



### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое кульминация светила?
2. Какие точки называются точками восхода и захода светила?
3. Как изменятся при суточном движении светила его высота, прямое восхождение, склонение?
4. Как приближенно определить географическую широту места, наблюдая за Полярной звездой?
5. Найдите интервал склонений звезд, которые на данной широте: а) никогда не восходят; б) никогда не заходят; в) могут восходить и заходить.
6. Определите географическую широту места наблюдения, если звезда Вега проходит через точку зенита.
7. Высота Солнца в моменты верхней и нижней кульминаций соответственно равна  $37^\circ$  и  $10^\circ$ . Определите географическую широту места наблюдения, склонение Солнца и дату наблюдения.

## § 5. Измерение времени.

### Определение географической долготы

**1. Измерение времени.** Вся наша жизнь связана со временем и регулируется периодической сменой дня и ночи, лунных фаз, а также времен года. На этих природных повторяющихся явлениях базируются основные единицы измерения времени — сутки, месяц, год. Широко используемая единица для измерения времени — сутки — связана с периодом вращения Земли вокруг своей оси.

Момент верхней кульминации центра Солнца называется **истинным полднем**, момент нижней кульминации — **истинной полночью**. Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра Солнца называется **истинными солнечными сутками**. Время, прошедшее от момента нижней кульминации центра солнечного диска до любого другого его положения на одном и том же географическом меридиане, называется **истинным солнечным временем** ( $T_{\odot}$ ).

Необходимо отметить, что истинные солнечные сутки периодически меняют свою продолжительность. Это вызывается двумя причинами: во-первых, наклоном плоскости эклиптики к плоскости небесного экватора, во-вторых, эллиптической формой орбиты Земли. Когда Земля находится на участке эллипса, расположенном ближе к Солнцу (на рисунке 18 это положение показано слева), то она движется быстрее. Через полгода Земля окажется в противоположной части эллипса и будет перемещаться по орбите медленнее. Неравномерное движение Земли по своей орбите вызывает неравномерное видимое перемещение Солнца

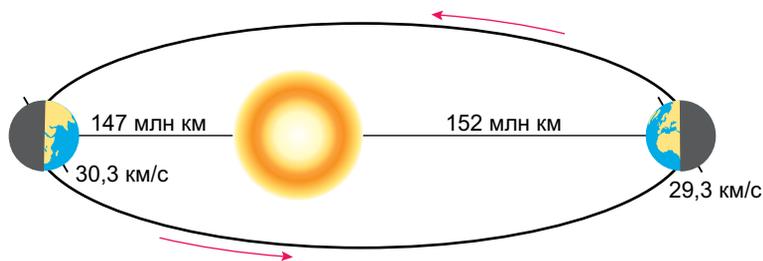


Рис. 18. Причины изменения длительности истинных солнечных суток

по небесной сфере, т. е. в разное время года Солнце перемещается с различной скоростью. Поэтому продолжительность истинных солнечных суток постоянно меняется и пользоваться ими в качестве единицы измерения времени неудобно. По этой причине в повседневной жизни используются не истинные, а средние солнечные сутки, продолжительность которых принята постоянной. Устанавливаются они по движению **среднего экваториального Солнца** — воображаемой точки, которая движется равномерно по небесному экватору и в точках весеннего и осеннего равноденствия совпадает с центром истинного Солнца. Верхнюю кульминацию среднего экваториального Солнца называют **средним полднем**, а промежуток времени между двумя последовательными средними полднями — **средними солнечными сутками**. Продолжительность их всегда одинакова. Средние солнечные сутки делят на 24 часа. Каждый час среднего солнечного времени в свою очередь делится на 60 минут, а каждая минута — на 60 секунд. За начало средних солнечных суток принимается **средняя полночь**, т. е. момент нижней кульминации среднего экваториального Солнца. Время, протекшее от момента нижней кульминации среднего экваториального Солнца до любого другого его положения на одном и том же географическом меридиане, называется **средним солнечным временем** ( $T_{\text{cp}}$ ).

Разность между средним солнечным временем и истинным солнечным временем в один и тот же момент называется **уравнением времени**. Оно обозначается греческой буквой  $\eta$ . Можно записать следующее равенство:

$$\eta = T_{\text{cp}} - T_{\text{O.}}$$

Величина уравнения времени  $\eta$  обычно приводится в астрономических календарях. Приблизительно ее можно найти по графику (рис. 19 на с. 28), из которого видно, что четыре раза в год уравнение времени  $\eta$  равно нулю. Это происходит примерно 14 апреля, 14 июня, 2 сентября и 24 декабря. Уравнение времени  $\eta$  принимает наибольшие численные значения около 14 февраля ( $\eta = +14$  мин) и 3 ноября ( $\eta = -16$  мин).

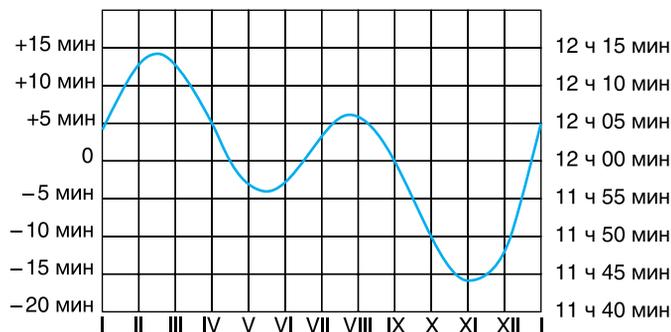


Рис. 19. График уравнения времени

Различают также **звездные сутки** (около 23 ч 56 мин 4 с). Звездные сутки равны промежутку времени между двумя последовательными одноименными кульминациями точки весеннего равноденствия. Моментом верхней кульминации этой точки, принимаемым за начало звездных суток, считается 0 часов звездного времени. Время, протекшее от момента верхней кульминации точки весеннего равноденствия до любого другого ее положения на одном и том же географическом меридиане, называется **звездным временем**.

**2. Определение географической долготы.** Измерение времени солнечными сутками связано с географическим меридианом. Время, измеренное на данном меридиане, называется **местным временем данного меридиана**, и оно одинаково для всех пунктов, находящихся на нем. Кульминация любой точки небесной сферы происходит в разное время на разных меридианах земного шара. Причем, чем восточнее земной меридиан, тем раньше в пунктах, лежащих на нем, происходит кульминация или начинаются сутки. Так как Земля за каждый час поворачивается на  $15^\circ$ , то разность времени двух пунктов в один час соответствует и разности долгот в  $15^\circ$  (в часовой мере 1 ч). Отсюда можно сделать вывод: разность местного времени двух пунктов на Земле численно равна разности значений долготы, выраженных в часовой мере. Для пунктов земной поверхности, расположенных на географических долготах  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , получим:

$$T_{\lambda_1} - T_{\lambda_2} = \lambda_1 - \lambda_2. \quad (1)$$

За начальный (нулевой) меридиан для отсчета географической долготы принят меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию близ Лондона. Местное среднее солнечное время Гринвичского меридиана называется **всемир-**

**ным временем.** Все сигналы точного времени соответствуют минутам и секундам всемирного времени. В астрономических календарях и ежегодниках моменты большинства явлений указываются по всемирному времени. Моменты этих явлений по местному времени какого-либо пункта легко определить, зная долготу этого пункта от Гринвича.

Если в данный момент на Гринвичском меридиане всемирное время будет  $T_0$ , то в местности с географической долготой  $\lambda$  будет  $T_\lambda$ . Следовательно, формула (1) при  $\lambda_0 = 0$  примет вид:

$$\lambda = T_\lambda - T_0. \quad (2)$$

Данная формула позволяет находить географическую долготу по всемирному времени ( $T_0$ ) и местному времени ( $T_\lambda$ ), которое определяется из астрономических наблюдений.

С другой стороны, зная долготу места наблюдения ( $\lambda$ ) и всемирное время ( $T_0$ ), можно определить местное время ( $T_\lambda$ ):

$$T_\lambda = T_0 + \lambda.$$

Различие между местным временем даже не очень далеко расположенных друг от друга населенных пунктов создает неудобства в повседневной жизни. Так, например, местное время в Бресте и Витебске отличается на 26 мин. Жители этих городов, приезжая друг к другу в гости, должны были бы постоянно переводить стрелки часов. Отсюда возникла необходимость введения **поясной системы** счета среднего солнечного времени. Согласно этой системе, весь земной шар разделен на 24 часовых пояса, каждый из которых простирается по долготе на  $15^\circ$  (или 1 ч). Часовой пояс Гринвичского меридиана считается нулевым. Остальным поясам в направлении от нулевого на восток присвоены номера от 1 до 23. В пределах одного пояса во всех пунктах в каждый момент поясное время одинаково. В соседних поясах оно отличается ровно на один час. Границы поясов в малонаселенных местах, на морях и океанах проходят по меридианам, отстоящим на  $7,5^\circ$  к востоку и западу от центрального меридиана данного часового пояса. В остальных районах границы поясов для большего удобства проведены по государственным и административным границам, горным хребтам, рекам и другим естественным рубежам.

Зная всемирное время ( $T_0$ ) и номер пояса данного места ( $n$ ), можно найти поясное время:

$$T_n = T_0 + n. \quad (3)$$

Исключив из формул (1) и (3)  $T_0$ , получим соотношение, позволяющее определять географическую долготу по поясному времени ( $T_n$ ) и времени для местности с географической долготой  $\lambda$  ( $T_\lambda$ ):

$$\lambda = T_\lambda - T_n + n. \quad (4)$$

В целях экономии и рационального распределения электроэнергии в течение суток на летний период в некоторых странах весной стрелки часов переводят на час вперед — вводят **летнее время**, а осенью — на час назад.

Существует граница, открывающая новую дату и день недели. Международная **линия перемены дат** проходит через Берингов пролив между островами Тихого океана от Северного полюса до Южного полюса (меридиан  $180^\circ$ ).

Наиболее надежным и точным временем считается **атомное время**, которое было введено Международным комитетом мер и весов в 1964 г. За эталон приняты атомные (квантовые) часы. По таким часам секунда — это промежуток времени, за который проходит 9 192 631 770 колебаний электромагнитной волны, излучаемой атомом цезия-133. С 1 января 1972 г. все страны земного шара ведут счет времени по атомным часам.

Атомное время очень удобно для исследования Земли, потому что с его помощью можно изучать неравномерности во вращении нашей планеты. Ошибка хода атомных часов невелика — примерно 1 с за 300 млн лет.

**3. Календарь.** **Календарь** — это система счета длительных промежутков времени, в основе которой лежат периодические астрономические явления: вращение Земли вокруг своей оси, изменение лунных фаз, обращение Земли вокруг Солнца. Любая календарная система опирается на три основные единицы измерения времени, а именно: средние солнечные сутки, синодический (или лунный) месяц и тропический (или солнечный) год.

**Синодический месяц** — это промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми фазами Луны. Он равен в среднем 29,5306 суток.

**Тропический год** — промежуток времени между двумя последовательными прохождениями центра Солнца через точку весеннего равноденствия. Он равен 365,2422 суток. Из-за медленного движения точки весеннего равноденствия навстречу Солнцу, вызванного прецессией, Солнце оказывается в той же точке неба относительно звезд через промежуток времени на 20 мин 28 с больший, чем тропический год. Он называется **звездным годом** и содержит 365,2564 средних солнечных суток.

Синодический месяц и тропический год не содержат целого числа средних солнечных суток, поэтому невозможно подобрать такое целое число тропических лет, в которых содержалось бы целое число синодических месяцев и целое чис-



Рис. 20. Антикитерский механизм (фрагмент, найденный археологами, и воссозданная на его основе модель)

ло средних солнечных суток. Стремление согласовать между собой сутки, месяц и год привело к тому, что в разные эпохи у различных народов было создано много видов календарей, которые можно условно разделить на три типа: лунные, лунно-солнечные и солнечные. На рисунке 20 показано механическое приспособление, созданное древнегреческими астрономами во II в. до н. э. для расчета движения Луны, Солнца и планет в календарных целях.

В **лунном календаре** год делится на 12 месяцев, содержащих попеременно 30 или 29 суток. Всего в лунном календаре 354 или 355 средних солнечных суток, т. е. он короче солнечного года примерно на 10 суток. Этот календарь получил широкое распространение в странах Ближнего Востока и принят в современном исламском мире. Из-за того что лунный год имеет меньше дней, чем тропический, у мусульман начало года постоянно перемещается по сезонам и выпадает то на весну, то на лето, то на зиму, то на осень.

**Лунно-солнечные календари** наиболее сложные. В них сумма некоторого количества лунных месяцев приблизительно соответствует продолжительности тропического года. В основе этих календарей лежит соотношение: 19 солнечных лет равны 235 лунным месяцам (с ошибкой около 2 ч). Год делится на 12 месяцев, каждый из которых начинается с новолуния. В настоящее время такая система сохранилась в еврейском календаре. Он содержит 12 или 13 месяцев в году. Продолжительность некоторых месяцев каждый год меняется, начало года всегда приходится на осень, но не совпадает с одной и той же датой григорианского календаря.

Римляне первоначально исчисляли время лунными годами. Новый год начинался 1 марта. До сих пор некоторые месяцы современного календаря называются в соответствии с этой традицией: сентябрь — «седьмой», декабрь — «десятый»

и т. д. Впоследствии первый день года был перенесен римлянами на 1 января, так как со 153 г. до н. э. в этот день вступали в должность консулы (рис. 21).

Одним из первых **солнечных календарей** считается египетский, созданный в 4-м тысячелетии до н. э. По этому календарю год состоял из 12 месяцев, по 30 дней в каждом, а в конце года добавлялось еще 5 праздничных дней. Современный календарь берет начало от солнечного римского календаря, появившегося в результате реформы Юлия Цезаря (отсюда его название — **юлианский**), проведенной 1 января 45 г. до н. э. Средняя продолжительность года, согласно этому календарю, была равна 365,25 суток, что соответствовало известной в то время длине тропического года. Для удобства три года подряд считали по 365 дней, а на четвертый (високосный) добавляли лишние сутки — 366 дней. Год состоял из 12 месяцев: нечетные месяцы — 31 день, четные — 30 дней; только февраль простого, невисокосного года содержал 28 дней.

Вследствие того что юлианский год длиннее тропического на 11 мин 15 с, за 128 лет накапливалась ошибка в целые сутки, а за 400 лет — около трех суток. С течением времени календарь запаздывал все больше и больше. Поэтому в конце XVI в. весеннее равноденствие наступало не 21, а 11 марта. Ошибка была исправлена в 1582 г., когда глава католической церкви папа Григорий XIII создал специальную комиссию по реформе календаря, передвинувшую счет дней на

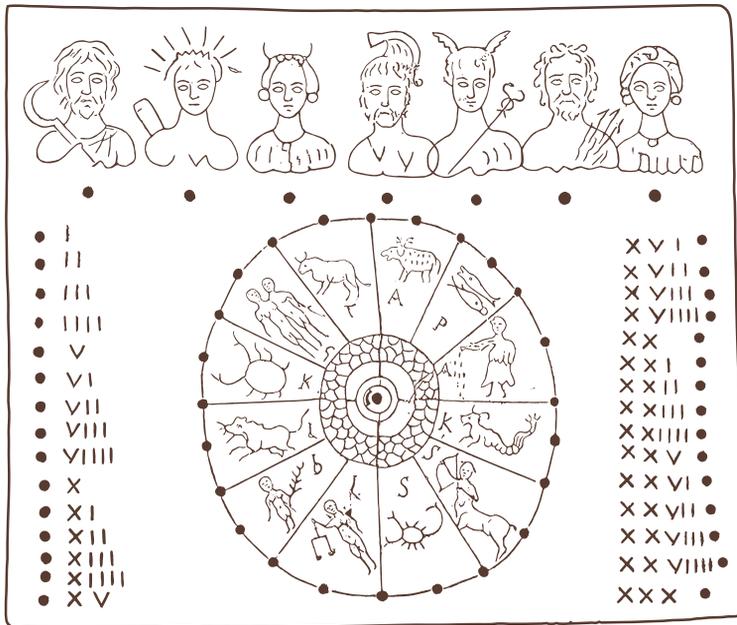


Рис. 21. Древнеримский календарь

10 дней вперед и вернувшую весеннее равноденствие на 21 марта. Исправленный календарь получил название **григорианского календаря** или **календаря нового стиля**. В честь его введения была отчеканена памятная медаль (рис. 22). Систему счета времени по юлианскому календарю сейчас называют **старым стилем**.

Високосный год в григорианском календаре — каждый четвертый, за исключением годов с целым числом столетий (например, 1700, 1800). Такой год считается високосным только тогда, когда число сотен делится на 4 без остатка.

В России этот календарь был введен со среды 31 января 1918 г. Следующий день уже был 14 февраля, так как к тому времени календарная разница между новым и старым стилем достигла 13 дней. Это различие в 13 суток будет сохраняться до 15 февраля 2100 года по старому стилю, или до 28 февраля 2100 года по новому стилю. После этой даты оно увеличится на одни сутки и станет равным 14 суткам.

Григорианский календарный год длиннее солнечного года на 26 с. Лишние сутки накапливаются только в Л. в. н. э., потому что разница в один день набегаает за 3280 лет.

Необходимо отметить, что и григорианский календарь не лишен недостатков: неодинаковая продолжительность месяцев, неравные кварталы, несогласованность чисел месяцев с днями недели.

Много вопросов вызывают и привычные названия месяцев. Так, июль назван в память о римском императоре Юлии Цезаре, август — в честь римского императора Октавиана Августа. Остальные месяцы календаря получили свои названия по-разному: например, январь — в честь римского бога Януса, февраль — в честь ежегодных языческих обрядов очищения, март — по имени бога Марса, май — богини Майи, июнь — богини Юноны. Названия «сентябрь», «октябрь», «ноябрь», «декабрь» переводятся с латинского языка соответственно как «седьмой», «восьмой», «девятый», «десятый» и в настоящее время не соответствуют этой нумерации.



Рис. 22. Медаль, выпущенная в память о введении григорианского календаря

Кроме счета месяцев в годах, следует вести счет и самим годам. Для этой цели издревле использовались эры, т. е. длительные промежутки счета лет. **Эрой** называется исходный пункт каждого летоисчисления. У разных народов эры были разные и связывались с какими-либо знаменательными событиями или с годами правления царей и императоров.

В Риме использовалась эра от основания Рима (753 г. до н. э.) и счет годов от назначения консулов. В средневековой Европе была распространена эра Диоклетиана, считавшаяся от восшествия на престол императора Диоклетиана (29 августа 284 г. н. э.). Она применялась до XV в.

В Древней Греции применялась эра Олимпиад (начало 776 г. до н. э.). Олимпиады проводились раз в четыре года.

Иудеи отсчитывают начало эры от сотворения мира — от 3761 г. до н. э.

Христиане использовали эру от сотворения мира, принимая начало в 5508 г. до н. э. Эру от Рождества Христова рассчитал папский архивариус Дионисий Малый в 525 г. Он приравнял 248 г. эры Диоклетиана к 532 г. от рождения Христа. Эра от Рождества Христова, или новая эра (**наша эра**), частично начала применяться с X в., а повсеместно в католических странах — лишь с XV в. В России она была введена в 1700 г. указом Петра I, согласно которому после 31 декабря 7208 г. от сотворения мира наступило 1 января 1700 г.

Мусульмане всего мира используют свою эру, которая называется хиджра и ведет счет лет от даты переселения пророка Мухаммеда из Мекки в Медину, что произошло в сентябре 622 г. н. э.



### Главные выводы

1. Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра солнечного диска на одном и том же географическом меридиане называется истинными солнечными сутками.
2. Из-за разной продолжительности истинных солнечных суток в повседневной жизни используются средние солнечные сутки, продолжительность которых постоянна.
3. Звездные сутки — промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями точки весеннего равноденствия на одном и том же географическом меридиане.
4. Географическая долгота данной местности определяется разностью между местным и всемирным временем.
5. Календарь — это система счета длительных промежутков времени, в основе которой лежат периодические астрономические явления. Мы живем по григорианскому календарю.

**Контрольные вопросы и задания**

1. Чем отличаются истинные солнечные сутки от средних солнечных суток?
2. Что называют звездными сутками?
3. Что понимают под уравнением времени?
4. Что понимают под всемирным временем?
5. Что понимают под линией перемены дат? Где она проходит?
6. Назовите календарные системы. На каких принципах они строятся?
7. В чем состоит отличие григорианского календаря от юлианского?
8. Почему нельзя создать абсолютно точный календарь?
9. Найдите разницу в местном времени для городов Гродно и Могилев.
10. В местный полдень капитан корабля отметил 14 ч 13 мин 46 с по хронометру, идущему по гринвичскому времени. Определите географическую долготу корабля.
11. 22 июня наблюдатель определил, что средний местный полдень наступил в 8 ч 40 мин всемирного времени, а высота Солнца в этот момент была равна  $62^{\circ}10'$ . Склонение Солнца в этот день  $\delta = +23^{\circ}26'$ . Определите географические координаты наблюдателя.