются или укорачиваются часы, минуты и секунды; и если бы мы захотели жить строго по истинному Солнцу, нам бы пришлось почти ежедневно заново регулировать часы, чего не смог бы выполнить даже самый искусный мастер. Много лет назад парижские часовщики так и писали в своих рекламках:

«Солнце показывает время обманчиво».

...

Местное, поясное и декретное время.

Измерение времени по небесным светилам тесно связано с тем местом на Земле, откуда производится это измерение. Действительно, начало любых суток и звездных, и истинных солнечных, и средних солнечных, и гражданских производится от кульминации светил или каких-то точек на небесной сфере. Но вследствие суточного вращения Земли кульминация одного и того же светила для мест на Земле с различной долготой будет происходить в разное время. Для наблюдателя, находящегося восточнее пункта кульминации, и восход и заход любого светила будут наблюдаться раньше, чем над этим пунктом; следовательно, и сутки у этого наблюдателя будут начинаться раньше.

...

Земля делает полный оборот на 360° в 24 часа, значит, если наблюдатель будет отстоять на восток от какого-то пункта на 15° по долготе, что составит $1/24$ часть полного оборота, то и момент кульминации Солнца для него наступит раньше на $1/24$ часть суток, т. е. на один час.

Можно долготу места выразить не в градусах, а во времени, считая, что $360^\circ = 24$ часам, из этого получим соотношение:

1 час = 15° , $1^\circ = 4$ минутам,
1 минута = $15''$, $1'' = 4$ секундам.
1 секунда = $15'''$,

Можно также из соотношения местного времени и долготы места установить взаимосвязь для двух любых мест на Земле. Разность местного времени для двух пунктов равна разности их долгот, выраженной во времени

$$T_1 - T_2 = \lambda_1 - \lambda_2$$

где λ_1, λ_2 — долгота пунктов, а T_1, T_2 — соответствующее им местное время.

По этой формуле **мы можем определить долготу одного места, зная долготу другого, путем сравнения их местного времени** или по разности долгот между двумя пунктами, зная местное время в одном из них, определить местное время в другом. За начало счета долгот принят Гринвичский меридиан, считаемый нулевым.

...

Совершенно очевидно, что в практической жизни местным временем пользоваться неудобно. Если бы мы жили по местному времени и хотели бы, чтобы наши часы всегда показывали правильное время, то при передвижении из одного места в другое мы должны были бы непрерывно перево-

дить стрелки часов, согласуясь с местным временем каждого пункта. Даже в одном населенном пункте, на улицах с различными географическими долготами местное время разное.

До 1919 г. граждане нашей страны жили по местному времени. Каждый город жил по своему «осредненному» местному времени. Единое время по всей стране было только на железной дороге, которое было установлено по петроградскому времени. Обычно так и различали «городское» и «вокзальное» время. Это оказалось неудобным для практического общения людей, живущих в различных населенных пунктах, особенно для мест, значительно удаленных от Петрограда.

С 1 июня 1919 г. в СССР введено так называемое поясное время, установленное по международному соглашению. Оно состоит в том, что весь земной шар условно разделен на 24 пояса меридианами, отстоящими один от другого на 15° .

Пояса пронумерованы с запада на восток в следующем порядке: нулевой пояс, потом 1-й, 2-й, 3-й и т. д. до 23-го пояса включительно. Серединой начального, нулевого, пояса является нулевой (Гринвичский) меридиан; серединой 1-го пояса — меридиан с восточной долготой, равной 15° ; серединой 2-го пояса — меридиан с восточной долготой, равной 30° , и т. д. через каждые 15° .

В каждом часовом поясе установлено единое время, называемое поясным. За единое время в часовом поясе берется местное время среднего меридиана данного пояса и ввиду того, что удаление даже крайних точек пояса от среднего меридиана не превышает $7,5^\circ$ по долготе, то и разность между поясным и местным временем не превы-

РЕСУРСЫ

шает 30 минут. Исключение составляют пункты, более удаленные от среднего меридиана за счет искривления границы пояса. Дело в том, что в населенных областях границы между часовыми поясами проведены не строго по разграничительным меридианам, а с учетом административного деления. Такое искривление границ часовых поясов гораздо удобнее для практической жизни, так как при этом устанавливается единое время в каждой административной области. В противном случае, если бы везде при определении границы поясов строго придерживались разграничительных меридианов, в некоторых областях пришлось бы устанавливать два времени, даже некоторые города попали бы на разграничительный меридиан.

...

Солнце движется с востока на запад, поэтому все астрономические явления: восход, кульминация, заход — на востоке будут происходить раньше, чем на западе, а значит, и время каждого часового пояса будет на один час больше соседнего с запада и на один час меньше соседнего с востока. Если, например, в нулевом поясе 0 часов (24 часа), то в это же время в 1-м поясе 1 час, во 2-м 2 часа, в 3-м 3 часа и т. д.

Таким образом, номер пояса сразу показывает, на сколько часов время этого пояса впереди гринвичского, а разность номеров часовых поясов показывает и разность поясных времен в этих поясах:

$$n_1 - n_2 = T_1 - T_2$$

где n_1 и n_2 — номера часовых поясов, а T_1 и T_2 — поясное время в этих поясах.

....

Декретом Совнаркома СССР 16 июня 1930 г. все часы в нашей стране переведены на один час вперед. Такое сдвинутое на один час вперед время называется декретным временем. Цель этого мероприятия состоит в том, чтобы население с весны до осени более полно использовало солнечный свет и таким образом снижался бы расход топлива и электроэнергии на искусственное освещение.

...

В настоящее время все часы в нашей стране идут по декретному времени. По этому времени теперь население 2-го часового пояса живет по времени 3-го пояса и его разница с гринвичским составляет 3 часа, в 3-м поясе живут по 4-му, в 4-м по 5-му и т. д.

Поясное время отличалось от местного тем, что в восточной части пояса время отставало, а в западной опережало местное, теперь же во всем часовом поясе декретное время идет впереди местного.

Для перевода местного времени в поясное декретное время и наоборот пользуются следующей формулой:

$$T_m = T + \lambda - n$$

где T_m — местное время;

T — поясное декретное время;

λ — долгота места;

n — номер часового пояса с учетом декретного часа.

Расчёт времени для различных пунктов земного шара

Мы говорили, что когда на Чукотке 7 часов вечера, в Москве только еще 9 часов утра, когда у нас полдень — на противоположной стороне земного шара полночь. Когда жители Чукотки утром просыпаются и собираются зав-

тракать, москвичи еще ужинают в тот день, который для дальневосточников прошел вчера. Получается, что в одно и то же время в различных точках земного шара могут быть разные даты.

Где же начинается новая дата?

Из истории известно немало фактов, когда люди попадали в смешное положение из-за того, что со счетом дней попадали «впросак».

Такая ошибка, например, произошла с первой кругосветной экспедицией Магеллана. В 1522 г., вернувшись из плавания в Испанию, участники экспедиции узнали, что они вернулись в пятницу, тогда как по их расчетам был только четверг. Они тщательно проверили свои записи в корабельном журнале — ошибки не было, по их данным день прибытия был четвергом. Тем не менее участники экспедиции допустили ошибку в расчете: двигаясь в направлении с востока на запад, т. е. навстречу суточному вращению Земли, они сделали вокруг земной оси на один оборот меньше, чем те, кто был на месте, и поэтому обязаны были прибавить к своим расчетам одни сутки. За совершение «религиозного преступления», заключавшегося в том, что религиозные праздники в экспедиции отмечались не в положенные дни, её участники вынуждены были принести публичное покаяние.

Видимое движение Солнца происходит непрерывно с востока на запад, отчего и происходит на земном шаре непрерывная смена времени суток. Очевидно, если корабль или самолет будет огибать земной шар, двигаясь в направлении с запада на восток, т. е. в том же направлении, в каком вращается Земля, то он сделает вокруг земной оси один лишний оборот, поэтому экипаж должен в своих расчетах сбросить

одни сутки. Чтобы избежать ошибок в счете суток и установить место начала и конца суток, по международному соглашению установлена линия смены дат. Эта линия в основном проходит по долготе 180° от Гринвича, нигде не касаясь суши, за исключением необитаемого Антарктического материка. Она идет от Северного полюса через Берингов пролив, далее по Тихому океану, обходя многочисленные мелкие тихоокеанские острова, и заканчивается на Южном полюсе. На западной стороне линии смены дат каждый раз начинается новое календарное число, новый месяц, новый год.

Самыми первыми встречают новый день, как и новый год, граждане нашей страны — жители Чукотки, потом жители Камчатки, Магадана вместе с жителями восточной части Австралии, за ними японцы, хабаровцы, затем читинцы вместе с населением восточного Китая, прибайкальцы и т. д. Позже всех наступает новый день и новый год для жителей Аляски. При пересечении линии смены дат с востока на запад надо один день пропускать в счете, а при пересечении с запада на восток один и тот же день считать два раза. Если, например, самолет перелетел линию смены дат 15 мая из Аляски в Чукотку, то следующая дата у него будет не 16 мая, а сразу 17 мая, а если он в то же число 15 мая перелетел из Чукотки в Аляску, то следующая дата у него снова будет 15 мая. Особое положение занимают географические полюса Земли.

На полюсах все меридианы и часовые пояса сходятся. Там во все стороны только одно направление: или южное или северное. Северный полюс, например, всюду окружен югом. Если бы на нем построить дом, то все четыре стороны его были бы обращены на

РЕСУРСЫ

юг. Исследователь, находясь у одного из полюсов, может переходить из одного пояса в другой или через линию смены дат по несколько раз в день, поэтому общеустановленные правила перевода часов и календарь для него неприемлемы. Но жить по какому-то времени ему надо. Надо в какие-то сроки ложиться спать, вставать, есть, начинать и кончать работу. Поэтому для решения этого вопроса надо просто установить какое-то любое условное время. Удобнее всего гринвичское время, так как именно для этого времени вычисляются все астрономические таблицы и ежегодники. Определение времени в одном пункте по известному времени другого пункта легко выполняется внутри территории нашей страны, но значительно усложняется при расчете времени для пунктов заграничных.

...

Но для расчета времени заграничных пунктов мы должны еще учесть свой декретный час и определить, переходим ли мы в расчете через линию смены дат, и если переходим, то в каком направлении: с востока на запад, или с запада на восток.

...

Приближенные определения стран света и времени по небесным светилам

Человек лишён чувства ориентации в пространстве, поэтому с незапамятных времен люди стараются восполнить этот недостаток применением различных средств и приспособлений, а также используя для этого и глазомерные определения. Умение ориентироваться в пространстве и времени глазомерно с применением простей-

ших расчетов в уме полезно каждому человеку в повседневной жизни,

...

Небесные светила как на земле, так и в воздухе могут быть весьма успешно использованы для глазомерной ориентировки. По ним можно без специальных приборов определить время и направление, а зная одно направление, легко определить искомое. Например, мы определили направление на юг. Если стать лицом к югу, то у нас будет слева восток, справа запад, сзади север. Приемы глазомерной ориентировки весьма просты и при достаточной натренированности они дают хорошие результаты. Для глазомерной ориентировки могут быть успешно использованы Солнце, Луна и звезды.

Солнце в полдень бывает на юге, а за полные сутки, т. е. за 24 часа, оно делает полный оборот на 360° . $1/24$ часть окружности составляет 15° ; значит, за каждый час Солнце проходит 15° . Для определения угловой величины на небе можно использовать видимый диск Солнца (Луны), который имеет в диаметре примерно 16° , или угол между лучами зрения, идущими от глаза через концы разведенных большого и указательного пальцев вытянутой руки, который у большинства людей примерно равен 16° . Следовательно, за 1 час Солнце переместится по небу на величину, равную примерно 30 своим дискам, или одному раствору большого и указательного пальцев. Очевидно, что за 6 часов до полдня Солнце бывает примерно на востоке, а через 6 часов после полдня — на западе. Ввиду того, что в нашей стране введен декретный час, то полдень по нашим часам будет не около 12 часов, а около 13 часов (1 час на циферблате). Поэтому Солнце примерно будет:

**Об авторах**

- на востоке в 7 часов;
- на юге в 13 часов;
- на западе в 19 часов.

Зная время, можно примерно определить по Солнцу страны света и, наоборот, зная направление стран света, можно натренироваться определять время по положению Солнца с точностью до полчаса. Удобно страны света определять по Солнцу и часам. Для этого надо, держа перед собой часы, поворачивать их в горизонтальной плоскости так, чтобы часовая стрелка была направлена в то место горизонта, над которым находится Солнце. Тогда прямая, идущая из центра циферблата и делящая пополам угол между часовой стрелкой и цифрой 1 на циферблате, укажет направление на юг.

Если известно более точно время полдня в месте наблюдения, то надо брать середину между часовой стрелкой и временем полдня. Например, в Москве в истинный полдень часы показывают 12 ч. 30 м., значит, определяя в Москве страны света по Солнцу, направление на юг считать между часовой стрелкой и серединой цифр 12 и 1 на циферблате. Этот способ даёт менее точные результаты в низких широтах. В низких широтах (например, на Кавказе, в Средней Азии) для достижения наибольшей точности можно применить несколько видоизменённый прием.

На юге часы надо держать не горизонтально, а наклонить к горизонту под углом $40-50^\circ$ (для широт $50-40^\circ$). Найдя на циферблате середину дуги между часовой стрелкой и цифрой 1 на циферблате, приложить к этому месту спичку перпендикулярно к циферблату, как показано на рис. 50. Не из-

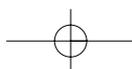
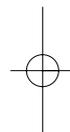
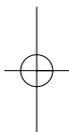
Об авторах**Об авторах**

меня положения часов относительно горизонта, поворачиваться вместе с ними до тех пор, пока тень от спички окажется направленной на солнце к центру циферблата. В этот момент цифра 1 на циферблате будет показывать направление на юг.

Ориентирование по Луне

Каждый месяц, точнее, каждые 29,5 суток, Луна повторяет все свои фазы. При этом иногда она бывает видна даже днем, а иногда не видна и ночью. В новолуние она совсем не видна, затем появляется в виде узкого серпа, своєю выпуклостью обращенного вправо. Чтобы узнать, в какой фазе Луна, нужно мысленно соединить концы серпа прямой линией; если получится буква Р (рост), это значит, что Луна растёт. Когда же Луна убывает, то её серп выпуклой стороной обращен влево и своим видом напоминает букву С (сход). Луна в первой четверти появляется на западе у самого заходящего Солнца и вскоре вслед за Солнцем заходит. С каждым следующим вечером серп Луны утолщается и время нахождения её на небе увеличивается. Через неделю после новолуния заход Солнца заставит Луну на юге и она до полуночи освещает Землю. Через две недели при заходе Солнца на востоке появляется полный диск Луны, в полночь она занимает самое высокое положение, находясь над точкой юга, и заходит с восходом Солнца, переместившись в противоположную сторону от него — на запад. Полная Луна находится на небе всю ночь.

Через несколько ночей Луна начинает постепенно убывать. Через три недели после новолуния Луна снова видна в виде полудиска, но выпуклос-



О б а в т о р а х

Таблица 2

Фазы Луны	В 19 часов	В 1 час	В 7 часов
Первая четверть	На юге	На западе	Не видна
Полнолуние	На востоке	На юге	На западе
Последняя четверть	Не видна	На востоке	На юге

тью влево — это последняя четверть Луны. В это время она восходит около полуночи, примерно на востоке и к утру доходит до точки юга. К концу четвертой недели тонкий серп Луны появляется на востоке перед самым восходом Солнца. Последующие 4–5 дней Луна совсем не появляется на небосводе, затем снова появляется в виде тонкого серпа. Местоположение Луны на небосводе в зависимости от её четверти и времени суток приводится в табл. 2.

Страны света в табл. 2 даются приблизительно, а более точно их можно определить по Луне и часам. Для этого надо радиус диска Луны глазомерно разделить на шесть равных частей и определить, сколько таких частей содержится в поперечнике видимого серпа Луны. Если Луна прибывает, то полученное число вычесть из часа наблюдения, если Луна убывает — прибавить к часу наблюдения. Полученная сумма или разность укажет час, когда в том направлении, где сейчас находится Луна, будет находиться Солнце, а значит, определив этот час и принимая Луну за Солнце, мы можем найти направление на юг так же, как это делается по Солнцу и часам, только направлять на Луну нужно не часовую стрелку, а то место на циферблате, которое соответствует вновь полученному часу.

Например, время наблюдения 5 ч. 30 м., видимая часть Луны в попереч-

нике содержит примерно десять шестых долей своего радиуса. Луна убывает (видна левая часть диска). Значит, Солнце на месте Луны будет в 15ч. 30 м. (5ч. 30м. 4–10 часов).

Установив это деление на часах (на циферблате это будет 3 ч. 30 м.) в направлении на Луну и проведя прямую линию от центра циферблата между указанным делением и цифрой 1 на циферблате, мы получим направление на юг. Очевидно, что если это наблюдение будет проводиться в период полнолуния, когда виден весь диск Луны, то, прибавляя к часу наблюдения или вычитая из него 12 (что соответствует 12 долям радиуса диска), мы не изменим отсчет на циферблате часов. В этом случае часовую стрелку надо непосредственно наводить на Луну так же, как и на Солнце.

В безоблачную ночь проще всего ориентироваться по Полярной звезде, всегда указывающей направление на север. Полярную звезду, как указывалось, легко найти по созвездию Большой Медведицы.

По взаимному расположению Большой Медведицы и Полярной можно также определять время. Созвездие Большой Медведицы, как и все звезды, совершает свой суточный оборот вокруг полюса мира, обращаясь на 360° за 24 часа, т. е. за 1 час на 15°. Представим себе громадный циферблат на небе с центром в Полярной звезде, с цифрой 6, рас-

положенной внизу циферблата над точкой севера, и с часовой стрелкой, проходящей от Полярной звезды через две крайние звезды ковша Большой Медведицы. Если смотреть на север, то вращение Большой Медведицы происходит против часовой стрелки и наша часовая стрелка, во-первых, будет двигаться в направлении, обратном движению стрелки обычных часов и, во-вторых, передвижение её на «небесном циферблате» за один час будет соответствовать двум часам, так как полный оборот на 360° она делает не за 12 часов, а за 24.

Для определения времени надо:

— на этом воображаемом циферблате отсчитать показание небесной стрелки (на рисунке 5,5 часа);

— определить номер месяца от начала года с десятиными долями месяца (каждые три дня считать за одну десятую долю месяца) (например, 18 ноября выразится цифрой 11,6);

— полученное число сложить с показанием небесной стрелки и умножить на два $(5,5 + 11,6) \cdot 2 = 34,2$;

— вычтя это число из постоянной величины 55,3, которую надо запо-

нить, мы получим время в данный момент; в нашем примере $55,3 - 34,2 = 21,1$, т. е. 21 ч. 6 м., или примерно 9 часов вечера.

Если после вычитания получится число больше 24, то из него надо вычесть 24.

Методические комментарии:

Решая данную деятельностно-ценностную задачу, учащиеся усваивают все необходимые основы астрометрии. Данная задача рассчитана на всю первую четверть. В результате детьми должны быть изучены и усвоены такие темы как: история астрономии, звездное небо, его видимое вращение, Созвездия, небесные координаты, понятие о способах счета времени и единицах его измерения, ориентирование по звездному небу.

Обсуждение решения задачи проводится в 3 урока. На первом занятии усваивается тема: видимое вращение звездного неба и небесные координаты, на втором — время и на третьем — итоговом — ориентирование по звездному небу.