

К. Мкртчян. Краткий курс астрономии

К. Мкртчян. Краткий курс астрономии

Сайт: Астроколледж — обучение астрологии по всему миру
Курс: 3 семестр. Основы астрологии: Анализ и синтез космограмм. Астрономия.
Книга: К. Мкртчян. Краткий курс астрономии
Напечатано:: Юлия Тимирева
Дата: Вторник, 8 Январь 2019, 12:38

Оглавление

Немного истории

Глава 1. Звездное небо и системы координат

- Горизонтальная система координат
- Экваториальная система координат
- Эклиптика и эклиптическая система координат
- Преобразование координат
- Кульминация, восход и заход светил
- Вид звездного неба на разных широтах
- Понятие астрологических домов

Глава 2. Системы счета времени

- Звездное время
- Истинное солнечное время
- Среднее солнечное время
- Поясное время
- Декретное время
- Линия смены дат
- Астрологические эфемериды
- Календарь
- Лунные календари
- Лунно-солнечные календари
- Солнечные календари
- Равноденствия и календарь
- Календарные эры
- Юлианские дни

Глава 3. Звезды, галактики

- Названия и обозначения созвездий
- Различие звезд по блеску
- Звездные величины некоторых звезд
- Параметры некоторых звезд
- Жизненный цикл звезд и планетарные туманности
- Типы звезд
- Млечный путь
- Звездные скопления и ассоциации
- Туманности
- Галактики
- Радиогалактики и квазары
- Метагалактика

Глава 4. Земля

- Рефракция
- Климатические пояса Земли
- Сумерки, белые ночи
- Полярные сияния
- Зодиакальный свет. Серебристые облака
- Прецессия и нутация
- Параллакс
- Единицы расстояний в астрологии

Глава 5. Солнце и Луна

- Фазы Луны

Либрации Луны
Солнце
Солнечные затмения
Лунные затмения
Циклы затмений

Глава 6. Законы движения небесных тел

Законы Кеплера
Видимые движения нижних планет
Видимые движения верхних планет
Великие противостояния

Глава 7. Солнечная система

Венера
Марс
Юпитер
Сатурн
Уран
Нептун
Плутон и Харон
Астероиды
Происхождение астероидов и Хирон
Некоторые аспекты астрологии
Кометы
Метеоры, метеориты, болиды

Приложения

Подвижная карта звездного неба
Расчет гороскопа

Немного истории

Тяжелой, полной опасностей была жизнь людей в далеком прошлом. Им непрерывно угрожали голод и холод, ужасные эпидемии. Чтобы обеспечить себя продуктами питания, людям необходимо было обрабатывать землю, заниматься скотоводством, охотиться на диких зверей, ловить рыбу. И земля кормила людей как добрая мать.

Но не только от нее зависело их благополучие. Гигантским шатром раскинулось над землей лазурное небо. По небу ежедневно совершало свою прогулку Солнце, которое могло быть очень ласковым или безжалостным, неумолимо жестоким. Ночью же на небе, отсчитывая время сменой фаз, появлялась Луна. А все небо, как драгоценными камнями, было усеяно звездами.

Люди научились сопоставлять периодические изменения природных явлений — приход весны, время уборки урожая, начало осенних холодов, — с изменением вида звездного неба и видимым движением Солнца на небе.

Так появились зачатки науки, которую впоследствии стали называть *астрономией*. Астрономия — наиболее древняя среди естественных наук. Она была высоко развита у персов, вавилонян, греков и т. д. Слово «астрономия» происходит от двух греческих слов: «астрон» — звезда и «номос» — закон. Но само название отнюдь не служит доказательством зарождения и развития астрономии только в Древней Греции.

Сейчас астрономией занимаются потому, что она представляет собой существенную часть естествознания. Научное любопытство заставляет нас изучать то, что происходит в космосе. Результаты астрономических исследований пользуются астрологи, но это приложение не входит в число основных задач астрономии.

В древности же дело обстояло иначе. Астрология и астрономия составляли единое целое, являясь духовной, оккультной наукой и наукой для избранных. В дальнейшем из этой духовной науки появилась физическая наука — астрономия, как из алхимии — химия, из метафизики — физика.

Не одно чисто научное любопытство побуждало производить вычисления, копирования, исправления и повторные копирования таблиц, но и прежде всего тот факт, что они были необходимы для астрологии. Именно для предсказания и установления сроков тех или иных хозяйственных работ эти элементы астрономических знаний были нужны людям в Древнем Египте и Персии, Вавилоне и Индии, Армении и Китае, а также другим народам, заселявшим Землю тысячи лет назад.

Вкладывая большие суммы в построение обсерваторий и точных инструментов, власть имущие ожидали отдачи не только в виде славы покровителей науки, но также в виде астрологических предсказаний. Аналогичная ситуация имела место в Европе около 1600 г., в эпоху великих астрономов Тихо Браге, И.Кеплера.

По индийским преданиям, астрологическое учение достигло вершины своего развития несколько десятков тысяч лет назад и было перенесено на Землю Учителем Ману, который руководил четвертой расой.

Косвенным подтверждением неземного происхождения астрологии может служить звезда Магов (семиконечная звезда). С Земли никогда нельзя наблюдать такое расположение планет, так как Венера и Меркурий не отходят от Солнца больше чем на 48 градусов и 28 градусов соответственно, а в Звезде Магов угол между планетами составляет 51,43 градуса.

Чтобы предсказать события на грядущий год с помощью «Додекаэтерид Орфея или Зороастра», необходимо знать зодиакальный знак, в котором находится Юпитер. Для этого достаточно произвести одно наблюдение в начале года. Для предсказания урожая в данный год необходимо знать, в каком знаке находится Луна в утро первой видимости Сириуса. Это уже не так легко, так как Луна движется быстро и может быть невидима в это утро. Самой естественной процедурой в это время было бы наблюдать Луну вечером и вывести из ее положения среди звезд ее положение относительно знаков Зодиака. Вот почему зодиакальная астрология нуждалась в систематических наблюдениях.

Все виды астрологии (кроме гороскопии) требуют регулярных наблюдений Луны и планет. Ребенок зачастую рождается в дневное время, когда звезды не видны. Ночное небо в ненастную погоду покрыто облаками. Родители могут обратиться к астрологу некоторое время спустя после дня рождения ребенка. Поэтому астролог нуждается либо в непрерывной фиксации наблюдений, либо в теоретически рассчитанных таблицах. Так возникли таблицы эфемерид, которыми пользуются астрологи.

При построении гороскопа астрологи учитывают:

1. вращение Земли вокруг Солнца (это показывает космограмма, т. е. расположение планет относительно Земли) и
2. суточное движение Земли (дома гороскопа, показывающие вид звездного неба в данной точке в данный момент времени).

Глава 1. Звездное небо и системы координат

Небесная сфера

Для изучения видимых движений и положений небесных тел была принята концепция небесной сферы. Астрология пользуется именно видимым движением планет (отсюда и ретроградное движение планет).

Воображаемая сфера произвольного радиуса с центром в точке наблюдения называется небесной сферой. Вращение небесной сферы повторяет вращение небесного свода. Причиной кажущегося суточного вращения неба является вращение Земли вокруг своей оси.

Наш глаз обладает малой разрешающей способностью, поэтому нам кажется, что все звезды находятся на одинаковом расстоянии. На самом деле все не так: одни звезды ближе, другие намного дальше. Поверхность небесной сферы — это как бы экран в кинотеатре, т. е. все звезды мы видим на поверхности небесной сферы.



Рис. 1.1. Видимое положение звезд: a — поверхность небесной сферы; M' и M'_1 — видимое положение; M и M_1 — реальное расположение в пространстве.

Перейдем к ознакомлению с небесной сферой (рис. 1.2).

Прямая ZOZ' , проходящая через центр небесной сферы и имеющая направление нити отвеса в месте наблюдения, называется отвесной, или вертикальной линией. Отвесная линия пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках: в точке *зенита* Z (точка над головой) и в диаметрально противоположной точке *надира* Z' (для наблюдателя она не видна).

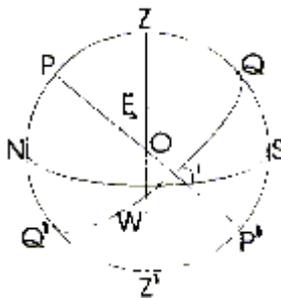


Рис. 1.2. Небесная сфера.

Большой круг $SWNE$ небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна отвесной линии, называется *математическим*, или *истинным горизонтом*. Истинный горизонт делит небесную сферу на две части: на видимую с точкой Зенита (Z) и невидимую с вершиной в точке Надира (Z').

Плоскость истинного горизонта всегда является касательной к земной поверхности в месте наблюдения. Воображаемая линия, вокруг которой происходит вращение небесной сферы, называется *осью мира*. Ось мира пересекается с небесной сферой в двух диаметрально противоположных точках, называемых *полюсами мира*: P (северный полюс) и P' (южный полюс). Оба полюса мира представляют собой точки небесной сферы, в которых с ней пересекается продолженная в обе стороны ось вращения Земли.

В современную эпоху ось Земли чисто случайно направлена в сторону звезды α Малой Медведицы, и именно поэтому северный полюс мира расположен на расстоянии $52'$ от нее. Эта звезда называется Полярной звездой. Южный полюс мира (P') расположен под горизонтом для наблюдателей северного полушария Земли, находится в созвездии Октанта, и вблизи него нет ярких звезд.

Большой круг $QWQ'E$ небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира, называется *небесным экватором*. Он делит небесную сферу на два полушария — северное с вершиной P и южное с вершиной P' . Небесный экватор проходит по созвездиям Рыб, Кита, Ориона, Единорога, Гидры, Секстанта, Девы, Змееносца, Змеи, Орла и Водолея.

Небесный экватор пересекается с истинным горизонтом в двух диаметрально противоположных точках: в точке востока E и запада W .

Большой круг $PZSP'Z'N$ небесной сферы, проходящий через полюсы мира, зенит и надир, называется *небесным меридианом*. Он пересекается с истинным горизонтом в точке юга S и точке севера N , отстоящих от точек востока и запада на 90° . Точка севера расположена ближе к северному полюсу, а точка юга — ближе к южному полюсу.

Небесный меридиан делит небесную сферу на два полушария — восточное с точкой востока E и западное с точкой запада W . Для всех наблюдателей, находящихся на одном и том же земном меридиане, небесный меридиан будет общим.

Линия NOS называется *полуденной линией*.

Плоскость небесного экватора пересекается с небесным меридианом в двух точках: в точке Q , которая ближе к точке юга S , и в точке Q' , которая ближе к точке севера N .

Угол i образован плоскостями истинного горизонта и небесного экватора:

$i = 90^\circ - \varphi$, где φ — географическая широта места наблюдения.

Горизонтальная система координат

Видимые положения светил и любых точек небесной сферы определяются двумя сферическими координатами.

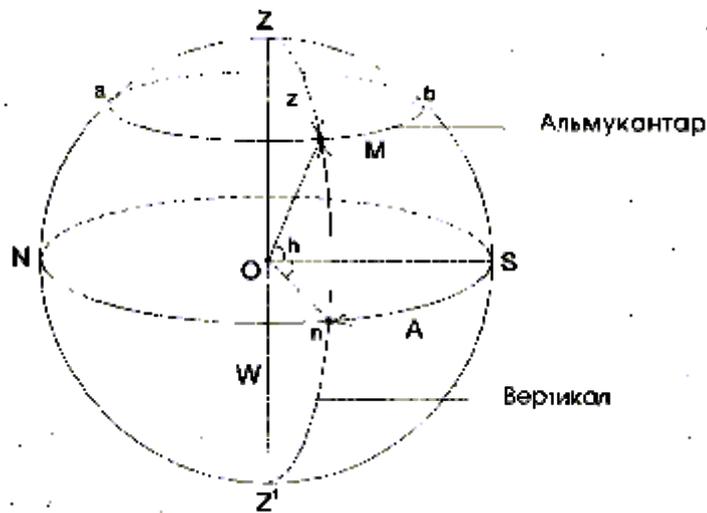


Рис. 1.3. Горизонтальная система координат.

Горизонтальную систему координат используют, когда необходимо знать условия видимости того или иного небесного тела в определенный момент времени.

Главной плоскостью в горизонтальной системе координат является плоскость математического горизонта. Полюсами этой системы служат точки Z (зенит) и Z' (надир), через которые проводят большие полуокружности, называемые *кругами высоты*, или *вертикалами* (например, $ZMnZ'$). Обратите внимание: вертикал — это не полный круг, а только его половина — от зенита до надира.

Маленький круг ab , проходящий через светило и параллельный плоскости математического горизонта, называется *кругом равной высоты*, или *альмукантаром*.

Сетка горизонтальной системы неподвижна, т. е. не принимает участия в суточном вращении небесной сферы, поэтому с течением времени координаты небесного тела меняются.

Положение небесного тела M определяется двумя горизонтальными координатами — азимутом, A и высотой h .

Высотой называется угловое расстояние от истинного горизонта, измеряемое по кругу высоты ($h = \angle nM$). Высота h измеряется в пределах от $+90^\circ$ до -90° . При положительном значении тело находится над горизонтом, при отрицательном — ниже горизонта.

На практике легче измерять не высоту h , а зенитное расстояние ZM , т. е. угловое расстояние от зенита. Из рисунка видно, что $h + z = 90^\circ$.

Зенитное расстояние измеряется в пределах от 0 до 180° . При $z > 90^\circ$ небесное тело не видно, т. к. находится ниже горизонта.

Азимут A представляет собой угловое расстояние круга высоты от точки юга S , которое измеряется по часовой стрелке, т. е. в западном направлении, от 0 до 360° . Реже азимут отсчитывают в обе стороны от точки юга: в западном направлении от 0 до 180° и в восточном от 0 до -180° .

Экваториальная система координат

Для неизменности сферических координат необходимо, чтобы координатная сетка вращалась вместе с небесной сферой. Такой системой координат является экваториальная система. Координаты этой системы подобны географическим координатам Земли, — ведь в любой момент времени координаты городов не меняются (для Москвы всегда $p = 55^{\circ}45'$ и $x = 37^{\circ}35'$). Поэтому экваториальные координаты звезд имеют обширное практическое применение: по ним создают звездные карты и каталоги, осуществляют ориентирование в космическом пространстве, изучают вращение Земли и т. д.

Главной плоскостью экваториальной системы координат является плоскость небесного экватора, а полюсами — северный полюс P и южный полюс P' , через которые проходят большие полуокружности. Эти полуокружности (например, $PMpP'$) называются *кругами склонения*. Параллельно плоскости экватора проходят круги — *небесные параллели* (aMb).

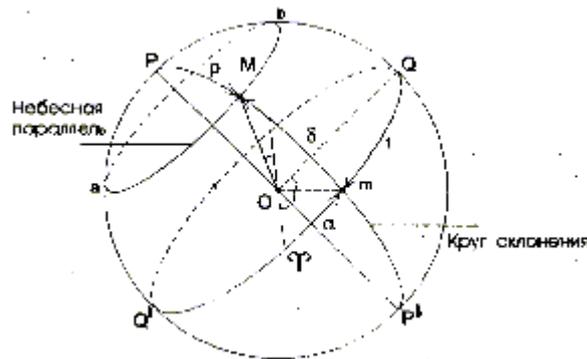


Рис. 1.4. Экваториальная система координат.

Положение светила M на небесной сфере определяется двумя экваториальными координатами — прямым восхождением α и склонением δ .

Прямое восхождение $\alpha = Tm$ отсчитывается по небесному экватору QQ' от точки весеннего равноденствия T .

Прямым восхождением называется угловое расстояние круга склонения от точки весеннего равноденствия к востоку, т. е. против суточного вращения небесной сферы. Прямое восхождение измеряется в пределах от 0 до 360° , реже в часовых единицах (часах, минутах, секундах).

Склонением $\delta = mM$ называется угловое расстояние от небесного экватора, отсчитываемое по кругу склонения. В северном небесном полушарии $\delta > 0$, а в южном $\delta < 0$. Склонение измеряется от 0 до $\pm 90^{\circ}$.

В редких случаях пользуются полярным расстоянием P . Это расстояние отсчитывается от северного полюса по кругу склонения и изменяется от 0 до 180° .

$$P + \delta = 90^{\circ}.$$

Экваториальные координаты α и δ звезд и других не менее, удаленных небесных объектов остаются практически неизменными на протяжении сравнительно длительных промежутков времени.

Для счета времени и для практических астрономических наблюдений необходима такая координата, которая в суточном вращении небесной сферы равномерно изменяется на протяжении суток, т. е. измеряет угол поворота небесной сферы вокруг оси мира. Эта координата, называемая *часовым углом* t , представляет угол $t = Qm$ между южной половиной небесного меридиана до круга склонения. Отсчет ведется от точки Q к западу. Часовые углы измеряются в часовых единицах от 0 до 24 ч, в редких случаях — в градусной мере (от 0 до 360°). Второй координатой в этой системе является склонение δ .

Для определения аспектов *параллель* и *контрпараллель* необходимо знать склонение δ планет и светил. Их значения приведены в ежегодных эфемеридах Рафаэля и в астрономических ежегодниках.

Если склонения планет имеют одно и то же значение ($\delta_1 = \delta_2$), то планеты находятся в параллели, если же они имеют одно и то же значение, но противоположны по знаку, то они находятся в контрпараллели: $\delta = /- \delta /$.

На латинском языке вместо обозначения δ используют обозначение Dec.

Астрологи применяют также антисы и контрантисы. *Антис* — это симметрия относительно оси солнцестояний: $0^\circ \text{♁} — 0^\circ \text{♆}$. *Контрантис* — симметрия относительно точек равноденствий:

$0^\circ \text{♈} — 0^\circ \text{♎}$. Например, антисы — $10^\circ \text{♈} — 20^\circ \text{♄}$, $7^\circ \text{♈} — 23^\circ \text{♏}$, а контрантисы — $10^\circ \text{♈} — 20^\circ \text{♎}$, $7^\circ \text{♈} — 23^\circ \text{♌}$.

Эклиптика и эклиптическая система координат

Еще в древности люди заметили, что Солнце в своем годичном движении проходит через 13 созвездий. 12 из этих созвездий имеют названия живых существ (реальных и мифических). Эти созвездия называли *зодиакальными* (от греческого «зодиакос» — зверь). Вот их названия: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Змееносец, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Но созвездия (о них поговорим позже) и астрологические знаки — это не одно и то же.

Видимый годовой путь Солнца среди звезд называется *эклиптикой*. Протяженность зодиакальных созвездий вдоль эклиптики различна. Наибольшая протяженность (около 40°) у созвездий Тельца, Девы и Стрельца, а по созвездию Скорпиона дуга эклиптики проходит всего 5° .

Астрологические знаки образуются при делении эклиптики на 12 равных частей, начиная от точки весеннего равноденствия. Естественно возникает вопрос: почему на 12, а не на 13, и почему не существует именно знака Змееносца, а не какого-нибудь другого?

Но 360° не делится на 13 без остатка. К тому же созвездие Змееносца лежит почти полностью под небесным экватором (в южном полушарии), а остальные зодиакальные созвездия располагаются по обе стороны небесного экватора.

На самом деле различные астрологические школы учитывают это созвездие. Западные школы относят к Змееносцу 30° : от 15° Весов до 15° Скорпиона. Восточные считают, что развитие происходит спиралеобразно, и созвездие Змееносца является тем местом, где спираль переходит на новый уровень обращения. Градусы Змееносца разбросаны в их системе по всему Зодиаку: это семь королевских и семь разрушительных градусов, семь последних градусов Скорпиона и семь первых градусов Стрельца ($23^\circ \square$ — $7^\circ \square$), и два блуждающих градуса: градусы, где находятся черная и белая Луна.

Статья английского журналиста, попытавшегося сделать сенсацию и опровергнуть астрологию, — мол, астрологи не учитывают созвездие Змееносца, — была рассчитана на дилетантов.

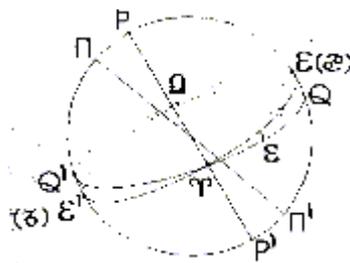


Рис. 1.5. Точки равноденствий и солнцестояний. Полюса эклиптики.

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора в двух диаметрально противоположных точках: точке \square (весеннего равноденствия) и точке \square (осеннего равноденствия). В точке \square Солнце переходит из южного полушария в северное, а в точке \square — из северного в южное.

Точки эклиптики, отстоящие от точек равноденствий на 90° , называются точками солнцестояния: точка Σ (\square , летнее солнцестояние) и Σ' (\square зимнее солнцестояние).

Плоскость эклиптики наклонена к плоскости небесного экватора на $23^\circ 26' 14''$ (на 01.01.1997 г.). Эти данные можно найти в эфемеридах в правом нижнем углу страницы (Obliquity). Этот угол очень медленно изменяется (то уменьшается, то увеличивается).

Диаметр $\Pi\Pi'$, перпендикулярный плоскости эклиптики, называется *осью эклиптики*. Точка Π — северный полюс эклиптики, а Π' — южный полюс эклиптики.

Система координат, которой в основном пользуются астрологи, связана с плоскостью эклиптики. Большой полукруг $\Pi\Pi\Pi'$ проведенный через полюса эклиптики, называется *кругом эклиптической широты*.

Положение светила М определяется двумя сферическими координатами — эклиптической долготой χ и эклиптической широтой β .

Эклиптическая долгота χ отсчитывается по эклиптике от точки весеннего равноденствия \square до круга широты светила с запада к востоку, т. е. по ходу зодиакальных знаков, и измеряется от 0 до 360° (абсолютные градусы) или по 30-градусной шкале по знакам зодиака. Именно эклиптическая долгота χ указана в эфемеридах на каждый день.



Рис. 1.6. Эклиптическая система координат.

Эклиптическая широта β отсчитывается от эклиптики по кругу широты в пределах от 0 до $\pm 90^\circ$. В северном эклиптическом полушарии $\beta > 0$, а в южном $\beta < 0$.

В эфемеридах Рафаэля кроме значений эклиптической долготы χ (long) указаны также значения эклиптической широты β (lat) и склонения δ (Dec) светил и планет. В эфемеридах Михельсена указаны только значения эклиптической долготы χ , которые нужны для построения гороскопа, но недостаточны для определения аспектов параллель и контрпараллель.

Преобразование координат

В повседневной работе астролог сталкивается с проблемой проекции различных звезд, комет, астероидов на эклиптику. В астрономических каталогах, ежегодных календарях указаны экваториальные координаты интересующих нас звезд, комет и других тел. Существуют формулы, с помощью которых, зная экваториальные координаты тела, можно перейти к эклиптическим координатам. Для этого нужно решить систему уравнений:

$$\begin{cases} \cos \beta \cos \chi = \cos \delta \cos \alpha \\ \cos \beta \sin \chi = \cos \delta \sin \alpha \cos \varepsilon + \sin \delta \sin \varepsilon \\ \sin \beta = -\cos \delta \sin \alpha \sin \varepsilon + \sin \delta \cos \varepsilon \end{cases}$$

Здесь ε — угол наклона эклиптики к экватору; χ, β — эклиптические координаты; δ, α — экваториальные координаты. Астрологам нужна только эклиптическая долгота χ , поэтому эту систему можно упростить, разделив второе уравнение на первое. В итоге мы будем иметь следующее:

$$\operatorname{tg} \chi = \cos \varepsilon \left[1 + \frac{1}{\sin \alpha} \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varepsilon \right]$$

$\varepsilon = 23^{\circ}26'14''$; α — прямое восхождение светила; δ — склонение (их значения берут в астрономических каталогах справочников). Подставив значение ε , получим:

$$\operatorname{tg} \chi = \operatorname{tg} \alpha \cos 23^{\circ}26'14'' \left[1 + \frac{1}{\sin \alpha} \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} 23^{\circ}26'14'' \right]$$

Имея калькулятор с тригонометрическими функциями, можно быстро рассчитать значение χ , которое ненамного отличается от значения α .

Кульминация, восход и заход светил

Если в ясную ночь наблюдать за звездным небом и течение нескольких часов, то легко заметить, что небесный свод как одно целое со всеми находящимися на нем звездами плавно обращается вокруг оси мира. Это движение небесного свода и звезд называется суточным, т. к. полный оборот совершается за сутки.

Если наблюдать суточное движение звезд в северном полушарии Земли, стоя лицом к южной стороне горизонта, то можно увидеть, что звезды восходят в восточной части горизонта, поднимаются выше всего над южной стороной и заходят на западной стороне. Стоя лицом к северной стороне неба, мы видим, что некоторые звезды описывают полные круги над горизонтом (Большая Медведица, Малая Медведица).

В своем суточном движении каждая звезда, каждый градус эклиптики описывают круги, параллельные небесному экватору, которые называются *суточными параллелями*. В зависимости от географической широты места наблюдения суточные параллели: пересекают математический горизонт в двух точках, располагаются над ним либо под ним. Точка, где светило переходит из невидимой части в видимую часть небесной сферы, называется *точкой восхода*, а точка, где светило из видимой части переходит в невидимую, — *точкой захода*.

В суточном вращении каждое светило дважды пересекает небесный меридиан: один раз — южную его половину (PZSP') и второй раз через 12 часов — северную половину (P'Z'NP). Явление прохождения светилом южной половины небесного меридиана называется *верхней кульминацией*. В этот момент высота светила h максимальная, а часовой угол $t = 0^\circ$.

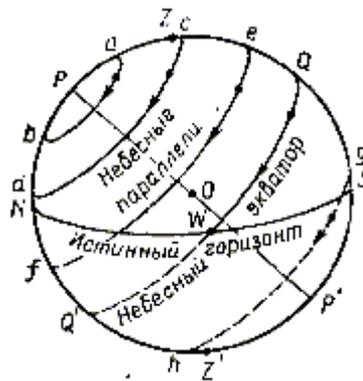


Рис. 1.7. Суточный путь светил.

Для верхней кульминации

$$Z = \delta - \varphi$$

Чтобы светило в верхней кульминации находилось в зените, необходимо, чтобы $Z = 0$, т. е. $\delta = \varphi$, — склонение светила должно быть равно географической широте места наблюдения.

Прохождение светила через северную часть небесного меридиана называется *нижней кульминацией*.

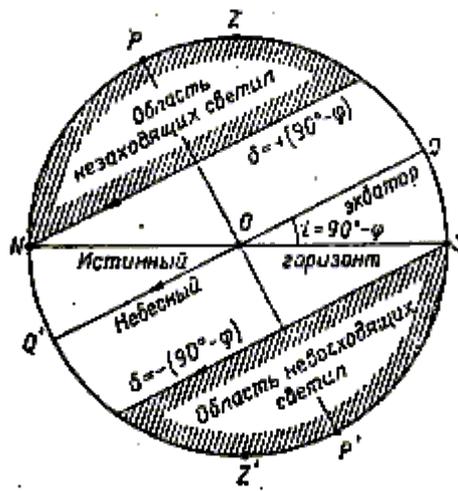


Рис. 1.8. Незаходящие и невосходящие светила.

В нижней кульминации $Z = 180^\circ - \varphi - \delta$.

$h = \delta - (90^\circ - \varphi)$, а $t = 180^\circ = 12$ ч.

Эти формулы позволяют определить, заходит ли светило в данной местности или является незаходящим.

Если $\delta \geq + (90^\circ - \varphi)$, то светило незаходящее.

В силу симметрии небесной сферы светила со склонением $\delta \leq -(90^\circ - \varphi)$ не восходят в данной местности и их невозможно наблюдать.

Светила со склонением $-(90^\circ - \varphi) < \delta < +(90^\circ - \varphi)$ восходят и заходят, при $\delta = 0$ светила расположены на небесном экваторе, восходят в точке востока E, заходят в точке запада W, полсуток находятся над горизонтом и полсуток — под ним.

У светил с $\delta > 0$ точки восхода (a) и захода (b) смещены от точек востока и запада в сторону севера (N), и светила большую часть суток находятся над горизонтом, а меньшую — под ним; у светил с $\delta < 0$ точки восхода (c) и захода (d) смещены от точек востока и запада в сторону юга (S), и светила меньшую часть суток пребывают над горизонтом, а большую — под горизонтом.

Имея звездный каталог, с помощью этих формул можно выяснить, видны ли те или иные звезды с данного места или нет.

Некоторые астрологи утверждают, что соединения звезды с планетами, куспидами домов гороскопа недостаточно, чтобы звезда работала. Обязательно, чтобы звезда была видна с места, где родился человек.

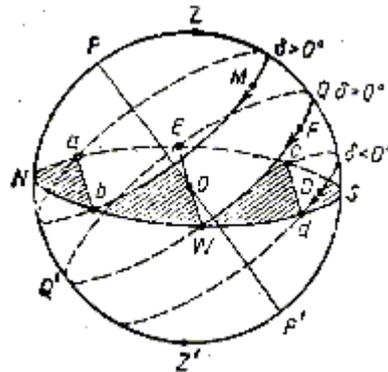


Рис. 1.9. Положение точек восхода и захода светил с различным склонением.

Пример. Определить склонения звезд, которые будут незаходящими, невосходящими и восходяще-заходящими для наблюдателя, находящегося в Москве.

Широта Москвы $55^\circ 45'$. Для незаходящих светил $\delta \geq 90^\circ - 55^\circ 45'$; $\delta \geq 34^\circ 15'$.

Для невосходящих светил $\delta \leq -(90^\circ - 55^\circ 45')$; $\delta \leq -34^\circ 15'$.

Светила, склонения которых находятся в пределах $34^{\circ}15' \leq \delta \leq -34,^{\circ}15''$, на широте Москвы будут и восходить, и заходить.

Вид звездного неба на разных широтах

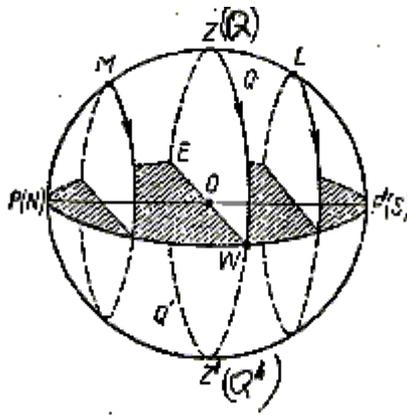


Рис. 1.10. Вид небесной сферы на земном экваторе.

На земном экваторе $\varphi = 0^\circ$, $h = 0$, и поэтому ось мира лежит в плоскости истинного горизонта и совпадает с полуденной линией, северный полюс мира P совмещен с точкой севера N , а южный полюс мира P' — с точкой юга S . Небесный экватор QQ' проходит через зенит Z и надир Z' . Плоскости всех небесных параллелей перпендикулярны плоскости истинного горизонта, а сами параллели делятся ею пополам. Все светила восходят и заходят перпендикулярно горизонту и видны полсуток.

В равной степени обозримы обе небесные полусферы.

Светила северной полусферы ($\delta > \varphi = 0^\circ$ — точка M на рис. 1.10) пересекают небесный меридиан к северу от зенита, а светила южной полусферы ($\delta < \varphi = 0^\circ$; точка L) — к югу от Зенита. При перемещении наблюдателя по земной поверхности в сторону географического полюса одноименный полюс мира поднимается над горизонтом ($h_p = \varphi$), а противоположный опускается под него. Небесный экватор приближается к истинному горизонту.

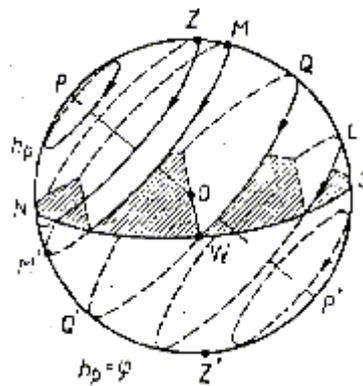


Рис. 1.11. Вид небесной сферы на произвольной географической широте.

Наблюдениям доступна вся одноименная небесная полусфера и только часть противоположной, уменьшающаяся по мере приближения к географическому полюсу; увеличиваются круги незаходящих и невосходящих светил.

На северном полюсе Земли $\varphi = +90^\circ$, $h_p = 90^\circ$ (рис. 1.12). Ось мира PP' совпадает с отвесной линией, северный полюс мира P совмещен с зенитом Z , а небесный экватор QQ' — с истинным горизонтом, и поэтому не имеется ни точек востока, юга, запада и севера, ни небесного меридиана, ни полуденной линии.

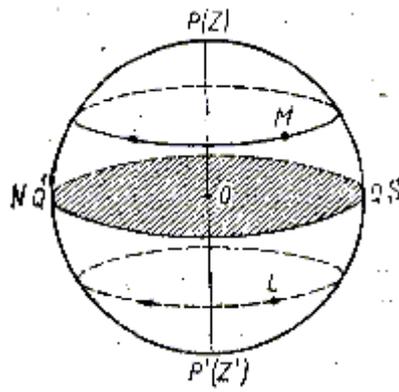


Рис. 1.12. Вид небесной сферы на географическом полюсе.

Небесные параллели параллельны плоскости истинного горизонта, и в суточном вращении неба звезды движутся параллельно горизонту, не меняя своей высоты. Понятие кульминаций отсутствует. Светила М северной небесной полусферы незаходящие, а светила L южной полусферы — невосходящие. Полярная звезда почти в зените.

На южном географическом полюсе картина аналогичная, но там все в точности наоборот.

Понятие астрологических домов

Астрологические дома отражают суточное вращение небосвода (Земли). Каждый градус эклиптики восходит, кульминирует, заходит, кульминирует (нижняя кульминация), затем снова восходит.

Существует множество способов деления сферы на 12 частей. Среди астрологов нет согласия, какой метод лучше и действительно более значим для интерпретации. Защитники различных систем полагают, что проблема важна, но к согласию прийти не могут.

Если проследить за всеми системами домов, то в них совпадают угловые точки (Asc, IC, Desc и MC). Что это за точки?

Asc — это градус эклиптики, который восходит в данной местности в момент рождения, MC — градус, который находился в верхней кульминации, Dsc — заходящий градус, IC — градус, находившийся в нижней кульминации.

В чем же разница в системах домов? В различных системах домов на 12 частей делят различные плоскости небесной сферы, а затем проецируют их на эклиптику, — отсюда и расхождения в расположении куспидов.

Система Кампануса. Круг широты делится на 12 равных частей, затем проецируется на плоскость эклиптики. Полюса этой системы — северная и южная точки горизонта.

Система Региомонтана. Небесный экватор делится на 12 частей. Начало — точка востока. Вершины домов образуются пересечением полукругов с эклиптикой.

Система Плацидуса. Куспиды домов образованы точками, каждая из которых разделяет свою дневную или ночную полудугу на три равные части. Точки пересечения с эклиптикой образуют куспиды домов.

Система Коха. Дневная полудуга MC разделена на три равные части. Точку MC прокручивают назад по дневной полудуге в точку, где MC подходит к горизонту. Затем MC отсчитывают на 30° от горизонта. Новый Asc — вершина XI дома, и т. д.

Некоторые исследователи используют точку вертекса, которую считают связанной с судьбой. *Вертекс* — точка пересечения главной вертикали (круга высоты) и эклиптики на западе.

Глава 2. Системы счета времени

Принципы измерения времени

Окружающий нас мир находится в состоянии развития. В нем нет ничего неизменного, — все движется, все претерпевает изменения. Эти изменения происходят во времени. Время — одна из основных форм существования материи. Для измерения пространства человек выработал наиболее научно обоснованную единицу измерения — метр. Для измерения времени тоже была необходима эталонная единица.

Для получения эталонной единицы времени использовались следующие периодические астрономические процессы: вращение Земли вокруг своей оси, вращение Земли вокруг Солнца, излучение (поглощение) электромагнитных волн атомами или молекулами некоторых веществ при определенных внешних условиях. Поскольку жизнедеятельность людей теснейшим образом связана со сменой дня и ночи, т. е. с вращением Земли вокруг своей оси, этот процесс и использовался для измерения времени на протяжении многих тысячелетий.

Промежуток времени, в течение которого Земля делает один оборот вокруг своей оси относительно какого-нибудь ориентира на небе, называется сутками. Продолжительность суток различна в зависимости от того, какой ориентир используется в качестве точки отсчета. Для этих целей служат: точка весеннего равноденствия; центр видимого диска Солнца; Среднее Солнце — фиктивная точка, равномерно движущаяся по экватору со средней за год скоростью движения истинного Солнца по эклиптике.

Определяемые таким образом три разных промежутка времени называются соответственно звездными, истинными и средними солнечными сутками. Поскольку вращение Земли вокруг оси проявляется в видимом суточном движении небесной сферы, в астрономии сутки определяются как промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями соответствующей точки на небе.

Эталоном времени, которым впервые научилось пользоваться человечество, стали истинные солнечные сутки. Для измерения долей истинных солнечных суток использовались солнечные часы. Простейший вариант таких часов — вертикальный шест и нанесенные на Земле деления. Тень от шеста, отражая движение Солнца по небу, перемещалась от деления к делению, показывая время.

Соперником солнечных часов были водяные часы — клепсидра, в которых уровень воды, перетекавшей по капле из одного сосуда в другой, показывал, сколько часов прошло с момента пуска клепсидры. Водяные и солнечные часы были известны в Персии, древнем Египте, Китае, Армении, Греции задолго до нашей эры.

Первые механические колесные часы, снабженные пусковым устройством, появились в Европе в XIII веке. Они имели только часовую стрелку, в движение приводились гирей. Идея маятниковых часов с маятником в качестве регулятора хода была предложена и реализована голландским физиком Гюйгенсом в 1656 г. Во второй половине XVI в. у механических часов появилась минутная стрелка, а в 1760 г. — секундная.

Усовершенствование часов — хранителей времени, создание астрономических маятниковых часов привело к тому, что истинные солнечные сутки уже не могли больше использоваться для контроля за ходом часов. Дело в том, что истинные солнечные сутки неодинаковы в течение года в силу двух причин:

1. Истинное Солнце, отражая вращение Земли по эллиптической орбите, движется по эклиптике неравномерно.
2. Наклон эклиптики к экватору приводит к тому, что проекции одинаковых отрезков эклиптики на экватор не равны между собой и, следовательно, часовой угол Солнца (отсчитываемый по экватору) измеряется неравномерно.

Поэтому для измерения времени стали использовать средние солнечные сутки, а поскольку среднее Солнце представляет собой фиктивную точку, его положение на небе вычислялось теоретически, на основании многолетних наблюдений истинного Солнца. Местное среднее солнечное время на меридиане Гринвича было названо Всемирным временем.

Разность между средним и истинным солнечным временем называется уравнением времени. Четыре раза в году уравнение времени бывает равным 0, а его максимальное и минимальное значения равны примерно ± 15 мин.

Недостатком солнечного времени является трудность его определения из астрономических наблюдений. Солнце имеет большой видимый диск, что затрудняет отсчет положения его центра. Оно сильно нагревает телескоп, вызывая его деформацию и тем самым уменьшая точность наблюдений. Поэтому специальные службы времени производят астрономические наблюдения ночью, ориентируясь по звездам.

Использовать звездное время непосредственно в повседневной жизни неудобно, т. к. вследствие годового движения Земли по орбите звездные сутки короче среднесолнечных на 3 мин 56,56. Звездное время и среднесолнечное время быстро расходятся.

Неравномерности вращения Земли подразделяют на три вида:

1. Вековое замедление скорости вращения Земли, изменяющее продолжительность суток примерно на 0,002 с за столетие. Эта величина настолько мала, что обычно не принимается во внимание.
2. Сезонная (обусловленная в основном сезонной циркуляцией атмосферы) неравномерность вращения Земли, изменяющая продолжительность суток на +0,001 с.
3. Нерегулярные изменения скорости (являющиеся результатом действия различных факторов, в частности, по-видимому, нестационарных процессов внутри Земли), из-за которых продолжительность суток изменяется на величину 10–3 с на интервале от нескольких лет до нескольких месяцев.

До открытия неравномерности вращения Земли основная единица времени — секунда — определялась как $1/86400$ доля средних солнечных суток. С введением эфемеридного времени в качестве его единицы была принята эфемеридная секунда. В 1956 г. Международное бюро мер и весов установило, что секунда — $1/31556925,9747$ доля тропического года для января 1900 г. на 12ч. эфемеридного времени.

Изобретение атомных стандартов времени и частоты позволило получить новую шкалу времени, не зависящую от вращения Земли и имеющую значительно большую точность. В качестве единицы атомного времени принята атомная секунда, определяемая как «время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133». Это определение принято в 1967 г. на XIII Генеральной конференции по мерам и весам.

Звездное время

Самая простая система времени называется звездным временем. Звездными сутками называется промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия \square . Звездные сутки делятся на 24 звездных часа, каждый звездный час содержит 60 звездных минут, а звездная минута — 60 звездных секунд. Они обозначаются h или ч (час), m, мин (минута), s, с (секунда).

Звездное время S измеряется часовым углом точки весеннего равноденствия T , выраженным в единицах времени.

$$S = t \square.$$

В один и тот же физический момент звездное время на одном географическом меридиане одинаково.

За нулевой меридиан принят гринвичский меридиан.

Если точка весеннего равноденствия \square находится в верхней кульминации, то на этом меридиане звездное время

$$S_0 = t_0 \square = 0 \text{ ч } 0 \text{ мин } 0 \text{ с.}$$

В этот же момент на меридиане с географической долготой χ , отсчитываемой к востоку от Гринвича, звездное время

$$S = S_0 + \chi.$$

Например, для Москвы $\chi = 2 \text{ ч } 30 \text{ мин}$:

$$S_{\text{моск}} = S_0 + 2 \text{ ч } 30 \text{ мин.}$$

Истинное солнечное время

Промежуток времени между двумя последовательными одноименными кульминациями центра солнечного диска называется истинными солнечными сутками.

Момент верхней кульминации Солнца называется истинным полднем, а нижней кульминации — истинной полночью.

Истинные солнечные сутки продолжительнее звездных суток на 3 мин 56,56 с. Допустим, что в момент весеннего равноденствия Земля находилась в положении 1 (см. рис. 2.1), и в этот момент в пункте О ее поверхности наступил истинный полдень, т. е. Солнце вместе с точкой весеннего равноденствия ☉ находилось на меридиане.

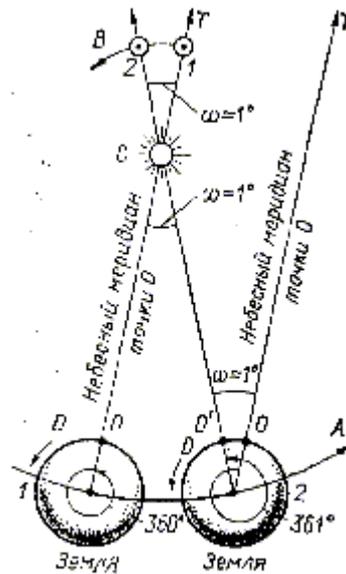


Рис. 2.1. Продолжительность звездных и истинных солнечных суток.

По прошествии звездных суток Земля повернется (по стрелке D) на 360° и переместится по своей орбите (по стрелке, A) на угол ω приблизительно равный 1° в положение 2. Тогда точка весеннего равноденствия снова окажется на меридиане, а Солнце до него еще не дойдет, т. к. за звездные сутки оно сместилось по эклиптике к востоку (по стрелке B) на тот же угол ω приблизительно равный 1° в положение Солнца 2.

Чтобы в пункте О снова наступил истинный полдень, Земле необходимо повернуться еще на угол ω приблизительно равный 1° (пункт О займет положение О'), на что требуется 3 мин 56,56с. Таким образом, истинные солнечные сутки соответствуют по времени повороту Земли на 361° .

Среднее солнечное время

Средняя продолжительность истинных солнечных суток принята за единицу счета времени и названа средними солнечными сутками (которыми мы пользуемся в повседневной жизни). Момент верхней кульминации среднего Солнца называется средним полднем, нижней кульминации — средней полночью. Среднее время $T_{\chi} = 24 \text{ ч} = 0 \text{ ч}$.

Этот момент принят за начало средних суток.

Связь между истинным и средним солнечным временем называется уравнением времени $\boxed{m_s} = T_{\chi} - T$.

Средний полдень и средняя полночь совпадают с истинными четыре раза в год: 15 апреля, 13 июня, 1 сентября и 25 декабря.

Среднее время на географическом меридиане Гринвича называется всемирным временем (UT, GMT) и обозначается T_0 .

В любой точке земной поверхности с географической долготой χ среднее время $T_{\chi} = T_0 + \chi$.

Поясное время

В большинстве стран мира не пользуются системой среднего времени, поскольку она оказалась неудобной именно потому, что связана с географической долготой. Для удаленных друг от друга населенных пунктов такая система счета времени неплоха, но для близко расположенных населенных пунктов она крайне неудобна. Так, Москва и Петербург тесно связаны, и многие жители часто обмениваются визитами. Различие в среднем времени этих городов составляет 29 мин. Прибывший из Петербурга в Москву должен перевести свои часы на 29 мин вперед.

Среднее время различается и в пределах области и даже района. В Московской области различие в среднем времени между ее восточными и западными окраинами составляет 18 мин. Поэтому возникла необходимость изменить систему счета времени, чтобы ее преимущества для отдаленных городов сохранились, а неудобства для близких районов были ликвидированы. И нет ничего удивительного в том, что реформа счета времени была предложена еще в 1879 г. не астрономами, а начальником железнодорожного движения Канады Флемингом.

Новая система счета времени, получившая название поясной системы счета времени, была введена в западных странах в 1888 г., а в России — лишь в 1919 г.

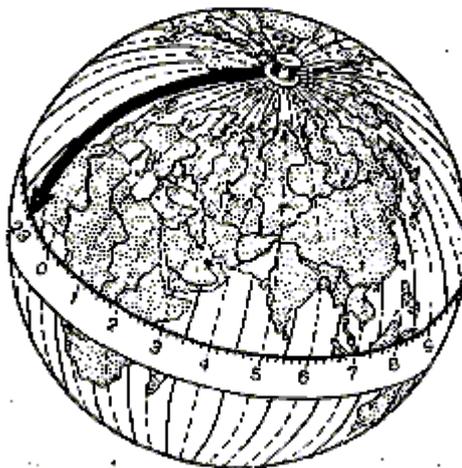


Рис. 2.2. Часовые пояса.

Сущность поясной системы состоит в том, что поверхность земного шара от полюса до полюса разграничена линиями на 24 часовых пояса, каждый примерно шириной 15° . Центральные меридианы часовых поясов отстоят друг от друга по долготе точно на 15° . Границы часовых поясов проведены по государственным и административным границам, а также по естественным рубежам (горным хребтам, большим рекам), и только в незаселенных местностях — по географическим меридианам.

За начальный (нулевой) меридиан принят гринвичский ($\chi = 0$). Нумерация часовых поясов идет с запада на восток от 0-го 23-го. Гринвичский часовой пояс считается нулевым ($n = 0$).

Гринвичский часовой пояс расположен в пределах от $-7,5$ до $+7,5^\circ$, первый часовой пояс — от $+7,5$ до $22,5^\circ$ и т. д. Центральные меридианы часовых поясов отстоят друг от друга по долготе ровно на 15° , следовательно, их поясное время T_n совпадает со средним временем T_χ :

$$T_n = T_\chi = \text{GMT} + \chi = \text{GMT} + n, \text{ где } n \text{ — номер часового пояса.}$$

Все остальные населенные пункты живут по времени центрального меридиана своего часового пояса.

Связь среднего T_χ и поясного T_n времени любого пункта, имеющего географическую долготу и находящегося в часовом поясе n , можно найти по формуле

$$T_n - T_\chi = n - \chi.$$

Различие между поясным и средним временем не должно превышать 30 мин, но из-за извилистости границ часовых поясов оно может достичь целого часа.

В поясной системе счета времени имеется поясной полдень ($T_{\Pi} = 12$ ч) и поясная полночь ($T_{\Pi} = 0$ ч). В полночь начинается новая календарная дата. Для населенных пунктов в пределах одного часового пояса поясной полдень (полночь) наступает одновременно.

Декретное время

Для экономии электроэнергии на освещение помещений и более рационального ее распределения декретом от 16 июня 1930 г. почти на всей территории СССР с 16 июля 1930 г. стрелки переведены на 1 час вперед. В каждом часовом поясе

$$T_{\text{д}} = T_{\text{п}} + 1 \text{ ч} = \text{GMT} + n + 1 \text{ ч.}$$

Кроме этого, с 1981 г. на всей территории СССР ежегодно вводилось летнее время:

$$T_{\text{л}} = T_{\text{д}} + 1 \text{ ч} = T_{\text{п}} + 1 \text{ ч} + 1 \text{ ч} = \text{GMT} + n + 2 \text{ ч.}$$

Существуют справочники, где зафиксированы даты введения и отмены летнего времени.

Линия смены дат

В каждом месте Земли новая календарная дата наступает в полночь по местному времени. Из-за вращения Земли с запада к востоку новый календарный день сначала наступает в восточных районах и постепенно переходит в западные. Но Земля — это шар, и по отношению к любому месту ее поверхности всегда существуют восточные и западные районы. Так Аляска лежит восточнее Чукотского полуострова, а Сибирь — восточнее Атлантического побережья США. Поэтому возникла необходимость принять условную линию, относительно которой считать земли восточнее или западнее.

По международному соглашению была установлена такая условная линия, получившая название линии смены дат. Она проходит по водным просторам, нигде не касаясь суши, точно по 180-му градусу земного меридиана либо в относительной близости от него: по Чукотскому морю, Берингову проливу, Берингову морю и далее по Тихому океану. Новая календарная дата начинается на этой линии и постепенно распространяется к западу, в сторону суточного движения Солнца. Поэтому к западу от линии смены дат считается одна календарная дата, а к востоку от нее — предшествующая, старая дата. Таким образом, хотя Чукотка и Аляска разделены Беринговым проливом шириной всего 85 км, календарные даты на них разные: полдень на обоих полуостровах наступает почти одновременно, но календарная дата на Чукотском полуострове опережает дату Аляски на одни сутки. Отсюда следует, что каждая календарная дата существует на Земле 48 часов: она вступает на Землю на Чукотском полуострове и сходит с Земли на Аляске.

Стоит путешественнику пересечь линию смены дат к востоку, как он попадает в старую, предыдущую дату. Если же он пересечет эту линию к западу, то попадет в завтрашний день.

При кругосветном путешествии в направлении с запада к востоку мы совершим дополнительный оборот вокруг земной оси, лишней раз встретим восход Солнца и посчитаем лишние сутки, которых на Земле не было. При кругосветном путешествии в обратном направлении мы повернемся вокруг земной оси на один оборот меньше, чем Земля, и недосчитаемся одних суток.

Астрологические эфемериды

Эфемеридами называют специальные таблицы, где указаны координаты планет на каждый день. В эфемериде приведены также таблицы гринвичского звездного времени, таблицы положений лунных узлов, указаны время затмений, фазы Луны, время вхождения (ингрессии) планет в знаки зодиака.

В настоящее время издаются эфемериды на полночь и на полдень. Все координаты приводятся по гринвичскому времени (соответственно на полночь и на полдень).

Начинающим астрологам стоит воспользоваться эфемеридами на полночь, т. к. календарная дата меняется именно в полночь. Для работы с эфемеридами на полдень необходимо провести дополнительные расчеты. В приложении приведена техника расчета гороскопа.

Календарь

Введем понятие года. В астрономии различают звездный и тропический год. Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение 365,25636 сут (365 дн. 6 ч 9 мин 10 с). Это — так называемый звездный, или сидерический год.

Промежуток времени от одного весеннего равноденствия до следующего называется тропическим годом. Его продолжительность составляет 365,2422 (365 дн. 5 ч 48 мин 46 с) средних суток и 366,2422 звездных суток.

История календаря, берущая свое начало в глубине тысячелетий, — это неотъемлемая часть истории цивилизации человеческого общества. Усовершенствование календаря проходило по мере накопления знаний о внешнем мире и в связи с потребностями народного хозяйства в различные эпохи.

Возникновение лунных календарей можно связать с эпохой первобытного человека, когда охота и собиранье растений были основой его хозяйственной деятельности. Переход к земледелию и скотоводству вызвал появление лунно-солнечных, а затем и солнечных календарей.

По мере накопления астрономических знаний солнечные календари становятся все более совершенными. Уже два тысячелетия истекло с тех пор, как юлианская реформа радикально приблизила солнечный календарный год к астрономическому. Завершился же этот процесс сближения четыре столетия назад григорианской реформой 1582 г., в результате которой календарный год практически совпадает с астрономическим.

Календарем называется система счета длительных промежутков времени. Свое название она получила от латинского слова «календэ», которым в древнем Риме обозначался первый день каждого месяца года. В свою очередь слово «календэ» происходит от латинского «каларэ» — объявлять, — о начале каждого месяца и нового года оповещалось все население, обязанное своевременно платить налоги и исполнять религиозные обряды, обогащавшие служителей культа.

В древности создание календарей входило в обязанности верховных служителей культа — касты жрецов, принадлежавшей к правящим классам. Жрецы следили за правильностью счета времени, устанавливали дни празднеств и жертвоприношений, вели хронологические записи событий, вносили поправки и календари, если они расходились с явлениями природы.

Основой любого календаря всегда служили длительные промежутки времени, определяемые по двум периодическим и хорошо заметным явлениям природы — по смене лунных фаз и смене сезонов года. Календари, основанные на смене лунных фаз, называются лунными, на смене сезонов года — солнечными, а учитывающие оба эти явления — лунно-солнечными.

В каждом календаре обязательно устанавливается определенный порядок счета дней, число суток в длительных периодах времени и указывается начало счета самих периодов.

Первая задача не вызывает затруднений, третья решается тоже весьма просто, т. к. за начало счета можно принять любое реальное или мифическое событие. Вторая задача решалась бы легко, если бы период смены лунных фаз, называемый лунным месяцем, и тропический год содержали в точности целое число суток. Как известно, время суточного оборота Земли не кратно времени ее годового оборота вокруг Солнца (365 дн. 5 ч 48 мин 46 с), а время оборота Луны вокруг Земли не кратно времени ни суточного, ни годового оборота Земли (29 сут 12 ч 44 мин 3 с). Необходимость устанавливать крупные единицы времени на основе астрономических явлений, не связанных во времени простыми кратными соотношениями, приводила к различным неувязкам и погрешностям в календаре на всех этапах его становления и развития от глубокой древности до наших дней.

С прекращением в подавляющем большинстве стран счисления времени по обороту Луны продолжительность календарного месяца уже не связана астрономической нормой. Месяц и неделя остались в календаре как привычные и нужные меры времени, утвержденные практикой

тысячелетий. В отличие от суток и года продолжительность недели и месяца может быть изменена при реформе календаря.

Лунные календари

История не дает точного ответа на вопрос о том, когда люди при исчислении времени начали применять единицы крупнее суток. По всей вероятности, лунные меры времени являются древнейшими.

На ранних стадиях развития человеческого общества при наличии лишь примитивных знаний было легче установить лунные меры, чем солнечные. Оборот Луны вокруг Земли по продолжительности в 12,4 раза меньше видимого годового оборота Солнца, поэтому его было легче определить.

Счет времени только по обороту Луны, без учета передвижения Солнца и связанной с ним смены времен года мог применяться в условиях жизни первобытного человека, когда ни земледелие, ни скотоводство еще не были развиты. Такой счет времени на основе чередования различных фаз Луны мог удовлетворять некоторые потребности первобытных людей: определение периодов ночной охоты и ночных работ, условий отражения врагов.

Но один оборот Луны, лунный месяц — небольшая мера с точки зрения хронологии. Поэтому с развитием общественных отношений появилась потребность в более крупной единице времени. В древности еще не было точных данных о продолжительности солнечного года, и наиболее простым было установление такой единицы по принципу кратного соотношения: например, 12 лунных месяцев.

Число 12 было выбрано, вероятно, потому, что уже тогда знали приблизительное соотношение времени оборота Луны и периода смены сезонов. Вместе с тем 12 удобнее 10-и из-за большего количества делителей, дающих возможность разложения числа на две, три, четыре и шесть частей. Эта мера времени теперь называется лунным годом. Но год как основная единица солнечного летосчисления не имеет никакой внутренней связи с 12-ю лунными месяцами и не совпадает с ними. Термин «лунный год» является условным.

Продолжительность лунного года составляет приблизительно $29,530588 \times 12 = 354,367056$ сут. Следовательно, лунный год короче солнечного на 10,875139, — почти на 11 сут. Новолуния и другие даты лунного времени ежегодно перемешаются вперед на эту величину относительно сезонов солнечного года. Полный кругооборот дат лунного времени относительно сезонов происходит приблизительно за 33,6 года. Во избежание неясностей следует постоянно иметь в виду это количественное различие между солнечным и лунным годом.

Астрономический месяц состоит из дробного числа суток, а в календарном месяце должно быть целое их число. В наиболее древнем варианте лунного календаря месяцы состояли попеременно из 30-и 29-и сут. При этом календарный лунный год состоял из 354 сут ($6 \times 30 + 6 \times 29$), а смещение дат такого лунного календаря относительно фаз Луны, как мы теперь знаем, должно было составлять 0,367056, т. е. треть суток каждый лунный год.

Лунный календарь с годом в 354 сут применялся в третьем тысячелетии до н. э. в государствах, существовавших в Междуречье Тигра и Евфрата в Месопотамии. С образованием Вавилонского царства в том же тысячелетии и подчинением этих городов лунный календарь стал вавилонским.

Развитие регулярной сельскохозяйственной деятельности, на основе которой существовала древняя вавилонская цивилизация, предъявило иные требования к календарю, которые лунный календарь не мог удовлетворить. Решающим недостатком древнего лунного календаря было, конечно, не смещение его дат по фазам Луны на одну треть суток каждый лунный год, а смещение относительно сезонов сельскохозяйственных работ почти на 11 сут каждый солнечный год. Лунный календарь уже в древнем Вавилонском царстве уступил место лунно-солнечному.

Однако намного позже, в другую историческую эпоху, лунный календарь был введен в обиход в более совершенном виде. В VII в. н. э. на Аравийском полуострове образовалось новое государство — Арабский халифат. Лунный календарь был там усовершенствован и принят как

государственный.

Чтобы прекратить перемещение дат лунного календаря по фазам Луны приблизительно на треть суток каждый лунный год, стали прибавлять 11 дней равномерно в течение каждых 30-и лунных лет. Образовался тридцатилетний календарный «арабский цикл», в котором 19 лет содержат по 354 дня и 11 лет — по 355 дней. а всего 10631 день. Число 30 было принято потому, что этот множитель приводит дробное число суток лунного года близко к целому числу в цикле. $354,367056 \times 30 = 0631,01168$.

В такой календарной системе смещение дат по фазам Луны очень малое: $0,01168 \div 30 = 0,000389$ сут за лунный год. Расхождение с фазами Луны в одни сутки накапливается при этом за 2,6 тыс. лунных лет. При равномерном распределении 11-и дополнительных дней на протяжении 30-и лунных лет начало каждого лунного календарного месяца мало отклоняется от новолуния.

Основной же недостаток лунного календаря — перемещение его дат по сезонам почти на 11 сут за солнечный год — нельзя исправить никакой реформой; это предопределено соотношением угловых скоростей движения Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли.

Совершенный лунный календарь так же неудобен в практической жизни, как и древний, несовершенный его вариант. Но для хронологических целей он применим. Перевод его дат на солнечное счисление не представляет большого труда, если известно начало отсчета, т. е. «эра календаря». Арабский лунный цикл был официальным календарем халифата, используемым в религиозной жизни, в хронологии и государственном делопроизводстве. Но наряду с ним применялись и народные календари, учитывающие сезонные явления в природе.

Арабский календарный цикл возник вместе с мусульманской религией — исламом. Эра этого календаря, т. е. начало летосчисления, относится к 622 году, когда основатель ислама Мухаммед переселился из Мекки в Медину. Название этого переселения — хиджра — закрепилось и за самим календарем. Он стал элементом религии и называется поэтому мусульманским.

Историки рассматривают введение неудобного лунного календаря в Арабском халифате как одно из средств обособить арабов от других народов, чтобы создать сильное арабское государство. По мере завоевания соседних стран Арабским халифатом лунный календарь вместе с мусульманской религией распространялся на страны Ближнего и Среднего Востока, Северной Африки и Южной Европы.

Кроме арабского цикла лунного календаря существует и турецкий восьмилетний цикл, в котором каждые восемь лунных лет содержат три дополнительных дня на следующем основании:

$$354,367056 \times 8 = 2834,936448 \text{ сут};$$

$$354 \times 5 + 355 \times 3 = 2835 \text{ сут.}$$

Здесь для приведения дробного числа суток астрономического лунного года к целому числу в цикле применен множитель восемь. Однако приближение к целому числу получается меньшее, чем при множителе 30. Как видим, каждые восемь лунных лет требуется включать три дополнительных дня.

Турецкий восьмилетний цикл менее точен, так как при нем смещение дат по фазам Луны (в другую сторону против арабского) составляет 0,007944 сут за лунный год, а расхождение в одни сутки с фазами Луны накапливается за 126 лунных лет.

В настоящее время мусульманский лунный календарь хиджра как арабского, так и турецкого цикла применяется наряду с другими календарями в тех странах Азии и Африки, где распространен ислам.

Лунно-солнечные календари

Лунно-солнечные календари возникли, как и лунные, в древнем мире, но позже лунных. С развитием сельского хозяйства лунный календарь уже не удовлетворял практическим потребностям людей. Жизнь требовала приспособить календарь к смене сезонных явлений. Но отсутствие точных данных о продолжительности солнечного года, а также традиции и привычки лунного счета времени не давали возможности отказаться от лунных месяцев. Лунный год нужно было заменить солнечным годом или по крайней мере приблизить к нему, т. е. увеличить.

Солнечный год содержит дробное число лунных месяцев — 12,4. Чтобы включить в солнечный год лунные месяцы без их раздробления, прибавляем целый лунный месяц раз в несколько лет, приближая этим лунные годы к солнечным. Такие удлиненные годы содержали по 13 лунных месяцев. В этом и заключается основная идея лунно-солнечного календаря, который явился, таким образом, комбинацией лунных месяцев с солнечными годами.

В результате прежнее систематическое смещение лунных календарных дат по сезонам было резко ограничено. В одни годы оно накапливалось, а в другие погашалось если не полностью, то практически в достаточной степени. Календарный год приблизился в среднем к солнечному, хотя он и состоял из лунных месяцев. Такой календарь мог в какой-то мере удовлетворять потребности сельскохозяйственных и других сезонных работ.

В первоначальном виде лунно-солнечный календарь не представлял собой какой-либо определенной системы включения дополнительных месяцев. Они вставлялись каждый раз по особому решению или указанию. О существовании такого лунно-солнечного календаря в древнем мире известно из указов вавилонского царя Хаммурапи (2667—2025 гг. до н. э.). Позднее в Вавилоне появились лунно-солнечные календарные системы. Первой из них был восьмилетний лунно-солнечный цикл. Он основывался на том наблюдении, что восемь солнечных лет по количеству суток приближаются к 99-и лунным месяцам. Поэтому в течение восьми лет стали прибавлять к 96-и основным лунным месяцам три дополнительных, а именно во втором, пятом и седьмом годах, которые состояли из 13-и месяцев. Дополнительные месяцы содержали по 30 сут, а основные — попеременно по 30 и 29. Восьмилетний лунно-солнечный цикл включал 2922 сут ($8 \times 354 + 3 \times 30$). В действительности восемь солнечных лет содержат $365,242195 \times 8 = 2928,94$ сут. Расхождение с солнечным временем сравнительно небольшое, — оно составляет сутки за 133 года.

Более совершенные лунно-солнечные календари основываются на том, что 19 солнечных лет соответствуют 235-и лунным месяцам.

$$365,242195 \times 19 = 6939,6017 \text{ сут};$$
$$29,530588 \times 235 = 6939,6882 \text{ сут}.$$

Разность составляет 0,0865 сут. Этот 19-летний астрономический цикл, получивший название «круг Луны», широко использовался при построении лунно-солнечных календарей.

В 19-летний календарный цикл равномерно включались семь дополнительных месяцев ($19 \times 12 + 7 = 235$), а число суток составляло при этом 6926 ($354 \times 19 + 30 \times 7$), что на 3,6 сут меньше солнечного времени. Расхождение погашалось путем систематического включения дополнительных дней. Например, в V веке до н. э. греческий астроном Метон ввел по дополнительному дню в первом, шестом, десятом и пятнадцатом годах 19-летнего цикла. В метоновом календарном цикле число суток увеличилось до 6940, а расхождение с солнечным временем уменьшилось до 0,4 сут за 19 лет.

Циклический календарь

Большой популярностью в Юго-Восточной Азии пользуется в настоящее время древний «циклический календарь», возникший первоначально в Китае. В нем летосчисление ведется не столетиями, а циклами по 60 лет. Каждый цикл состоит из шести 10-летних и одновременно пяти 12-

летних периодов. Каждым двум годам 10-летнего периода присвоен символ одной из пяти «стихий» — дерева, огня, земли, металла и воды. Первый год из этих двух лет стихия действует в «мужском состоянии», а второй — в «женском».

Каждому году 12-летнего периода присвоен символ животного: мышь, корова, тигр, заяц, дракон, змея, лошадь, овца, обезьяна, петух, собака, свинья. Каждый год цикла характеризуется двумя символами — стихией и животным.

Начало года по этому лунно-солнечному календарю приурочено к новолунию, предшествующему вступлению Солнца в знак Водолея. Перемещение новогоднего дня ограничено поэтому пределами 20 января — 20 февраля по григорианскому календарю.

В Китае для отсчета циклов принята легендарная дата начала царствования правителя Хуан Ди — 2637 г. до н. э.

В настоящее время сфера применения древних лунно-солнечных календарей в государственной и деловой жизни развивающихся стран Юго-Восточной Азии постепенно сокращается. Но они сохраняют свое значение в сфере народных традиций. Подавляющее большинство стран мира теперь не учитывает в календарной системе время оборота Луны, а фазы Луны указываются в календарях лишь для справок. Но и те страны, где в религиозных отправлениях и во внутренней жизни еще действуют лунные и лунно-солнечные календари, используют общепринятый солнечный григорианский календарь в международных отношениях и в официальных делах.

Семидневная неделя

Возникновение недели, как и лунного месяца, восходит к глубокой древности. У народов, которые вели счет дням по Луне, было несколько посвященных ей праздников. Разделяя полный оборот на четыре фазы, они могли приурочить к каждой из фаз соответствующий праздник, а продолжительность фазы могла служить при этом особой единицей времени. С возникновением лунного, а затем и лунно-солнечного календаря с чередованием 29- и 30-дневных месяцев неделя должна была состоять попеременно из семи и восьми суток.

Вероятно, из-за неудобства такого непостоянства в неделе было установлено неизменно семь суток. Эта мера времени потеряла связь с фазами Луны. Числу семь приписывали мистическое значение: было известно семь планет, семь металлов. В Библии это число фигурирует в сказании о сотворении мира и отражает трудовой ритм древних евреев: шесть дней работа, седьмой — отдых. Семидневная неделя, закрепленная религиозно-мистическими представлениями и принятая впоследствии христианской и мусульманской религиями, прошла через тысячелетия и сохранилась до нашего времени.

Солнечные календари

Древнеегипетский календарь. В Древнем Египте, стране земледельческой, за три тысячелетия до н. э. был создан солнечный календарь, первоначально предназначавшийся для вычисления дней ежегодных разливов Нила, от которых зависело орошение полей и обилие урожая. На основе длительных наблюдений выяснилось, что разлив Нила наступает через несколько дней после первого появления на фоне утренней зари самой яркой звезды Сотис, до этого невидимой на протяжении около трех недель. Между двумя первыми утренними появлениями этой звезды проходило около 360 сут, и поэтому первый египетский солнечный календарь содержал 360 дней и состоял из 12-и месяцев по 30 сут каждый.

Значительно позже — во втором тысячелетии до н. э. — египетские жрецы по предутреннему появлению звезд уточнили продолжительность солнечного года — 365 сут. Поэтому египетский солнечный календарь стал содержать 365 дней, отличаясь от тропического года примерно на 6 часов. Добавленные 5 дней не включались ни в один месяц, их прибавляли в конце года и посвящали религиозным торжествам. Египетские месяцы подразделялись на три десятидневки и шесть пятидневок соответственно десятичной системе счисления, возникшей на основе счета по пальцам.

Кумранский календарь. Недавно, в 40-х годах, в результате археологических исследований стал известен солнечный «Кумранский календарь», которым пользовались более двух тысяч лет назад в еврейской религиозной замкнутой общине (секте есеев), обитавшей вблизи нынешнего селения Кумран около западного берега Мертвого моря.

Хотя предположительно солнечное летосчисление было здесь заимствовано из Египта, календарь отличался своими особенностями. В нем год состоял из 364-х суток и 52-х семидневных недель. Восемь месяцев содержали по 30 дней и четыре (последние в кварталах) — по 31-у дню. Этот календарь не был «блуждающим», т. к. расхождение с астрономическим годом корректировалось в нем особыми правилами включения дополнительных дней.

Календари древних Майя. К древним солнечным календарям относится и система летосчисления, созданная независимо в Центральной Америке индейцами племени Майя в период расцвета их культуры в I тысячелетии н. э. Хотя не все еще выяснено в этой системе, но уже установлено, что она состояла из нескольких календарей, используемых в гражданской либо в религиозно-ритуальной жизни.

В основном гражданском календаре год состоял из 365-и дней, разделенных на 18 частей, условно называемых в современной литературе «месяцами» по 20 дней в каждом. Пять дополнительных дней присоединялись в конце года. Принятое число дней в «месяце» можно объяснить тем, что индейцы Майя вели счет по двадцатиричной системе, основанной на общем числе пальцев на руках и ногах. Дополнительные дни в конце года были праздничными. В это время происходила смена правителя.

В религиозно-ритуальных целях применялся календарь с коротким «годом» продолжительностью 260 дней, состоящим из 13-и месяцев по 20 дней. Была еще неделя из 13-и дней, а по некоторым данным — и из 9-и дней.

Из крупных единиц времени применялись 4-летний и 52-летний циклы. Последний состоял из 13-и четырехлетних и содержал $365 \times 52 = 18980$ дней. Такое же число дней содержал и цикл из 73-х коротких лет. $260 \times 73 = 18980$. Эта закономерность как бы объединяла оба календаря и делала более простым соотношение их дат. Кроме солнечных у древних Майя применялись и лунные календари различных вариантов.

Солнечная хиджра. Неудобство лунной хиджры, в которой даты смещаются ежегодно почти на 11 сут относительно сезонов солнечного года, привело к созданию своеобразного синтеза мусульманского лунного календаря с солнечным — солнечной хиджры.

По солнечной хиджре год состоит из 365 (366) дней, а по лунной — из 354 (355). Но летосчисление по обеим ведется с 622 г. н. э. Расхождение между солнечным и лунным счетом в один год образуется приблизительно за 33,6 солнечного года, и к настоящему времени накопился большой разрыв в датах. Так, по лунной хиджре в 1987 г. наступил 1408 г., а по солнечной — 1366-й.

Начало года по солнечной хиджре — день, следующий за моментом весеннего равноденствия. Однако все мусульманские религиозные даты отмечаются по лунному календарю. Такая календарная система распространена в странах Среднего Востока: Иране, Афганистане, Пакистане.

Зороастрийский календарь. О времени, когда этот календарь был принят в Персии, высказывались различные мнения, но большинство относят это событие к V в. до н. э.

В зороастрийском календаре разницу между тропическим и солнечным годами исправляли один раз в 120 лет, добавляя целый месяц. При вставке дополнительного месяца 5 дней, приходившихся на конец года, передвигались таким образом, что они следовали не за последним, 12-м месяцем, а непосредственно за дополнительным. При этом пересчете 120-летнего цикла дополнительный месяц вставлялся после первого календарного месяца, при втором — после второго. Соответственно перемещалась и пятидневка.

По мнению исследователей создатели зороастрийского календаря заимствовали 365-дневный год у египтян. Но «большое сходство его структуры с египетским календарем приводило многих исследователей к выводу о том, что представление о блуждающем солнечном году было заимствовано у египтян... Однако этнографические данные показывают, что календарные схемы, основанные на солнечном годе из 360-и 365-и дней ($12 \times 30 + 5$), встречаются у разных народов почти на всех континентах, следы таких представлений можно найти и в древнеиндийских ведах».



Календарь. Титульный лист одного из первых печатных русских календарей.

На Руси же по древней традиции началом года считали весну, и юлианский год начинался 1 марта. Летосчисление пели от сотворения мира, приняв византийский вариант этой мифической даты — 5508 г. до н. э.

Лишь в 1492 г. н. э. (в 7001 г. «от сотворения мира») начало года на Руси было установлено 1 сентября. Ввиду истечения седьмой тысячи лет «от сотворения мира» и религиозно-мистического истолкования этого срока, а возможно, и в связи с захватом турками в 1453 г. Константинополя — столицы восточного христианства — в мире распространились суеверные слухи о наступающем в 7000 г. конце света. После того как эту роковую черту благополучно миновали, суеверные люди успокоились. Московский церковный собор в сентябре 1492 г. (7001 г.) перенес начало года с 1 марта на 1 сентября.

Через 208 лет по указу Петра I были установлены нынешние даты начала года и летоисчисления. В указе от 19 декабря предписывалось день после 31 декабря 7208 г. от сотворения мира считать 1 января 1700 г. от рождества Христова.

Таким образом, новый год встречали тогда дважды: 31 августа и 31 декабря. В ознаменование этого исторического события в Москве в ночь на 1 января было организовано большое празднество с иллюминацией, колокольным звоном, пушечной пальбой и фейерверками. При этом ошибочно считалось, что переход на новое летосчисление приурочен к вступлению в новый век. (XVIII в. наступил только через год — 1 января 1701 г.).

В старославянском языке некоторые дни седмицы назывались порядковыми числительными, что перешло в современные славянские языки: русский, украинский, польский, чешский, болгарский. Название субботы происходит от древневосточного слова «шаббат», что означает отдых, покой. Отсюда и слово шабаш — конец делу.

Слово «неделя» в древности относилось только к седьмому дню отдыха (нет дела). Это название сохранилось и ныне в украинском, польском и других языках. В русском же этим словом стали называть всю седмицу, а седьмой день называли воскресеньем. От древнего значения слова неделя происходит и название понедельник, т. е. день «после недели».

В 1830 г. Академия наук выдвинула предложение о введении в России нового григорианского стиля, но министр просвещения выступил против изменений календаря, и реформа не состоялась. Перед наступлением XX века этот вопрос снова был поднят. В 1900 г. в Академии наук была образована календарная комиссия. В пользу реформы выступил Менделеев. Но продвижения не было из-за оппозиции органа православной церкви — Синода.

В Советской России, как известно, на григорианский календарь перешли в 1918 г. Декрет Совнаркома РСФСР о переходе был опубликован 25 января. По этому декрету датой, следующей за 31-м января, было не 1-е, а 14-е февраля.

Юлианский календарь. В древнем Риме до Юлия Цезаря действовал сложный и неудобный лунно-солнечный календарь, в который часто вносились изменения и поправки для приведения его в соответствие с солнечным годом. В 46 г. до н. э. была произведена коренная реформа с переходом с начала 45 г. на солнечный 12-месячный календарь, названный юлианским по имени осуществившего эту реформу Юлия Цезаря, прославленного полководца и правителя, принявшего на себя еще и титул верховного жреца. В этой реформе были использованы знания и опыт египетских астрономов, особенно александрийской школы, а к разработке реформы привлечен александрийский астроном Созиген.

Главным в юлианской реформе было «отключение» календаря от оборота Луны и введение високосного дня каждые четыре года. Таким образом, эта реформа создала современный солнечный календарь в его первоначальном виде. Месяцы в нем стали лишь единицами внутренней структуры, как и в египетском, а введение високосных дней почти прекратило смещение календаря по сезонам года. Этот календарь давал расхождение с тропическим годом в одни сутки за 128 лет.

По реформе 46 г. до н. э. дополнительный день был включен в феврале после шестого дня до мартовских календ и назывался повторным шестым — бис секстус, откуда произошло слово «високосный».

В дореформенном древнеримском календаре сначала было десять основных месяцев, потом стало двенадцать. Последние перешли и в юлианский календарь вместе со своими названиями. Первый месяц года назывался в честь бога войны Марса — мартуис (март), второй — априлис (апрель) (название произошло, вероятно, от слова априкус — согреваемый солнцем); третий в честь богини Майи — майюс (май), четвертый — в честь богини Юноны — юниус (июнь). Названия следующих шести месяцев были образованы от порядковых числительных: пятый — квинтилис, шестой — секстилис, седьмой — септембер (сентябрь), восьмой — октобер (октябрь), девятый — новембер (ноябрь) и десятый — децембер (декабрь). После прибавления двух месяцев одиннадцатый был назван в честь двуликого бога Януса — януариус (январь) и двенадцатый стал месяцем «очищения» — фебруариус (февраль).

Начало года по реформе было перенесено с марта на январь, а названия месяцев оставлены прежние. В результате для шести месяцев названия потеряли свой первоначальный смысл: их порядковые номера уже не соответствовали занимаемому месту. Месяц квинтилис, перешедший с пятого на седьмое место, после реформы Юлия Цезаря был назван юлиус (июль). Спустя некоторое время секста -лис, перешедший с шестого на восьмое место, был назван в честь преемника Цезаря, первого римского императора Октавиана Августа — аугустус (август), что означает «священный».

Четыре месяца с порядковыми названиями (сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь) сохранили их, несмотря на несоответствие. В настоящее время названия всех месяцев мы воспринимаем лишь символически; их первоначальный смысл утрачен и представляет только познавательный интерес, но не вызывает никаких ассоциаций в повседневной жизни. Вместе с тем такие названия месяцев являются международными, т. к. в английском, французском, немецком и других языках они образовались от этих же латинских корней.

По юлианской реформе нечетные шесть месяцев содержали по 31 дню, а четные пять (кроме февраля) — по 30 дней, февраль — 29, а в високосных годах — 30 дней. Позже в честь Октавиана Августа в августе увеличили число дней до 31-го за счет февраля, который уменьшили до 28-и дней. Чтобы не было трех месяцев подряд, состоящих из 31 дня, убавили один день в сентябре и перенесли его на октябрь, а день из ноября перенесли на декабрь. Так установилось распределение дней года по месяцам, дошедшее до нашего времени.

Григорианский календарь. Со времен Юлия Цезаря до Никейского Собора, созванного в 325 г., накопилось расхождение в трое суток, вследствие чего астрономический момент весеннего равноденствия переместился в календарных датах с 24-го на 21-е марта. Никейский собор не устранил это перемещение, а закрепил его, утвердив 21 марта днем весеннего равноденствия.

Поскольку не была устранена и причина расхождения, оно вновь стало накапливаться и к концу XVI в. достигло 10 дней, а дата весеннего равноденствия сместилась дальше с 21-го марта на 11-е марта. В 1582 г. католическая церковь провела реформу с восстановлением даты весеннего равноденствия 21 марта. Для этого следующий после 4 октября 1582 г. день был объявлен 15-м, а не 5-м октября. Автором проекта реформы был итальянский врач, математик и астроном Алоизий Лилио, но введенный календарь назван григорианским по имени осуществившего эту реформу римского папы Григория XIII.

Для устранения источника неточности юлианского календаря каждые 400 лет по григорианскому календарю исключаются три високосных дня в годах конца столетий, первые две цифры которых не делятся на четыре. В силу этого были невисокосными 1700-й, 1800-й, 1900-й, а 2000-й будет високосным.

Чтобы уяснить сущность григорианской поправки, нужно вспомнить, что продолжительность астрономического года превышает 365 сут на 5 ч 48 мин 46 с. Следовательно, в течение четырех лет накапливается расхождение календаря с астрономическим временем в размере 23 ч 15 мин 4 с. В каждом четвертом високосном году это расхождение погашается с избытком в 44 мин 56

с благодаря введению дополнительного дня. Указанный избыток, разложенный на 4 года, выражает неточность юлианского календаря — 11 мин 14 с в год, которая снижается григорианской поправкой до 26-и секунд в год посредством уменьшения числа високосных суток со 100 до 97-и каждые 400 лет. В результате расхождение в одни сутки григорианского календаря с астрономическим временем накапливается не за 128 лет, а за 3323 года.

В странах, не перешедших своевременно на григорианский календарь, перемещение астрономических моментов в датах юлианского календаря продолжалось в прежнем темпе, и в начале XX в. расхождение юлианского календаря с григорианским достигло 13-и дней.

В 1923 г. появился проект «новоюлианского» календаря, предложенный югославским астрономом Миланковичем. Этот календарь точнее григорианского: расхождение с астрономическим временем в одни сутки накапливается в нем только за 43200 лет. Однако система високосных годов в нем сложнее — каждые 900 лет исключаются семь високосных дней.

Еще более точным и простым является проект, предложенный в 1864 г. астрономом Мэдлером и выдвинутый в 1899 г. специальной комиссией Русского астрономического общества. По этому проекту требуется исключать один високосный день каждые 128 лет. Расхождение в одни сутки образовалось бы только за 86400 лет.

Поправки Мэдлера и Миланковича, как и григорианская поправка, представляют собой различные системы исключения високосных дней с целью приблизить календарное время к астрономическому. Но эту же задачу можно решать и иным способом — посредством периодической разрядки четырехлетнего цикла.

Если каждый восьмой цикл увеличить на один год, т. е. считать в нем четыре года простыми, а пятый високосным, то каждые 33 года будут состоять из 25-и простых и восьми високосных. Образуется, таким образом, новый 33-летний цикл, который содержит 8 малых циклов: семь по 4 года и восьмой, удлиненный, из 5-и лет. Неточность юлианского календаря погашается при этом в пределах 33-х лет с остатком 19,5 с в год, а расхождение в одни сутки календарного времени с астрономическим накапливается за 4400 лет.

Такую систему високосных годов применил в календаре еще в XI в. персидский ученый и поэт Омар Хайям. Точность этой системы несколько больше, чем григорианской, но это не имеет существенного значения. Не очень существенно и трех-четырёхкратное сокращение срока погашения юлианской неточности. Но с точки зрения простоты и удобства эта система разрядки менее удачна, чем григорианская система исключения високосных годов.

Общепринятая григорианская система в достаточной мере соответствует астрономическому соотношению суток и года. Вместе с тем она более удобна, чем другие.

Переход на новый стиль в некоторых странах был болезненным и сопровождался острой внутренней борьбой. В отдельных странах григорианская реформа была принята в следующие годы: Италия, Испания, Португалия, Франция, Польша, Голландия — в 1582 г.; Австрия, Швейцария — в 1584-м; Венгрия — в 1587-м; Пруссия — в 1610-м; Дания, Норвегия — в 1700-м; Великобритания — в 1752-м; Швеция — в 1753-м; Япония — в 1873-м; Китай — в 1911-м; Болгария — в 1916-м; СССР — в 1918-м; Румыния — в 1919-м; Турция — в 1925-м; Египет — в 1928-м.

Григорианский новый стиль немедленно ввели в тех странах, где влияние католической церкви было преобладающим. В ряде стран задержка реформы была вызвана, конечно, не малоощутимой и нужной поправкой в системе високосных годов, а ощутимым и объективно ненужным перемещением дат.

Равноденствия и календарь

Многие предполагают, что в весеннее и осеннее равноденствие день равен ночи. В действительности это не совсем так, ибо момент равноденствия не длится сутки, — он лишь точка на шкале времени, которая отмечается при прохождении центра солнечного диска через небесный экватор. Поэтому точного равенства дня и ночи никогда не может быть.

В обычных календарях восходом Солнца считается момент появления над горизонтом верхнего края диска, а не его центра. Заход также определяется по верхнему краю. Кроме того, учитывается, что преломление света в земной атмосфере «поднимает» диск Солнца над горизонтом, и для нас восход наступает раньше, а заход позже истинного, т. е. долгота дня увеличивается.

По этим причинам указанная в обычных календарях долгота дня отличается от истинной (астрономической) на несколько минут. Она наиболее близка к 12-и часам весной на два-три дня раньше, а осенью позже дней равноденствия, которые определяются по астрономическим данным.

Календарные эры

Эрой календаря называется принятый в нем отсчет годов от определенного момента времени, связанного с каким-либо историческим событием, реальным или мифическим. В течение тысячелетий существования календаря применялось много различных начальных точек отсчета времени.

В Древнем Китае по циклическому календарю отсчет вели от легендарной даты начала царствования правителя Хуан Ди — 2637 г. до н. э.

В Древнем Египте не было единого непрерывного отсчета времени, — летосчисление велось отдельно по годам правления каждого фараона. В Древнем Вавилоне применялась эра от начала царствования Набонассара — 747 г. до н. э. В Древней Греции было распространено летосчисление от начала первой Олимпиады — 776 г. до н. э. В Древнем Риме отсчет вели от легендарной даты основания Рима Ромулом — 753 г. до н. э., а позднее применялась эра от начала правления императора Диоклетиана — 284 г. н. э.

Эра «от сотворения мира» существовала в нескольких вариантах: по древнееврейскому календарю сотворение мира произошло в 3761 г. до н. э., а по византийскому — в 5508 г. до н. э.

Кроме упомянутых известно немало других календарных эр. В настоящее время наряду с общепринятой эрой «от рождения Христова», т. е. «нашей» эрой, во внутренней жизни некоторых стран распространены и другие системы летосчисления.

По мусульманской хиджре, как лунной, так и солнечной, отсчет годов ведется от переселения основателя ислама Мухаммеда из Мекки в Медину, что соответствует 622 г. н. э. Но продолжительность лунного и солнечного года различна, поэтому возникло и постоянно увеличивается расхождение в датах.

В Индии наряду с летосчислением по григорианскому календарю применяется и эра Сака, по которой начало отсчета соответствует 78 г. н. э.

В странах Юго-Восточной Азии распространено летосчисление по циклическому календарю.

Особый интерес представляет происхождение нашего летосчисления. Оно возникло в результате изысканий римского монарха, папского архивариуса Дионисия, жившего в VI веке. Он рассчитывал пасхалии, т. е. даты переходящего праздника пасхи, на ряд лет вперед, начиная с 248 г. эры Диоклетиана (532 г. н. э.), и при этом определял дату рождения Христа.

Дионисий пришел к выводу, что Христос родился за 532 г. до начала составляемых им пасхалий. Это число является произведением 19×28 , т. е. «круга Луны» и 28-летнего календарного цикла.

Через каждые 532 года одним и тем же числам месяцев соответствуют те же дни недели и те же фазы Луны. Это число называется великим индиктионом и имеет большое значение при расчете пасхалий.

Различные христианские писатели первых веков называют разные, но близкие даты рождения Христа. Дата, выбранная Дионисием, не отличается от них существенным образом. Исходя из этих литературных данных он и выбрал удобную для него дату, отстоящую на 532 г. от начала составляемых им пасхалий и не расходящуюся с евангельскими преданиями. Такой выбор, вероятно, облегчил ему расчет пасхалий.

Предложенное Дионисием летосчисление от рождения Христова постепенно находило признание сначала в церковной жизни, а затем и в гражданской. Но еще много веков после Дионисия применялись в европейских странах и другие эры, особенно эра «от сотворения мира».

В настоящее время проблема календаря заключается только в усовершенствовании его внутренней структуры. Существует немало проектов усовершенствования, но пока нет такого, который получил бы всеобщее признание. Этому, вероятно, препятствуют требования значительных изменений календаря, содержащиеся в проектах.

Юлианские дни

Задача о числе суток, прошедших между двумя заданными датами, в астрологии решается с помощью юлианских дней, считаемых непрерывно с 1 января 4713 г. до н. э. За начало каждого дня принят гринвичский полдень. В астрономических ежегодниках и специальных таблицах даются целые числа юлианских дней.

Начало счета юлианских дней условное и предложено в XVI веке н. э. Скалигером как начало большого периода в 7980 лет. Это число — произведение трех меньших периодов: 1) периода в 28 лет, через который повторяется распределение дней семидневной недели по дням года; 2) периода в 19 лет (Метонов цикл); 3) периода в 15 лет, употреблявшегося в римской налоговой системе.

Скалигер, исходя из принятых в то время номеров лет в этих трех периодах, рассчитал, что первые номера всех трех циклов приходились на 1 января 4713 г. до н. э. Период в 7980 лет он назвал юлианским в честь своего отца Юлия.

Глава 3. Звезды, галактики

Созвездия, звездные карты

В темную, безлунную и безоблачную ночь на небе видно множество звезд. Трудно разобраться в этой величественной картине звездного неба. Еще трудней кажется пересчитать все видимые на небе звезды. Но эта задача становится вполне разрешимой, если применить правильные способы ее решения. Эти способы создавались веками, они уходят своими корнями в глубокую древность. Именно на заре человеческого общества, когда впервые возникло примитивное производство, уже кочевым племенам необходимо было ориентироваться при переходах с места на место с тем, чтобы отыскать путь к местам прежних стоянок.

Какой же выход видели из создавшегося положения древние люди, не имевшие в своем распоряжении даже самых элементарных начатков современных наук? Единственно, что было всегда перед ними, а вернее, над ними — это звездное небо, по которому древние народы стали постепенно учиться ориентироваться на местности и вести счет времени.

Но как же можно ориентироваться по звездам, если их видно на небе великое множество? Для этого прежде всего сгруппировали яркие звезды (которых на небе не так уж много) в фигуры, хорошо запоминающиеся своими контурами. Такие звездные фигуры — сочетания звезд — были названы созвездиями.

Многие исследователи истории астрономии приходили к заключению, что древние обитатели Армянского нагорья активно участвовали в становлении древней астрономии. Так, В.Олкотт (1911 г.) писал: «Данные астрономии согласуются с историческими и археологическими исследованиями в том, что лица, придумавшие древние фигуры созвездий, жили, вероятно, в долине Евфрата, а также в области горы Арарат...» Маундер (1906 г.), изучая вопрос происхождения созвездий, писал: «Люди, разделившие небо на созвездия, жили, по всей вероятности, между 36-м и 42-м градусами северной широты, так что родиной обозначения созвездий не могли быть ни Египет, ни Вавилон». Высчитав, в каком месте центр этой пустой области совпадает с южным полюсом, мы получаем дату 2800 г. до н. э., которая, по всей вероятности, является датой завершения древнего дела наименования созвездий.

Было замечено, что в числе фигур, изображающих созвездия, нет следующих животных: слона, верблюда, гиппопотама, крокодила и тигра, и поэтому мы можем утверждать, что ни Индия, ни Аравия, ни Египет не могли быть местом, где зародилась идея о Небесной сфере. Грецию, Италию и Испанию мы можем исключить на том основании, что в числе фигур созвездий имеется фигура льва. Таким образом, рассуждая чисто логически, мы можем утверждать, что родиной звездных фигур может быть Малая Азия и Армения, т. е. область, ограниченная Черным, Средиземным, Каспийским и Эгейским морями».

В III в. до н. э. греческие (александрийские) астрономы свели названия в единую систему, которую впоследствии заимствовала европейская наука и сохранила до наших дней, в особенности названия созвездий северного полушария. Чуть позже к созвездиям начали относить и более слабые звезды.

В эпоху Возрождения, в XV—XVI вв. европейцы начали прокладывать морские пути в южном полушарии. Там перед ними во всей красе предстало звездное небо, невидимое в Европе, и для ориентации своих кораблей они стали объединять звезды южного неба в созвездия. В звездном атласе «Уранометрия», изданном в 1603 г. немецким астрономом Иоганном Байером, впервые изображены созвездия южного полушария с их названиями. Эти названия уже не имеют ничего общего с древнегреческой мифологией.

В середине XVIII в. началось интенсивное изучение южного звездного неба европейскими астрономами, в частности, французом Николя Лакайлем, и созданные воображением новые созвездия получили более современные и прозаические названия: Компас, Микроскоп, Насос, Печь, Телескоп.

В настоящее время под созвездиями подразумевают не выделяющиеся группы звезд, а участки звездного неба, так что все звезды (как яркие, так и слабые) причислены к созвездиям. Современные границы и названия созвездий утверждены в 1922 г. на I съезде Международного астрономического союза. Все небо разделено на 88 созвездий, из которых 31 в северном небесном полушарии, а 48 — в южном. Остальные 9 созвездий (Рыбы, Кит, Орион, Единорог, Секстант, Дева, Змея, Змееносец и Орел) расположены в обоих небесных полушариях по обе стороны от небесного экватора.

Далеко не все созвездия могут быть сразу найдены на небе, так как многие из них состоят из слабых звезд, и только около 30 созвездий четко выделяются своими контурами и яркими звездами. К ним относятся созвездия Большой Медведицы, Пегаса, Кассиопеи, Возничего, Льва и другие. Площади созвездий на небе и число звезд в них далеко не одинаковы (как территории государств и численность населения).

Расстояния между видимыми положениями звезд на небе измеряются в градусах, минутах и секундах дуги, а площади, занимаемые созвездиями на небе, — в квадратных градусах. Из ярких созвездий самым большим по территории является созвездие Большой Медведицы, занимающее площадь в 1280 квадратных градусов и насчитывающее, помимо семи ярких звезд ковша, еще 118 звезд, видимых невооруженным глазом. Самое маленькое созвездие находится в южном полушарии — это созвездие Южного Креста площадью в 68 квадратных градусов, состоящее из пяти ярких и 25-и более слабых звезд.

Больше всего ярких звезд, а именно 12, содержит созвездие Скорпиона, но, пожалуй, самым красивым созвездием всего неба является созвездие Ориона, насчитывающее 120 звезд, видимых невооруженным глазом, среди которых семь выделяются своим блеском.

В древности наиболее ярким звездам каждого созвездия давали собственные имена, многие из которых, главным образом греческие и арабские, дошли до наших дней. Так, семь ярких звезд ковша Большой Медведицы получили названия: Дубхе, Мерак, Фекда, Мегрец, Алиот, Мицар и Бенетнаш. Самая яркая звезда в созвездии Волопаса сначала именовалась Аркадом, а затем (и до сих пор) — Арктуром.

Яркая звезда в созвездии Персея, изменение блеска которой было замечено арабами почти 1000 лет назад, получила имя Эль-Гуль (современное имя Алголь).

По мере увеличения числа изучаемых звезд стало невозможно запоминать их имена, и с 1603 г. сравнительно яркие звезды в созвездиях стали обозначать буквами греческого алфавита, как правило, в порядке убывания блеска звезд, хотя из этого правила имеется много исключений. Так, в созвездии Большой Медведицы звезды обозначены не в порядке убывания блеска, а по контуру ковша. В результате оказалось, что самая яркая звезда созвездия, Алиот, обозначена не первой (α), а пятой буквой (ϵ) греческого алфавита.

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

В созвездии Близнецов звезда α (Кастор) слабее звезды β (Поллукс), в созвездии Ориона звезда Бетельгейзе (α) слабее Ригеля (β), в созвездии Пегаса наиболее яркая звезда обозначена буквой ϵ , а звезда α (Маркаб) — лишь третья по блеску. В созвездии Дракона самой яркой является звезда Этмин (γ), за ней по блеску следует звезда η , а звезда α (Тубан) занимает восьмое место. В созвездии же Стрельца буквой α обозначена лишь шестнадцатая по блеску звезда, а наиболее ярким звездам присвоены обозначения ϵ (Каус Аустралис), σ (Нунки), ζ и δ .

Значительно позже для обозначений звезд ввели цифровую нумерацию по созвездиям, ныне, как правило, применяемую лишь для слабых звезд, которые в ряде созвездий обозначаются также буквами латинского алфавита.

Обозначения звезд проставляются на современных картах звездного неба и в специальных списках звезд, именуемых звездными каталогами. К настоящему времени астрономы зарегистрировали в звездных каталогах все звезды, видимые невооруженным глазом, а также многие звезды, доступные наблюдениям лишь в телескопы. Перепись звезд показывает, что невооруженным глазом можно наблюдать на всем небе около 5500 звезд, причем на территории России видно только около трех тысяч.

Названия и обозначения созвездий

В таблице даны: 1) русские названия; 2) латинские названия, 3) положение: созвездия, лежащие целиком или большей частью к северу от $+35^\circ$ склонения, обозначены буквой N, южнее -35° склонения обозначены буквой S; 4) родительный падеж (для именованя звезд созвездия); 5) международное сокращённое трёхбуквенное обозначение; 6) площадь созвездия в квадратных градусах, 7) число звезд ярче $6^m,0$.

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в квадратных градусах	Число звезд ярче $6^m,0$
Андромеда	Andromeda	N	Andromedae	And	722	100
Близнецы	Gemini		Geminorum	Gem	514	70
Большая Медведица	Ursa Major	N	Ursae Majoris	UMa	1280	125
Большой Пёс	Canis Major		Canis Majoris	CMa	380	80
Весы	Libra		Librae	Lib	538	50
Водолей	Aquarius		Aquarii	Aqr	980	90
Возничий	Auriga	N	Aurigae	Aur	657	90
Волк	Lupus	S	Lupi	Lup	334	70
Волопас	Bootes		Bootis	Boo	907	90
Волосы Вероники.	Coma Berenices		Comae Berenices	Com	386	50
Ворон	Corvus		Corvi	Crv	184	15
Геркулес	Hercules		Herculis	Her	1225	140
Гидра	Hydra		Hydrae	Hya	1300	130
Голубь	Columba	S	Columbae	Col	270	40
Гончие Псы	Canes Venatici	N	Canum Venaticorum	CVn	465	30
Дева	Virgo		Virginis	Vir	1290	95
Дельфин	Delphinus		Delphini	Del	189	30
Дракон	Draco	N	Draconis	Dra	1083	80
Единорог	Monoceros		Monocerotis	Mon	482	85

Скульптор	Sculptor		Sculptoris	Sc	475	30
Столовая Гора	Mensa	S	Mensae	Men	153	15
Стрела	Silgitta		Sagittae	Sge	80	20
Стрелец	Sagittarius		Sagittarii	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopiu m	S	Telcscopii	Tel	252	30
Телец	Taurus		Tauri	Tau	797	125
Треугольни к	Triangulum		Trianguli	Tri	132	15
Туكان	Tucana	S	Tucanae	Tue	295	25
феникс	Phoenix	S	Phoenicis	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	S	Chamaeleonti s	Clia	132	20
Цефей	Cepheus	N	Cephei	Cep	588	60
Циркуль	Circinus	S	Circini	Cir	93	20
Часы	Horologium	S	Horologii	Hor	249	20
Чаша	Crater		Crateris	Crt	282	20
Щит	Scutum		Scuti	Set	109	20
Эридан	Eridanus		Eridani	Eri	1138	100
Южный Змей	Hydrus	S	Hydri	Hyi	243	20
Южный Крест	Cruz		Crucis	Cru	68	30
Южная Рыба	Piscis Auslrinus		Piscis Austrini	PsA	245	25
Южная Корона	Corona Auslralis	S	Corunae Auslralis	Cra	128	25
Южный Тре- угольник	Triangulum Auslrale	S	Trianguli Auslralis	TrA	110	20
Ящерица	Lacerta	N	Lacertae	Lac	201	35

Различие звезд по блеску

При беглом обзоре звездного неба можно заметить, что звезды имеют различный блеск: одни из них очень яркие и сразу привлекают внимание, другие менее яркие. Чтобы точно определять блеск звезд, потребовалось ввести определенную числовую шкалу.

Необходимость в оценке блеска звезд возникла еще во II в. до н. э. Такие оценки впервые были проведены выдающимся древнегреческим астрономом Гиппархом Родосским (180–110 г. до н. э.), который выразил блеск звезд в условных единицах — звездных величинах. В те далекие времена расстояния всех звезд от Земли считались одинаковыми, поэтому Гиппарх предполагал, что блеск звезд определяет их размеры. Наиболее ярким звездам он приписал первую звездную величину $1m$, а блеск наиболее слабых звезд, еще различимых невооруженным глазом, обозначил $6m$ — шестой звездной величиной. Звезды промежуточного блеска, в порядке его убывания, были оценены второй, третьей, четвертой и пятой звездными величинами. Таким образом, получилась шкала звездных величин, в которой чем больше блеск звезды, тем меньше ее звездная величина. С ослаблением блеска звездная величина увеличивается.

Известно, что законы природы действуют объективно, независимо от сознания человека. Именно поэтому Гиппарх, не имея ни малейшего представления о законе Вебера-Фехнера (который гласит, что человеческий глаз реагирует на различие светимости именно в 2,5 раза), все же создал для оценки блеска звезд шкалу звездных величин в полном соответствии с этим законом.

В 1856 г. английский астроном Н. Р. Погсон предложил считать звездами шестой величины ($6m$) звезды, которые слабее звезд первой величины ($1m$) ровно в 100 раз. Это предложение было принято всеми астрономами и до сих пор является основой для определения блеска звезд. Из этого следует, что разность в одну звездную величину означает разность блеска в 2,512 раза, т. е. звезда $1m$ ярче звезды $2m$ в 2,512 раза.

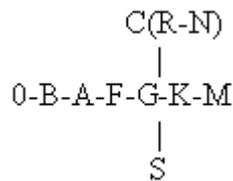
Современная астрономия располагает чувствительнейшими фотометрами, позволяющими измерять даже незначительные различия в блеске. Поэтому блеск подавляющего большинства звезд выражается дробными числами с точностью до сотых долей.

Точные измерения выявили несколько звезд с блеском, превышающим первую звездную величину. Такие звезды считаются звездами нулевой величины ($0m$). Еще более ярким звездам приписывается отрицательная звездная величина. На всем небе имеется только 24 звезды величиной $0m$ и $1m$, из которых в северном полушарии видны 15, и 69 звезд величиной $2m$, из которых в северном полушарии видны 54.

Звездные величины некоторых звезд

	Звезда	α 1950	δ 1950	Видимая звездная величина m_V	Спектр
α CMa	Сирius	6 ^h 3 ^m	— 16° 35'	-1,46 ⁿ	A1 V
α Car	Канопус	6 23	— 52 40	-0,75	F0 Ib-II
α Boo	Арктур	14 13	+19 27	-0,05	K2 IIIp
α Lyr	Вега	18 35	+38 44	+0,03	A0 V
α Cen	Толлиман	14 36	— 60 38	0,06	G2 V + K5 V
α A ир	Капелла	5 13	+45 57	0,08	G8 III + F
β Ori	Ригель	5 12	— 08 15	0,13	B8 Ia
α CMi	Процнин	7 37	+05 21	0,37	F5 IV-V
α Ori	Бетельгейзе	5 52	+07 24	0,42	M2 Ia
α Eri	Ахернар	1 36	— 57 29	0,47	B5 IV-V
β Cen	Хадар	14 00	— 50 08	0,59	B1 II
α Aql	Альтаир	19 48	+03 44	0,76	A7 IV-V
α Tau	Альдебаран	4 33	+16 25	0,86	K5 III
α Sco	Антарес	16 26	— 26 19	0,91	M1 Ib+B4 V
α Vir	Спика	13 23	— 10 54	0,97	B1 V + B3 V
β Gem	Поллукс	7 42	+28 09	1,14	K0 III
α PsA	Фомальгаут	22 55	— 29 53	1,16	A3 III (V)
α Cyg	Денеб	20 40	+45 06	1,25	A2 Ia
α Leo	Регул	10 06	+12 13	1,35	B7 V
ϵ CMa	Адара	6 57	— 28 54	1,5	B2 II
α Gem	Кастор	7 31	+32 00	1,58	A1V+A1+M1e
λ Sco	Шаула	17 30	— 37 04	1,62	B1 V
γ Ori	Беллатрикс	5 22	+06 18	1,63	B2 III
β Tau	Наг	5 23	+28 34	1,65	B7 III
ϵ Ori	Алнилам	5 34	— 01 34	1,70	B0 Ia
ϵ UMa	Алиот	12 52	+56 14	1,78	A0p
ζ Ori	Алнитак	5 38	— 01 58	1,79	O9,5 I
α UMa	Дубхе	11 01	+62 01	1,79	K0 III
α Per	Мирфак	3 21	+49 41	1,80	F5 Ib
ϵ Sgr	Каус Аустралис	18 21	— 34 25	1,85	B9 IV
σ CMa	Везен	7 06	— 26 19	1,84	F8 Ia
η UMa	Бенетнаш	13 46	+49 34	1,86	B3 V
ν Sco	—	17 34	— 42 58	1,87	F0 I
β Aur	Менкалинан	5 56	+44 57	1,90	I2 V
γ Gem	Альхена	6 35	+16 27	1,93	A0 IV
β CMa	Мирзам	6 20	— 17 56	1,98	B1 II
α Hya	Альфард	9 25	— 08 26	1,99	K4 III
\circ Cet	Мира	2 17	— 03 12	2,00	M6e III
α Ari	Хамал	2 04	— 23 14	2,02	K2 III
α UMi	Полярная	1 49	+89 02	2,02	F8 I

С развитием науки появились спектрографы, позволяющие активно изучать звезды. Спектры звезд — это их космические паспорта с описанием всех звездных примет. Анализируя спектры многих звезд, можно расположить их в определенной последовательности. В настоящее время изучены спектры более 500000 звезд. Эти спектры обозначают по гарвардской классификации (созданной в Гарвардском университете). Спектральные классы имеют буквенные обозначения и располагаются в следующем порядке:



Внутри каждого класса введено подразделение на 10 подклассов (например, A0, A1, ..., A9).

- Класс O. Цвет звезд голубой, температура поверхности 25000°-40000° Представители — j. Цефея, x Ориона
- Класс B. Цвет звезд голубовато-белый, температура 15000 -2->wi Представители — Спика (a Девы), y Ориона
- Класс A. Цвет звезд белый, температура 11000° Представители — Сириус (a Большого Пса), Вега (a Лиры)
- Класс F. Цвет звезд слегка желтый, температура около 7500° Представители — Процион (a Мал. Пса), 8 Близнецов
- Класс G. Цвет звезд желтый, температура около 6000' Представители — Солнце, Капелла (и Возничего)
- Класс K. Цвет звезд оранжевый, температура около 4500» Представители — Арктур (a Волопаса), Альдебаран (a Тельца)
- Класс M. Цвет звезд красный, температура 2000°-3500° Представители — Бетельгейзе (a Ориона), Антарес (a Скорпиона)

Добавочными индексами d (карлик), g (гигант), c (сверхгигант), стоящими перед обозначением спектра, характеризуется тип звезды Например dG2 — Солнце. Астрономы пользуются также другими характеристиками спектров, которые ставят после спектрального класса: п — линии широки и размыты, s — линии узки и резки; e -имеются яркие линии; p — имеются неправильности.

К началу XX в. были определены расстояния до нескольких сотен звезд и установлена их светимость. Представлялось целесообразным провести статистический анализ полученных результатов. Эта работа была выполнена в 1905—1913 гг. Э.Герцшпрунгом и Г. Расселом, которые построили диаграмму «спектр-светимость».

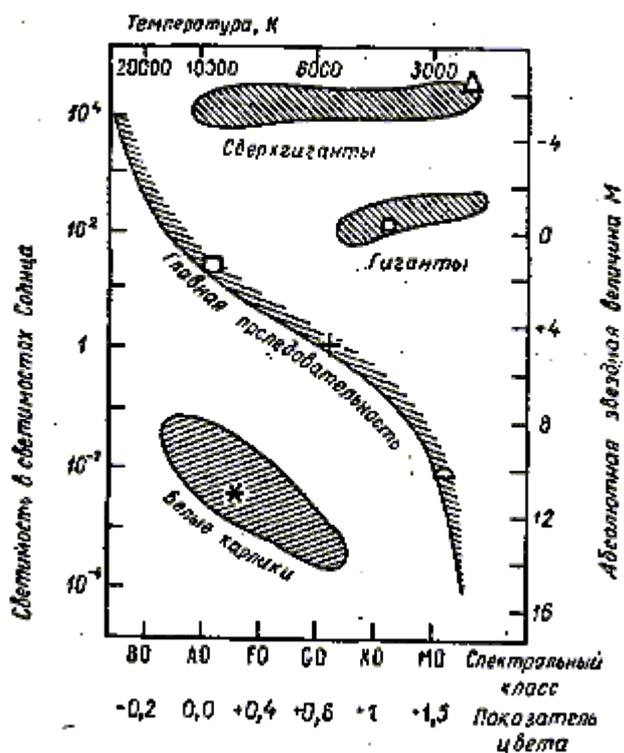


Рис. 3.1. Диаграмма Герцишпрунга-Рассела для звезд из окрестностей Солнца. Крестиком отмечено положение Солнца, квадратом Сириуса, А, кружком — Арктика, треугольником — Бетельгейзе, звездочкой — Сириуса В, половиной кружка — звезды Крюгер 60.

На этой диаграмме по оси абсцисс отложены спектральные классы звезд, а по оси ординат — абсолютные звездные величины M .

Если бы между светимостями звезд и их спектральными классами не было никакой зависимости, то звезды располагались бы на диаграмме случайным образом — заполняли ее равномерно.

Большое число звезд расположено вдоль сравнительно узкой полосы, протянувшейся от верхнего левого угла диаграммы вправо вниз. Эта полоса называется главной последовательностью. Раньше полагали, что слева на главной последовательности расположены молодые звезды на ранних стадиях своей эволюции, а справа — старые звезды на поздних стадиях эволюции. Поэтому звезды спектральных классов 0-FO получили название звезд ранних спектральных классов, а классов F-M — поздних. Небольшое количество поздних спектральных классов G-M с абсолютными звездными величинами M приблизительно равными +1 образуют группу гигантов. По сравнению со звездами главной последовательности того же спектрального класса светимость гигантов в 100–1000 раз больше.

В верхней части диаграммы расположены звезды, светимость которых в 10000 раз превышает светимость Солнца. Их размеры в сотни и тысячи раз превышают размеры звезд главной последовательности, поэтому они получили название сверхгигантов.

В левой нижней части диаграммы находятся звезды со светимостью, в сотни и тысячи раз меньшей светимости звезд главной последовательности. Основное число этих звезд имеет белый цвет и размеры всего в несколько десятков тысяч километров, поэтому их назвали белыми карликами.

У звезд одного спектрального класса, но разной светимости имеются различия в интенсивности и ширине отдельных спектральных линий, позволяющие установить их принадлежность к последовательностям. Имеются девять классов светимости: 0 — ярчайшие сверхгиганты; 1a — яркие сверхгиганты; 1b — нормальные сверхгиганты; II — яркие гиганты; III — нормальные гиганты; IV — субгиганты; V — главная последовательность; VI — яркие субкарлики; VII — белые карлики.

Например, Солнце — G2V. В табл. 4 приведены параметры некоторых звезд.

Параметры некоторых звезд

Название звезды	Спектральный класс	Эффективная температура	Светимость Масса	Масса	Радиус	Средняя плотность
Главная последовательность Гиганты						
ξ ВОЗНИЧЕГО	B8	11000	220	10,2	3,5	0,33
ВЕГА	A0	9500	85	2,8	3,0	0,14
СИРИУС А	A1	9250	27	2,1	2,0	0,3G
ПРОЦИОН	F5	6570	714	1,8	2,2	0,23
α ЦЕНТАВРА	G2	5730	1,3	1,02	1,2	0,8
γ ЗМЕНОСЦА	K0	4900	0,51	0,78	0,89	2,2
η КАССИОПЕИ	M0	3600	0,09	0,54	0,82	1,4
Гиганты Белые карлики						
КАПЕЛЛА	G8	4900	220	3,3	23	$4 \cdot 10^{-1}$
АРКТУР	K2	4000	130	4,2	2G	$3 \cdot 10^{-1}$
СВЕРХГИГАНТЫ						
РИГЕЛЬ	B8	11200	$2 \cdot 10^4$	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
АНТАРЕС	M1	3300	$3 \cdot 10^4$	19	560	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Белые карлики						
СИРИУС В	A5	8200	0,0027	1,0	0,02	$1,8 \times 10^3$

С астрологической точки зрения характеристика звезд зависит от их цвета. Так самые злые звезды имеют красный цвет (Антарес), самые добрые — белый цвет (Сириус).

Жизненный цикл звезд и планетарные туманности

Обычная звезда, такая, как Солнце, выделяет энергию за счет превращения водорода в гелий. Это происходит в самой сердцевине, где температура превышает 2000000 градусов. Солнце содержит огромное количество водорода, однако его запасы не бесконечны. За последние пять миллиардов лет Солнце уже израсходовало половину водородного топлива и сможет поддерживать свое существование еще в течение пяти миллиардов лет, прежде чем запасы водорода в его ядре иссякнут.

После того как звезда израсходует водород, содержащийся в центральной ее части, внутри звезды происходят крупные перемены. Водород начинает перегорать не в центре, а в оболочке, которая увеличивается в размере, разбухает. В результате размер самой звезды резко возрастает, а температура ее поверхности падает. Этот процесс порождает красных гигантов и сверхгигантов. Это часть той последовательности изменений, которая называется звездной эволюцией и которую проходят все звезды.

В процессе превращения из красного гиганта в белого карлика звезда может сбросить свои наружные слои как легкую газовую оболочку, обнажив при этом ядро. Газовая оболочка ярко светится под действием мощного излучения покинутой звезды, температура поверхности которой может достигать 100000iC. Такие светящиеся газовые пузыри были названы планетарными туманностями, поскольку они часто выглядят как круги планетного диска. На самом деле они не имеют с планетами ничего общего.

Самым крупным и близким из подобных объектов является планетарная туманность Хеликс в созвездии Водолея. Очень известной является кольцевая туманность в созвездии Лиры.

В настоящее время насчитывается около 1000 планетарных туманностей.

Типы звезд

При остром зрении даже невооруженным глазом можно увидеть рядом со звездой Мицар слабую звезду Алькор. Звезды, расположенные на небе очень близко друг к другу и образующие, таким образом, пары звезд, получили общее название двойных, а еще более точно — визуально двойных звезд, поскольку их двойственность обнаруживается в итоге глазом (хотя, возможно, с применением бинокля или телескопа). Звезды, входящие в пары, называются компонентами двойной, или ее составляющими.

Однако кажущаяся близость на небе далеко не всегда означает действительную близость звезд в пространстве. Поэтому приходится вводить более подробную классификацию двойных звезд.

Представьте себе две звезды, видимые с Земли практически в одном направлении. Но в пространстве они находятся на значительном расстоянии друг от друга. В этом случае близость звезд кажущаяся. Такие звезды называются оптически двойными.

Пример оптически двойной звезды — звезды Мицар и Алькор. Первая звезда удалена от нас на расстояние 78 световых лет, а вторая — 86 световых лет.

В 1889 г. было установлено, что в спектрах некоторых звезд наблюдаются периодические смещения линий в обе стороны от их среднего положения. Речь идет о физически двойных звездах, компоненты которых находятся на угловом расстоянии друг от друга, меньшем $0,05$, так что их не удается рассмотреть в отдельности даже в мощные телескопы.

Звезды, двойственность которых устанавливается лишь на основании спектральных наблюдений, называются спектрально двойными.

Если в системе двойной звезды плоскости орбит близки к лучу зрения, то могут наступать моменты, когда при движении вокруг общего центра масс одна звезда закроет другую. Для земного наблюдателя это «звездное затмение» выразится в общем уменьшении блеска двойной звезды. Такие изменения блеска будут периодически повторяться. Звезды подобного типа называются затменно-переменными.

Известны переменные звезды и других типов.

Изменение блеска затменно-переменных звезд вызвано оптическими причинами (затмениями). У других переменных звезд их блеск не остается неизменным по причинам физического характера. Переменность блеска звезд не следует путать с мерцанием, которое вызвано чисто земными причинами (движением воздушных масс).

К числу физически переменных звезд относятся прежде всего так называемые цефеиды. Звезды этого типа периодически то раздуваются, то сжимаются. В связи с этим изменяется и их видимый блеск.

Периоды изменения блеска цефеид тесно связаны с их светимостью. Найдя по периоду светимости цефеиды и зная их видимый блеск, легко вычислить расстояние до этой переменной звезды и, главное, до объекта, в котором цефеида находится. Цефеиды иногда называют «маяками Вселенной», так как с их помощью можно выяснить распределение звезд в пространстве.

Есть звезды, которые, подобно цефеидам, периодически изменяют свой блеск, но только в гораздо более медленном темпе. Такие звезды называют долгопериодическими переменными, т. к. периоды их блеска подчас измеряются сотнями суток.

У некоторых переменных звезд пульсации происходят довольно хаотично, без явных признаков периодичности. Их называют неправильными и полуправильными переменными звездами.

В настоящее время известно более 30000 переменных звезд. Их изучение раскрывает перед нами многие стороны физической природы звезд.

Первые 334 переменные звезды в каждом созвездии обозначаются одной или двумя буквами латинского алфавита, начиная с буквы R (R, S...Z, RR, RS...RZ), стоящими перед названием созвездия (например, UV Кита). Все последующие переменные звезды в созвездии обозначаются так: V335, V336 и т. д. Если же звезда ранее уже была обозначена буквой греческого алфавита, то это обозначение за ней сохраняется (например, δ Цефея).

Отдельные типы переменных звезд принято называть по имени звезды-прототипа (звезды типа W Девы, T Тельца).

Цефеидами названы звезды типа δ Цефея, а звезды типа RR Лиры названы лиридами.

Продолжим путешествие по миру звезд. Новыми звездами принято называть горячие карликовые звезды спектральных классов O-B, которые до вспышки имеют абсолютную звездную величину $M \approx 4m-5m$. Во время вспышки они внезапно увеличивают свой блеск на $M \approx 7m-16m$, после чего медленно ослабевают до первоначального блеска.

Через несколько лет после вспышки на месте новой наблюдается расширяющаяся газовая оболочка, наличие которой указывает на то, что при взрыве новой звезды сбрасываются ее внешние слои. В последние годы наблюдениями установлено, что новые звезды являются тесными двойными системами. Именно двойственность является причиной вспышек новых.

К типичным новым звездам по характеру изменения блеска примыкают повторные новые, вспышки у которых повторяются через несколько десятков лет. К новым и повторным новым звездам близки вспыхивающие звезды типа U Близнецов — вспышки повторяются через десятки дней.

Вспышки новых звезд — довольно частое явление.

Когда ядерное топливо звезды оказывается израсходованным и в ее глубинах прекращается выработка энергии, звезда начинает коллапсировать (сжиматься) к центру. Сила тяготения, направленная к центру, больше не уравнивается выталкивающей силой горячего газа. Дальнейшее развитие событий зависит от массы звезды.

Если масса звезды не превосходит массу Солнца более чем в 1,4 раза, звезда стабилизируется, становясь белым карликом. Белый карлик с массой Солнца по объему равен приблизительно Земле. Что представляет собой внутренность белого карлика, вообразить трудно. Скорее всего, это нечто вроде единого кристалла, который постепенно остывает, становясь все более тусклым и красным. В конечном итоге, возможно, белый карлик превращается в темный шар радиоактивного пепла — абсолютно мертвые останки звезды.

Если масса звезды превышает солнечную больше чем в 1,4 раза, то происходит вспышка сверхновой. Перед вспышкой ядро звезды имеет плотность 107 г/см^3 и температуру в несколько миллиардов градусов Кельвина. В этот момент в результате особых ядерных реакций начинается утечка нейтрино. Звезда спадает внутрь себя подобно карточному домику, причем этот процесс спада или взрыва занимает всего несколько сотых долей секунды.

Сжавшись, ядро звезды достигает плотности 1014 г/см^3 , возникает взрывная реакция кислорода и углерода. Сверхмощная волна увлекает за собой часть оболочки, и в этот момент мы наблюдаем вспышку сверхновой звезды. При этом выделяется количество энергии, эквивалентное излучаемому Солнцем за несколько миллиардов лет.

Абсолютная звездная величина M сверхновых звезд в максимуме блеска достигает $-19m$ — $-21m$.

Достоверно установлены вспышки сверхновой звезды в 1054 г. в созвездии Тельца, в 1572 г. — в созвездии Кассиопеи, 1604 г. — в Змееносце. 24 февраля 1987 г. была открыта сверхновая звезда в Большом Магеллановом облаке. Ее звездная величина — $2,9m$, что позволяет легко наблюдать ее в южном полушарии невооруженным глазом. Обнаружение нейтрино показало, что теория возникновения сверхновой звезды в основном верна.

После взрыва в основной образуются нейтронные звезды, которые состоят из нейтронов и имеют очень маленькие размеры (всего в несколько километров). Один кубический сантиметр весит около миллиарда тонн. Помимо неслыханно громадной плотности нейтронные звезды обладают еще двумя особыми свойствами, которые позволяют обнаружить их невзирая на их малые размеры: это быстрое вращение и сильное магнитное поле. Нейтронная звезда совершает несколько оборотов в секунду.

В августе 1967 г. неожиданно с помощью радиотелескопов были открыты странные источники радиоизлучения, названные пульсарами. Интенсивность их излучения колеблется с очень небольшим периодом, в среднем близким к 0,75 с. При этом самый большой из известных периодов равен 4,8 с, а наименьший — 0,033 с. Расстояние до пульсаров (их около 400) колеблется в пределах от 10000 до 25000 световых лет. Поразительна стабильность периодов пульсаров: на протяжении полугода они сохраняются с точностью до 108 с.

Согласно теоретическим расчетам, масса нейтронной звезды не может превышать трехкратной массы Солнца. А что же случится при сжатии более массивной звезды? Наибольшим признанием пользуется идея, что в этом случае образуется черная дыра.

Черные дыры обладают фантастическими свойствами, вызывающими особый интерес. В области, окружающей сжавшуюся массу, поле тяготения оказывается столь сильным, что не выпускает наружу даже свет. Граница такой области называется горизонтом событий, потому что ни один внешний наблюдатель не может видеть ничего происходящего внутри, за этим горизонтом. А внутри ничто — за исключением, возможно, каких-то неизвестных нам физических явлений — не может остановить безудержного сжатия материи в бесконечно малую точку. Внутри может провалиться все, что угодно, но ничего и никогда уже не выйдет обратно. Для черной дыры, масса которой превышает солнечную в 3 раза, радиус горизонта событий составляет 9 км.

Существуют ли черные дыры в действительности? Почти наверняка, да. В целом ряде двойных систем, где массы партнеров удается вычислить по особенностям их движения, несомненно, имеются очень компактные объекты, которые слишком массивны, чтобы быть нейтронными звездами. В одной из двойных рентгеновских систем, называемой АО 620–00, удалось очень точно измерить массу компактной звезды. Она оказалась равной 16-и массам Солнца, что намного превышает возможности нейтронных звезд. В другом двойном рентгеновском источнике V404 Лебедя есть черная дыра массой 6,3 солнечной.

Кроме черных дыр, имеющих массу, типичную для звезд, почти наверняка существуют и сверхмассивные черные дыры, расположенные в центрах галактик. Лишь падение вещества в черную дыру может быть источником колоссальной энергии, исходящей из ядер активных галактик.

Возможно, придет время, когда раскроется тайна черных дыр, появится физика сверхсветовых скоростей, законы более тонкого мира, как произошло открытие атомов, затем протонов, электронов. Как физика Эйнштейна описала более тонкий план, пока непостижимый для нас. Возможно, при переходе сознания человечества на более высокий уровень все это станет естественным, как сейчас — физика Ньютона.

Предполагается существование белых дыр, откуда происходит выброс вещества. Может быть, черные дыры обеспечивают взаимодействие пространств: они как пылесосы засасывают из одного пространства, а из белой дыры выбрасывают в другое. Белые и черные дыры — это как две стороны одного и того же объекта. На физическом плане всегда существует двоичность; третье — это миг. Например, белое — черное, добро — зло; прошлое — будущее. Настоящее — это миг. Именно этот миг — миг рождения — помогает нам с помощью гороскопа связать прошлое с будущим в пути эволюции души.

Млечный путь

В ясную безлунную ночь на звездном небе хорошо видна яркая белесоватая полоса — Млечный Путь. Древние греки называли его «Галаксиас» (что означало молочный круг), а в легендах — дорогой под кров громовержца Зевса.

В северном полушарии Млечный Путь лучше всего виден в конце лета, примерно через час после захода Солнца. Млечный Путь простирается через созвездия Скорпиона, Стрельца, Орла и дальше вверх к Лебедю, Цефею и Кассиопее. Если наблюдения продолжить утром (или зимним вечером), когда Кассиопея поднимается к меридиану, то можно проследить задругой ветвью Млечного Пути, простирающейся по созвездиям Персея, Возничего, Тельца, Близнецов, Ориона и Большого Пса. Жителям южного полушария светлая лента Млечного Пути видна в созвездиях Парусов, Киля, Южного Креста и Центавра.

Таким образом, на небе Млечный Путь образует полный круг. Если быть внимательным, то можно заметить, что в созвездиях Возничего, Тельца и вплоть до Большого Пса его яркость гораздо меньше, чем в созвездиях Орла или Стрельца.

Представление о том, что Млечный Путь состоит из несчетного числа звезд, высказал еще древнегреческий философ-материалист Демокрит (460–370 гг. до н. э.). Почти 2000 лет спустя правильность этой гениальной догадки подтвердил Галилей с помощью своего еще далекого от совершенства телескопа. Но лишь в начале XX в. были установлены истинная форма и масштабы этой гигантской звездной системы, установлено место, которое занимает в ней наше Солнце. Только в 30-х годах XX века после тщательных работ были установлены истинные размеры Галактики: диаметр — 100000 св. лет, 1018 км, толщина около 10000 св.л.

Из расчетов следует, что общее число звезд в Галактике достигает 10¹¹. Даже с помощью крупнейших телескопов сегодня можно увидеть менее половины звезд Галактики.

Звездные скопления и ассоциации

Сегодня установлено, что в окрестностях Солнца почти каждая вторая звезда является двойной. Имеются системы из трех, четырех и даже шести звезд. Однако для того, чтобы установить кратность звезды, необходимы продолжительные наблюдения. Ведь периоды обращения двойных звезд достигают иногда нескольких тысяч лет.

Интересной кратной системой является Кастор — наиболее яркая звезда в созвездии Близнецов. Около 250-и лет назад было установлено, что это двойная звезда с периодом обращения 420 лет. Примерно 80 лет назад оказалось, что каждая из этих звезд также является двойной. Неподалеку от этой системы найдена еще одна, связанная с ней пара звезд, образующая тесную двойную систему. Таким образом, вся система состоит из шести отдельных звезд.

В Галактике обнаружены и более сложные звездные системы — рассеянные и шаровые звездные скопления. Сейчас известно уже 1180 рассеянных скоплений; в каждом из них — от нескольких десятков до нескольких тысяч звезд. Группируются эти скопления исключительно вдоль Млечного Пути.

В шаровых скоплениях насчитываются сотни тысяч и даже миллионы звезд. Всего известно 136 шаровых скоплений. Они равномерно концентрируются к центру Галактики. Недавно было установлено, что многие из них являются источниками мощного рентгеновского излучения.

С 1910 г. известен еще один тип звездных группировок — звездные ассоциации. Уже известен ряд 0-ассоциаций. Это группы по 20–30 звезд, куда входят звезды спектральных классов O, B и др. Также известно около 700 T-ассоциаций — скоплений неправильных переменных звезд-карликов типа T-Тельца, преимущественно желтых и красных. И первые, и вторые ассоциации состоят из молодых звезд. В частности, звезды типа T-Тельца, входящие в T-ассоциации, находятся, по-видимому, в фазе гравитационного сжатия. В.Амбарцумян еще в 1949 г. привел ряд аргументов, свидетельствующих о молодости звездных ассоциаций. Отсюда вытекал исключительно важный вывод о том, что звезды рождаются и в наше время, причем не в одиночку, а группами.

Туманности

Более чем 100 миллиардов звезд Галактики составляют 98% ее массы. Остальные 2% ее вещества находятся в распыленном состоянии в виде газа и межзвездной пыли. Большая часть этого вещества скопится в огромные облака — галактические туманности, диаметры которых достигают сотен световых лет. В основном эти облака сосредоточены вблизи галактической плоскости.

Млечный Путь от созвездия Орла до Скорпиона выглядит раздвоенным. В каждой из этих половинок во многих местах также встречаются дыры, где ярких звезд почти не видно. Именно так и «напоминают» о себе большие группы пылевых туманностей. Это они плотно укрыли от нас ядро Галактики, которое находится в созвездии Стрельца.

И лишь изредка, если вблизи газо-пылевой туманности находится горячая звезда, туманность «засветится». Как плохое зеркало, она отражает свет звезды к наблюдателю и становится видимой. Спектр пылевой туманности совпадает со спектром звезды, в нем видны те же линии поглощения, то же распределение энергии в зависимости от длины волны.

Светлых туманностей известно около 150. Однако близкое соседство яркой звезды случается не так уж часто. Поэтому можно прийти к выводу, что темных туманностей в Галактике может быть в 1000 раз больше. Массы отдельных газо-пылевых комплексов достигают 10000 солнечных масс.

Удивительно выглядят ассоциации двух туманностей различной плотности и температуры. Холодные, более плотные массы как бы углубляются в светлую туманность, образуя так называемые «слоновые хоботы». При дальнейшем их сжатии горячим газом отдельные сгустки холодных газо-пылевых облаков изолируются, образуя глобулы, которые, возможно, станут «зародышами» звезд.

Уже известно около тысячи так называемых планетарных туманностей. Большинство из них — это слабые, еле заметные диски зеленоватого оттенка, весьма напоминающие далекие планеты Уран и Нептун. Ни одну из этих туманностей нельзя увидеть с помощью бинокля. Наиболее известны планетарные туманности в созвездиях Лиры и Водолея.

Результат давних катастроф в космическом пространстве — волокнистые туманности.

Наблюдаемые скорости их расширения достигают сотен километров в секунду.

Галактики

Галактиками называются гигантские (до 10¹³ звезд) звездные системы, расположенные вне нашей Галактики. Сведения о Галактиках приводятся в специальных астрономических каталогах. Наиболее известны первый каталог туманностей и звездных скоплений, составленный в конце XVIII в. французским астрономом Ш.Мессье, и «Новый общий каталог» (1888 г.) английского астронома Дрейера.

Мир звездных систем — галактик — стали интенсивно изучать с 1920 г., когда шведскому астроному К.-Лундмарку удалось разложить на звезды периферийную часть спиральной туманности М33 в созвездии Треугольника. Вскоре американский астроном Э.Хаббл, работавший на крупнейшем в то время телескопе с зеркалом диаметром 2,5 м, установил звездную природу спиральных рукавов туманности Андромеды и нескольких более слабых галактик неправильной формы. Это положило начало развитию новой отрасли астрономической науки — внегалактической астрономии.

Формы галактик чрезвычайно разнообразны. Однако большинство галактик относят к нескольким основным типам, руководствуясь наиболее характерными внешними признаками. Более мелкие различия помогают подразделить эти типы на отдельные подтипы. Классифицировать галактики по морфологическим особенностям предложил Хаббл.

Около 25% изученных галактик имеют круглую или эллиптическую форму, поэтому их назвали эллиптическими и в классификации обозначают буквой Е. Это наиболее простые по структуре, звездному составу и характеру внутренних движений системы. В них не обнаружено звезд высокой светимости (сверхгигантов), а самые яркие звезды в них — красные гиганты. Поверхностная яркость этих систем плавно убывает от центра, постепенно сливаясь без скачков с окружающим фоном неба.

Звезды в эллиптических галактиках движутся в самых произвольных направлениях с высокими скоростями (та 200 км/с). В этих условиях распределение звезд во всех радиальных направлениях от центра симметрии должно быть равновероятным, что и объясняет близкую к сфероидальной форму таких звездных систем. Эллиптические галактики в зависимости от степени видимого сжатия подразделены на восемь подтипов: от сферических систем Е0 до чечевицепоподобных Е7 (цифра показывает степень сжатия).

Спиральные галактики

Самый распространенный тип (50%) галактик имеет разнородную структуру. В этих звездных системах два или более клочковатых спиральных рукава, образующих плоский диск, а в центральной области галактики расположено сфероидальное вздутие, в котором находится ядро галактики. Такие галактики называются спиральными и обозначаются буквой S. Спиральные рукава, как правило, богаты яркими газовыми туманностями, окружающими горячие звезды-сверхгиганты, а также облаками темной газо-пылевой материи.

Примерно у половины спиральных галактик рукава начинаются сразу от ядра (это нормальные спиральные галактики), у остальных через ядро проходит яркая перемычка, идущая далеко за пределы ядра (пересеченные спиральные галактики). От концов перемычки и начинают закручиваться спиральные рукава.

Нормальные галактики обозначают буквой S, пересеченные — SB. Спиральные галактики подразделяют еще на подтипы Sa, Sab, Sc, Sba по относительным размерам ядра и диска. Размеры ядра убывают от Sa к Sc. Некоторые из спиральных систем видны в профиль как толстое (Sa) или тонкое веретено, обычно пересеченное полосой темного вещества, поглощающего свет.

Наша галактика, как известно, также является спиральной и относится, вероятнее всего, к типу Sb. По-видимому, спиральные галактики окружены сфероидальной звездной короной, в которой содержится значительная часть массы галактики.

Если проследить изменения форм эллиптических галактик от сферической до чечевицеобразной и форм спиральных галактик от Sa ко все более сплюснутой системе Sc, то напрашивается вывод о существовании еще одного типа галактик, промежуточного между этими основными.

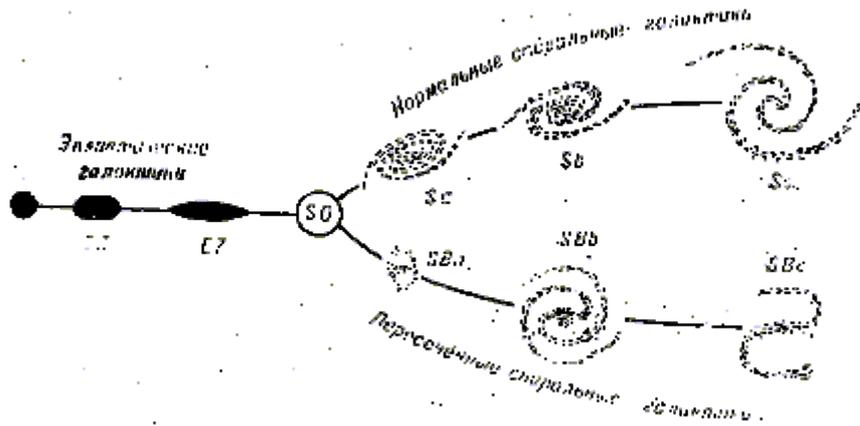


Рис. 3.2. Схема классификации галактик (По Э.Хабблу).

Морфологическую классификацию галактик провел Э.Хаббл. Эта классификация называется камертоном Хаббла. Гипотетический тип получил в этой схеме символ SO. Он был сначала предсказан, а затем найден. В галактиках этого типа (их около 20% от общего числа), в отличие от эллиптических систем, яркость от центра к краю падает ступеньками. В такой системе различают ядро, «линзу» и слабый «ореол». Эти галактики называют линзообразными. В наружных частях линзы иногда видны зачатки спиральных рукавов, перемычки и наружное светлое кольцо. Сочетание этих деталей придает системам иногда совершенно необычный вид.

Неправильные галактики

Остающиеся 5% галактик не удастся отнести ни к одному из перечисленных типов. Они образуют тип неправильных галактик Ir. У таких галактик часто отсутствует симметрия формы. По меткому замечанию американского астронома Бааде, этот тип явился «мусорной корзиной» для галактик, не поддающихся классификации. Здесь чисто условно объединено несколько разных по характеру галактик. Наиболее распространены неправильные галактики типа Магеллановых Облаков, названные так по имени ближайших к нам звездных систем, видимых невооруженным глазом в южном полушарии. В сущности, эти звездные системы — предельный случай спиральных галактик, когда они чрезвычайно плоски и в них отсутствует центральное ядро, хотя и есть следы спиральной структуры, свидетельствующей об осевом вращении систем. Другой класс неправильных галактик очень странен: по цвету и плавному изменению яркости к краям они сходны с эллиптическими, а по спектру — со спиральными системами, однако в них нет типичных для спиральных галактик звезд-сверхгигантов и ярких газовых туманностей. К неправильным галактикам относятся также пекулярные, каждая из которых имеет уникальную форму. Среди них в специальный класс выделены взаимодействующие галактики. Это обычно двойные галактики, между которыми наблюдаются перемычки, хвосты или мостики светлой и темной материи. Все эти особенности считают признаками взаимного влияния близко расположенных галактик.

Радиогалактики и квазары

Некоторые галактики обладают исключительно мощным радиоизлучением. Их называют радиогалактиками. Одна из таких галактик — Лебедь, А — находится от нас на 2×10^8 пк. Она излучает в радиодиапазоне больше энергии, чем в оптическом.

В 1960 г. в Калифорнийском технологическом институте были начаты измерения координат источников космического радиоизлучения с помощью радиоинтерферометра, при которых была достигнута довольно высокая точность.

Это позволило Т. Метьюзу и А. Сендиджу сразу же отождествить один из таких радиоисточников со звездообразным объектом 16-й величины, спектр которого содержал необычную комбинацию не поддавшихся идентификации эмиссионных линий. Сначала казалось, что речь идет об остатке вспышки сверхновой звезды, тем более, что по данным китайских летописей, в этой части неба в 1688 г. действительно появлялась «звезда-гостья».

В 1962 г. те же ученые отождествили еще два радиоисточника со звездами 17m. Спектры этих «звезд» также были необычными. В начале 1963 г. австралийскими радиоастрономами были с высокой точностью определены координаты радиоисточника. Во время затмения этого радиоисточника Луной было установлено, что он является сложным объектом и состоит из точечного центрального источника и волокна. При внимательном изучении фотографии данного участка неба на месте точечного источника радиоизлучения была найдена звезда 13-й величины, на месте «радиоволокна» — очень слабый туманный выброс.

Примерно в то же время еще несколько аналогичных радиоисточников были отождествлены с очень слабыми звездами. Поэтому сами объекты были названы квазизвездными объектами, а несколько позже — квазарами.

Зная расстояние до квазара и его видимую звездную величину, нетрудно было рассчитать его светимость. Она оказалась фантастической. Астрономы были потрясены. Объект, который по внешнему виду ничем не отличается от звезды, излучает в 100 раз больше энергии, чем вся наша галактика.

Уже открыто свыше 2000 квазаров, но общее их число, которое можно было бы наблюдать сейчас, достигает, как показывают расчеты, 10000.

Квазары — самые далекие объекты во Вселенной. Расстояние до них составляет 15×10^9 световых лет. Предполагается, что они являются активными ядрами галактик.

Метагалактика

Совокупность галактик всех типов, квазаров, межгалактическая среда образуют Метагалактику — доступную наблюдениям часть Вселенной. Метагалактика, как и составляющие ее системы, имеет специфические свойства, особенности структуры и следует собственным закономерностям развития. Красное смещение отражает одно из важнейших свойств Метагалактики — разлет скоплений галактик.

Из явления расширения Метагалактики вытекает, что раньше расстояния между галактиками и скоплениями галактик были меньше.

Другое важное свойство Метагалактики — закономерность распределения вещества. Равномерное распределение материи в масштабах Метагалактики определяет одинаковость свойств материи и пространства во всех частях Метагалактики и во всех направлениях.

Плотность космических объектов, г/см³

Нейтронные звезды 10¹⁴

Белые карлики 10⁶

Солнце 1,4

Сверхгиганты (красные) 5×10^{-8}

Галактика 2×10^{-24}

Межзвездная среда 3×10^{-25}

Скопления галактик 7×10^{-28}

Метагалактика (оценка) 7×10^{-30}

Глава 4. Земля

Смена сезонов года

Смена сезонов года на Земле является следствием трех причин: обращения Земли вокруг Солнца, наклона земной оси к плоскости земной орбиты и сохранения направления земной оси в пространстве, что приводит к периодическому изменению условий освещения и обогривания Солнцем земных полушарий.

На рис. 4.1. изображены положения Земли на орбите в разные дни года. Освещенное Солнцем дневное полушарие Земли отделяется от неосвещенного, ночного полушария линией светораздела — терминатором, имеющим форму окружности.

Когда терминатор пересекает географические полюсы земли (21-го марта, 23-го сентября), то плоскость земного и небесного экватора проходит через Солнце, поэтому с Земли оно видно на небесном экваторе (поз. 1 на рис. IV.2), восходит в точке востока (E), заходит в точке запада (W), и продолжительность дня должна быть равна продолжительности ночи (отсюда и возник термин «равноденствие»).

В действительности же в эти даты продолжительность дня на несколько минут больше продолжительности ночи, так как, во-первых, верхний край Солнца восходит раньше его центра (у которого $\delta = 0$) и заходит позже него, а во-вторых, сказывается действие атмосферной рефракции. На географических полюсах, где небесный экватор совпадает с истинным горизонтом. Солнце в дни равноденствий не заходит за горизонт.

В период между днем весеннего и днем осеннего равноденствия Северный полюс Земли обращен к Солнцу, а плоскость экватора проходит южнее Солнца, которое пребывает в северной полусфере неба. Склонение Солнца положительно ($\delta > 0$), точки восхода и захода смещены в точку севера, дневной путь над горизонтом местностей северного полушария Земли ($\varphi > 0$) продолжителен (более 12-и часов) и высок, отчего обогрив этого полушария значителен и в нем делятся теплые сезоны года.

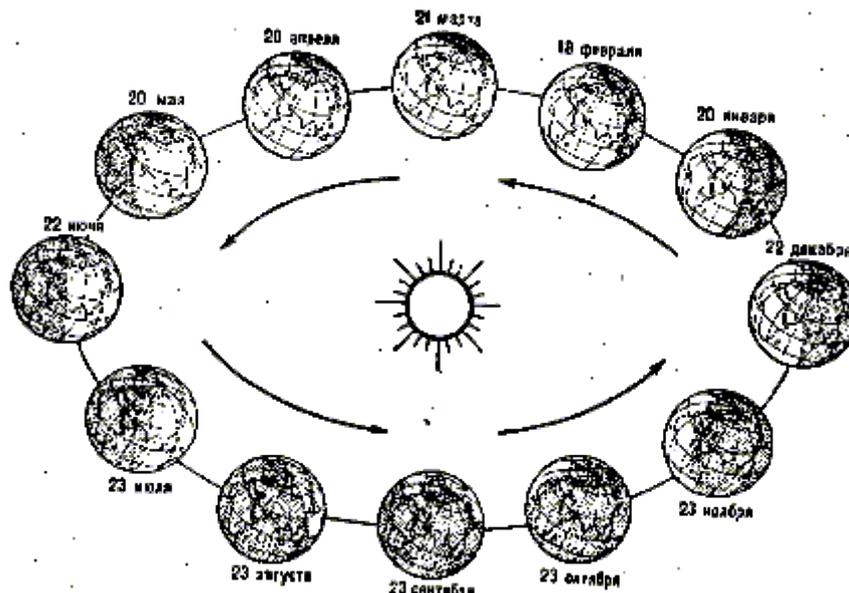


Рис. 4.1. Перемещение земного терминатора на протяжении года.

В зоне северного полушария Земли Солнце не заходит (полярный день), в зоне вокруг Южного полюса — не восходит (полярная ночь), а в средней полосе южного полушария дневной путь Солнца низок и непродолжителен (менее 12-и часов), обогрив местности слабее, и там делятся холодные сезоны года.

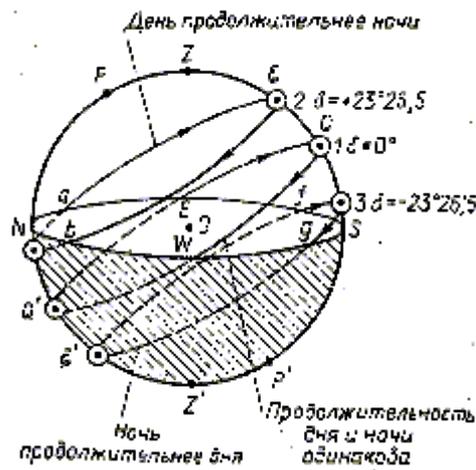


Рис. 4.2. Изменение полуденной высоты Солнца и продолжительность дня и ночи (суточный путь Солнца в различные сезоны года).

В день летнего солнцестояния (22 июня) терминатор удаляется от географических полюсов Земли на $23^{\circ}26'$, и именно поэтому в этот день склонение Солнца ($\delta = 23^{\circ}26'$) становится максимальным, точки восхода (а) и захода (в) максимально смещены в сторону точки севера (N), и в северном полушарии Земли наступает самый продолжительный день (в южном — самый короткий (см. рис. 4.2., поз. 2). Затем терминатор начинает приближаться к географическим полюсам Земли, из-за чего склонение Солнца уменьшается, продолжительность дня в северном полушарии постепенно сокращается, а в южном — возрастает.

В период между днями осеннего и весеннего равноденствий Южный полюс Земли повернут к Солнцу, плоскость экватора проходит севернее него, и поэтому оно находится в южной полусфере неба. Склонение Солнца отрицательно ($\delta < 0$), точки его восхода (f) и захода (g) смещены в точку юга (S), и теперь уже в южном полушарии ($\varphi < 0$) Земли дневной путь Солнца продолжителен и высок, и там наступают теплые сезоны года, а в северном полушарии — холодные.

В день зимнего солнцестояния (22 декабря) терминатор снова удаляется от полюсов Земли на $23^{\circ}26'$, и поэтому склонение Солнца ($\delta < -23^{\circ}26'$) минимальное (рис. 4.2., поз. 3), в южном полушарии Земли самый продолжительный день, в северном — самый короткий. Отсюда возник термин «солнцестояние» — в эти дни рост или уменьшение склонения Солнца останавливается.

На земном экваторе день всегда продолжительнее ночи примерно на 7 минут. Орбита Земли не круг, а эллипс, и линии солнцестояний и равноденствий делят земную эллиптическую орбиту на четыре неравные части, для прохождения которых требуется неодинаковое время.

Продолжительность времен года следующая: весна — 92,795 дней, лето — 93,629, осень — 89,806, зима — 89,012 дней.

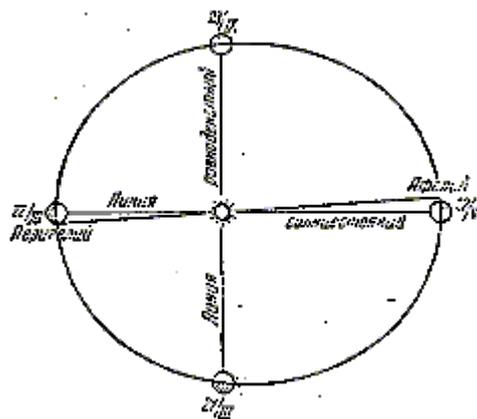


Рис. 4.3. Земля обращается вокруг Солнца по эллипсу.

Таким образом, весна и лето на нашем полушарии продолжаются около 186,4 дня, а осень и зима — 178,8. Для южного полушария все наоборот.

Рефракция

Наблюдая восход Солнца, мы с восхищением смотрим, как светило, которое многие народы древности почитали богом, постепенно поднимается из-за горизонта. Благодаря астрономической рефракции — преломлению света в земной атмосфере — мы наблюдаем этот восход раньше, чем он был бы на самом деле на планете, лишенной атмосферы. В момент, когда нижний край Солнца отрывается от горизонта, на самом деле восход лишь начинается.

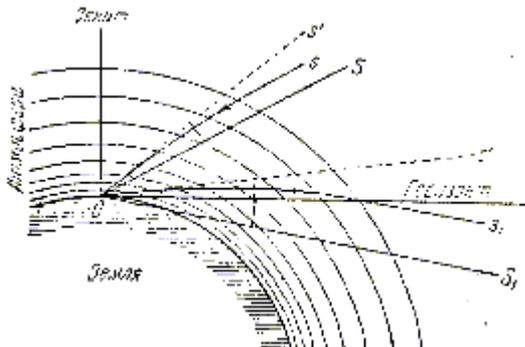


Рис. 4.4. Влияние атмосферной рефракции (схема). Светило S^1 находится под горизонтом, но вследствие рефракции мы видим его над горизонтом по направлению s'_1 .

Вечером картина будет обратной. Солнце уже зашло, а мы наблюдаем, как его нижний край касается горизонта. У поверхности Земли, где плотность атмосферы больше, лучи света преломляются сильнее, и вследствие этого мы видим светило выше, чем оно находится на самом деле. Максимального значения рефракция достигает у горизонта.

Угол, на который рефракция приподнимает светила, называется углом рефракции ρ . На горизонте его значение достигает $35'$, т. е. превышает угловые размеры Солнца и Луны. Благодаря рефракции удлиняются дни и укорачиваются ночи, диски Солнца и Луны при восходе и заходе приобретают овальную форму.

Климатические пояса Земли

Границы климатических поясов на Земле проведены по астрономическим признакам. Эти границы определяются условием прохождения светила в зените — равенством его склонения δ и географической широты φ .

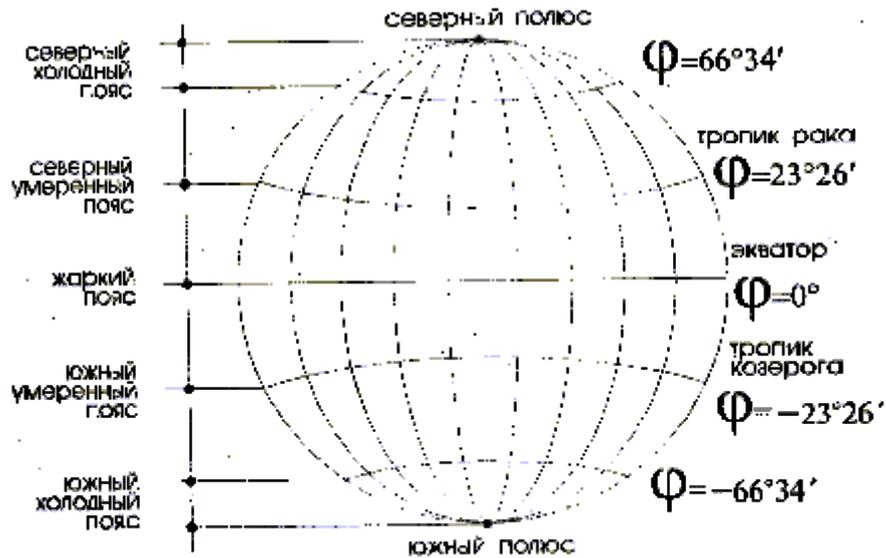


Рис. 4.5. Климатические пояса Земли.

Жаркий пояс — пояс, где Солнце может проходить через зенит. В этом поясе Солнце дважды в году в полдень проходит через зенит пункта наблюдения. Для данного пункта жаркого пояса в северном полушарии Земли Солнце первый раз в полдень проходит через зенит в период между 21-м марта и 22-м июня, когда его склонение δ , возрастая, достигает значения, равного значению широты φ ($\delta = \varphi$) пункта наблюдения. Вторично Солнце проходит в полдень через зенит того же пункта в период между 22-м июня и 23-м сентября, когда склонение Солнца, убывая, вновь примет значение φ , равное δ .

На границах жаркого пояса Солнце бывает в полдень в зените по одному разу в год: 22-го июня (для $\varphi = +23^{\circ}26'$) и 22-го декабря (для $\varphi = -23^{\circ}26'$).

Умеренный пояс Земли — пояс, где Солнце наблюдается весь год как светило восходящее и заходящее и в зените быть не может. Это условие выполняется для широт северного полушария:

$$23^{\circ}26' < \varphi < 66^{\circ}34'$$

и для южного полушария:

$$-23^{\circ}26' < \varphi < -66^{\circ}34'.$$

Холодные пояса ограничены полярными кругами. Заполярными кругами светила не заходят, т. е. в холодных поясах для следующих широт существуют непрерывный полярный день и полярная ночь:

$$66^{\circ}34' < \varphi < 90^{\circ} \text{ для северного полушария;}$$

$$-66^{\circ}34' < \varphi < -90^{\circ} \text{ для южного полушария.}$$

На северном полярном круге ($\varphi = 66^{\circ}34'$) Солнце не должно заходить в день летнего солнцестояния, а на южном ($\varphi = -66^{\circ}34'$) — в день зимнего солнцестояния.

В действительности на полярных кругах Солнце не заходит на протяжении месяца (по 15 сут до и после солнцестояний), т. к. радиус солнечного диска значителен. Вследствие рефракции Солнце на полярных кругах становится незаходящим при склонении $\delta = +22^{\circ}36'$. В дни солнцестояний Солнце не заходит на широте $\varphi < 65^{\circ}42'$ (а не $66^{\circ}34'$), а полярная ночь распространяется от полюсов лишь до географических широт $\varphi = 67^{\circ}24'$.

Сумерки, белые ночи

Часть суток после захода Солнца называется вечерними сумерками, а перед его восходом — утренними сумерками.

Сумерки — постепенное ослабление дневного света после захода Солнца или уменьшение ночной темноты перед восходом Солнца — происходят от рассеяния света слоями воздуха, находящимися выше горизонта наблюдателя. Различают гражданские и астрономические сумерки.

Гражданские сумерки начинаются в момент, когда центр Солнца находится ниже горизонта на 6° ($h_\odot = -6^\circ$). Астрономические сумерки начинаются, когда Солнце ниже горизонта на 18° ($h_\odot = -18^\circ$). На географической широте $60^\circ 34'$ в день летнего солнцестояния конец вечерних гражданских сумерек совпадает с началом утренних сумерек. Это явление получило название белых ночей.

Число белых ночей в году и возможность их наступления зависят от географической широты места наблюдения и склонения Солнца. Для того, чтобы гражданские сумерки не прекращались всю ночь, склонение Солнца должно иметь значения:

$$\delta_\odot > 90^\circ - \varphi - 6^\circ = 84^\circ - \varphi.$$

Склонение Солнца достигает максимального значения $\delta = 23^\circ 26'$, поэтому

$$23^\circ 26' > 90^\circ - \varphi - 6^\circ;$$
$$\varphi > 84^\circ - 23^\circ 26', \varphi > 60^\circ 34'.$$

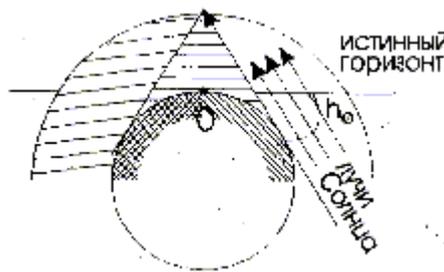


Рис. 4.6. Сумерки.

С учетом рефракции $\varphi > 59^\circ 30'$.

Астрономические сумерки тоже могут длиться всю ночь. Для этого необходимо, чтобы склонение Солнца

$$\delta > 90^\circ - \varphi - 18^\circ = 72^\circ - \varphi;$$
$$\varphi > 48^\circ 34'.$$

С учетом рефракции $\varphi > 47^\circ 30'$.

Во время гражданских сумерек видны лишь самые яркие звезды, а во время астрономических — и самые слабые.

Полярные сияния

Потоки электрически заряженных частиц, порожденных солнечными вспышками, достигают Земли, вторгаясь в верхние слои атмосферы. Сталкиваясь с различными атомами, они возбуждают их, вызывая свечение. Пляшущие всполохи полярных сияний очень красивы, однако мощные взрывы на Солнце таят в себе и некую опасность. В течение нескольких минут они выбрасывают больше энергии, чем произвели все земные электростанции за все время своего существования.

Возникновение полярного сияния непредсказуемо и, следовательно, наблюдать его довольно трудно. Оно может иметь форму дуг, лучей и занавесей света в темном небе, и никогда эти картины не повторяются. Очень важно, чтобы ночь была безлунной; кроме того, полярное сияние гораздо чаще можно увидеть на крайних северных или южных широтах. Но из истории известны случаи, когда полярные сияния наблюдались на южных широтах ($\varphi = 38^\circ$).

Полярное сияние происходит в основном на высоте 100–115 км, но иногда наблюдается как гораздо ниже (до 70 км), так и выше (на высоте до 1000 км).

Зодиакальный свет. Серебристые облака

При благоприятных атмосферных условиях перед восходом Солнца на востоке или после захода Солнца на западе удается увидеть зодиакальный свет — слабое вытянутое по небу конусообразное свечение, которое иногда можно спутать с зарей. Зодиакальный свет по форме представляет собой часть эллиптической поверхности с центром в Солнце, которая вытянута вдоль эклиптики. Поэтому зодиакальный свет заметнее, когда эклиптика расположена выше всего над горизонтом.

В северном полушарии наилучшие условия наблюдения зодиакального света приходятся на весну, когда он виден в западной части неба, и на осень, когда он виден на востоке (в южном полушарии наоборот). На экваторе зодиакальный свет виден круглый год.

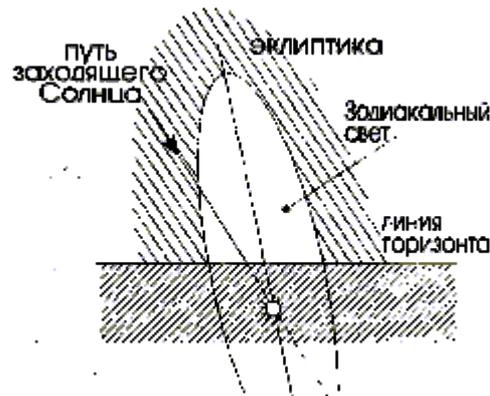


Рис. 4.7. Зодиакальный свет.

Зодиакальный свет возникает вследствие рассеяния солнечного света частицами космической пыли, в основном сосредоточенными в пространстве между орбитой Земли и Солнцем.

Частицы пыли, находящиеся «снаружи» земной орбиты, отражают небольшое количество света назад, в направлении Солнца и Земли, поэтому в точке эклиптики, диаметрально противоположной Солнцу, заметно слабое светящееся пятно небольших размеров, которое называют противосиянием. Существует и очень слабая полоса света, как бы соединяющая области зодиакального свечения и противосияния, но увидеть ее удастся лишь в редких случаях. Самая заметная область зодиакального света сравнима по яркости с центральной частью Млечного Пути.

Серебристые облака (рис. 4.8.) — это атмосферные явления, которые возникают на высоте около 80 км и в основном наблюдаются в средних широтах ($\varphi = 45^\circ - 60^\circ$) на протяжении нескольких недель до и после летнего солнцестояния. В этот период сумерки (астрономические) на этих широтах длятся почти всю ночь, и Солнце, находясь под горизонтом, все же освещает облака. По этой причине серебристые облака не встречаются ближе к экватору. Они имеют тонкую структуру в виде волн, гребешков, полос или вихрей с серебристыми и голубоватыми оттенками, а у горизонта иногда окрашиваются в золотистый цвет.

Картина серебристых облаков довольно изменчива: струи, гребешки и другие структуры все время перемещаются относительно друг друга в разных, порой противоположных направлениях.

Серебристые облака нетрудно отличить от обыт. к. они образуются в атмосфере на высоте в 10 раз большей, появляются ближе к полуночи и вытянуты по направлению к полюсу. Как и полярные сияния, серебристые облака настолько прозрачны, что не ослабляют света ярких звезд.

Природа серебристых облаков не вполне ясна. По-видимому, они состоят из мельчайших частиц, покрытых льдом и поэтому хорошо отражающих солнечный свет. А сами эти частицы — метеорная пыль, ионы или даже вулканическая пыль, попавшая на столь высокие расстояния.

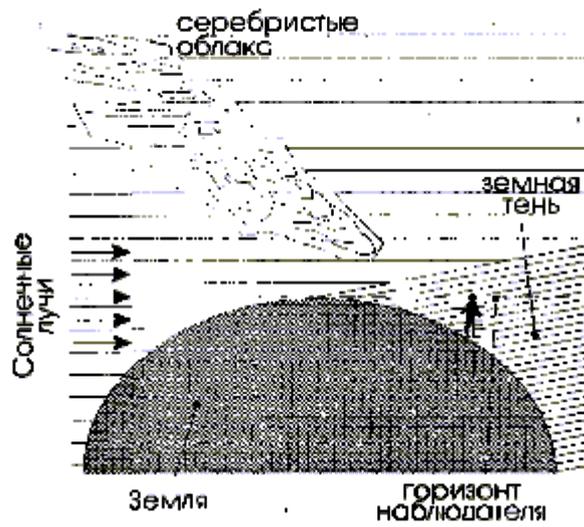


Рис. 4.8. Серебристые облака.

Движение серебристых облаков связывают с ветрами, господствующими в верхних слоях атмосферы, но высота расположения облаков и некоторые их особенности, возможно, определяются восходящими потоками воздуха, формирующимися над горами.

Прецессия и нутация

Астрономы и астрологи древности считали, что ось Земли неподвижна относительно звезд. Но за 160 лет до н. э. Гиппарх сравнил эклиптические координаты звезд, полученные им из его собственных наблюдений, с данными, полученными александрийскими астрономами за 150 лет до него, и заметил, что значения широты звезд не изменились, а долготы — изменились на $2'$.

Прецессия состоит в ежегодном смещении точек равноденствий по эклиптике на $50''$,³⁷¹ в западном направлении (против хода зодиакальных знаков), что является следствием такого же медленного поворота в том же направлении плоскости небесного и земного экватора. Поэтому и ось вращения Земли (ось мира), перпендикулярная плоскости экватора, поворачивается за год на $50''$,³⁷¹, описывая в пространстве коническую поверхность вокруг оси эклиптики, подобно повороту оси быстро вращающегося волчка.

Причинами прецессии являются гравитационные силы, действующие на Землю со стороны Солнца, Луны и в меньшей степени — со стороны планет. Земля — не шар, она чуть сплюснута у полюсов, и поэтому эти силы образуют момент сил относительно оси вращения. Будь Земля шаром, этот момент сил равнялся бы нулю.

В настоящую эпоху земная ось образует с осью эклиптики угол $23^\circ 26'$. Но из-за медленного и незначительного изменения этого угла полюсы мира перемещаются вокруг полюсов эклиптики по незамкнутой кривой, очень близкой к окружности.

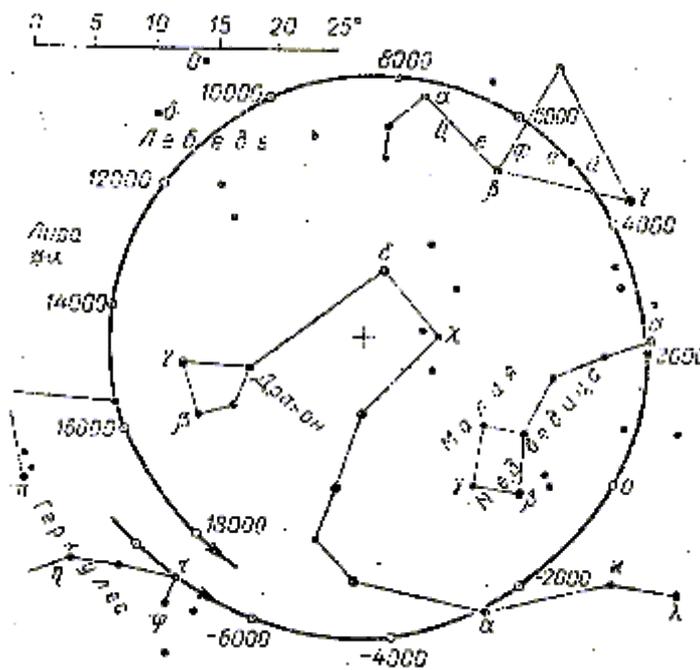


Рис. 4.9. Прецессионное перемещение северного полюса мира. Крестиком в центре показано положение северного полюса эклиптики.

В настоящее время северный полюс мира расположен вблизи Полярной звезды, а через 12000 лет будет находиться недалеко от Веги. И тогда созвездие Возничего станет экваториальным, созвездие Близнецов будет ненадолго появляться над южной стороной горизонта, созвездия Ориона вообще не будет видно, а созвездия Кассиопеи и Большой Медведицы станут заходящими.

Непостоянство момента сил лунного и солнечного притяжения порождает колебания, называемые нутацией, амплитуда которой равна $9''$, а период равен периоду обращения лунных узлов (18,6 года). В результате полюс мира перемещается по волнистой кривой.

Вследствие прецессии точка весеннего равноденствия перемещается. Сейчас она проецируется в $5^\circ 17' 54''$. В эфемеридах градус, где находится точка весеннего равноденствия, можно найти в таблицах в правом нижнем углу по SVP.

Нетрудно вычислить, что один знак точка \square проходит за 2144 года. Этот период называется астрологической эпохой и характеризуется знаком, где находится точка весеннего равноденствия.

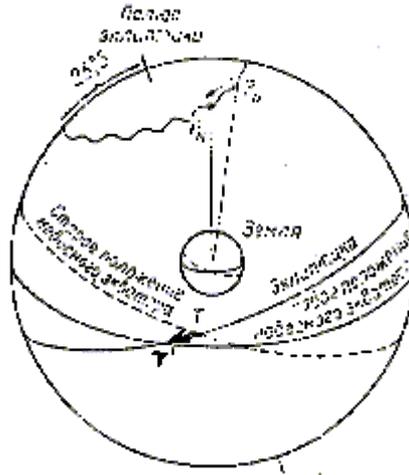


Рис. 4.10. Прецессия и нутация на небесной сфере. \square и \square' — старое и новое положение точки весеннего равноденствия.

Когда точка \square войдет в знак Водолея, начнется эпоха Водолея. Период, за который точка весеннего равноденствия пройдет весь Зодиак (12 знаков — за 25729 лет), называется глобальной астрологической эпохой.

Точка весеннего равноденствия находится в Рыбах. Чтобы найти планету на небе, сначала находим ее положение в знаке в астрологических эфемеридах. На небе мы найдем ее в предыдущем зодиакальном созвездии. Например, если по эфемеридам Марс в Деве, то на небе мы найдем его в созвездии Льва.

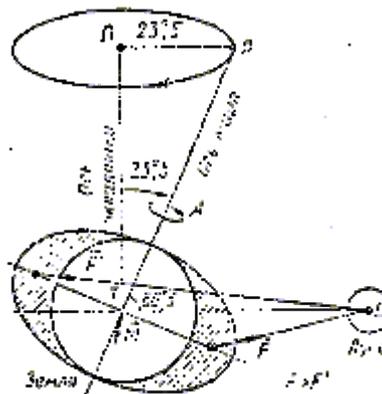


Рис. 4.11. Момент гравитационных сил и прецессионное движение земной оси. P — северный полюс мира; Π — северный полюс эклиптики.

Параллакс

Два наблюдателя определяют координаты Марса одновременно в двух противоположных точках земного шара и устанавливают, что эти координаты несколько отличаются друг от друга. Планета находится близко к Земле, и наблюдатели видят ее в проекции на различные точки небесной сферы. Чтобы исключить этот эффект, принято считать основным направлением на светило направление из центра Земли. Оно определяет геоцентрические координаты. Координаты точки, отсчитываемые с поверхности Земли, называют топоцентрическими. Зенитное расстояние светила Z' , измеренное с поверхности Земли, будет больше зенитного расстояния Z , измеренного от центра Земли. Разность этих углов $P = Z' - Z$ принято называть суточным параллаксом светила.

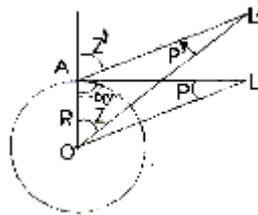


Рис. 4.12. Суточный параллакс.

Суточным параллаксом называется угол, под которым наблюдатель увидел бы со светила радиус Земли. Благодаря суточному параллаксу светило кажется ниже, чем это было бы при наблюдении из центра Земли. Максимального значения параллакс достигает, когда светило находится на горизонте:

$$P' = P \sin Z' - P.$$

Суточный параллакс Луны равен $57'$. Солнца $8'',794$, всех планет — меньше одной минуты.

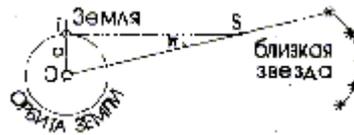


Рис. 4.13. Годичный параллакс.

В процессе годичного обращения Земли вокруг Солнца происходит смещение близких звезд на фоне дальних.

Годичным параллаксом π называется угол, под которым со звезды был бы виден радиус земной орбиты α .

Угол π во всех случаях очень мал:

$$\sin \pi = \alpha / R; \sin \pi = \pi.$$

Эту формулу используют для определения расстояний до близких звезд, если удастся измерить их годовые параллаксы.

Единицы расстояний в астрологии

Астрономия имеет дело с очень большими расстояниями, и измерять эти расстояния в километрах неудобно. В пределах солнечной системы пользуются астрономической единицей, под которой подразумевается среднее расстояние от Солнца до Земли.

1 а.е. = 149600000 км.

Расстояния до звезд измеряются в световых годах. Световой год — это расстояние, которое свет проходит за один год, распространяясь со скоростью 300000 км/с.

1 с.г. = $9,460 \times 10^{12}$ км = 63240 а.е.

Другой единицей измерения является парсек (параллакс в секунду). Это расстояние соответствует годовому параллаксу в 1 секунду.

1 пк = $3,086 \times 10^{13}$ км = 206162,4 а.е. = 3,26 с.г.

Часто пользуются килопарсеками (Кпк = 1000 пк) и мегапарсеками (1 Мпк = 10⁶ пк).

Глава 5. Солнце и Луна

Луна

Самое близкое к земле небесное тело — Луна — является единственным естественным спутником Земли. Луна не только участвует в суточном вращении неба, но и сравнительно быстро перемещается на фоне звезд с запада к востоку, — за 1 час примерно на $30'$, в сутки $12\text{--}15$ градусов. Поэтому она восходит над горизонтом, кульминирует и заходит за горизонт позже, чем накануне, в среднем на 45 минут. С запада к востоку Луна перемещается по большому кругу — лунному пути, наклонение которого к небесному экватору плавно меняется за 9 лет и 3,5 месяца в пределах от 18 до 29 градусов. Полный оборот вокруг Земли (относительно звезд) Луна завершает за $27,32$ сут. Этот период называется звездным, или сидерическим месяцем.



Рис. 5.1. Лунный путь (LL') и лунная орбита ($АПП$): $З$ — Земля, $Л$ — Луна в пространстве, $Л'$ — видимое положение Луны на небе, i — наклонение ($i=5^{\circ}09'$).

Лунный путь (рис. в. I) проходит по зодиакальным созвездиям и пересекается с эклиптической в двух противоположных точках, называемых узлами. Астрономически узлы — это точка пересечения орбиты планеты с плоскостью орбиты Земли. Узел, в котором Луна переходит из южного полушария в северное, называется северным или восходящим, а узел, где она переходит из северного в южное — южным или заходящим.

Наклонение лунного пути i к эклиптике составляет в среднем $5^{\circ}09'$ и колеблется в пределах $4^{\circ}59'\text{--}5^{\circ}19'$. Поэтому Луна всегда находится вблизи эклиптики. Плоскость лунного пути сравнительно быстро поворачивается с востока к западу (т. е. навстречу движению Луны), и поэтому лунные узлы непрерывно перемещаются по эклиптике в том же направлении. За сидерический месяц они сдвигаются почти на $1,5^{\circ}$, а за год — на $19,3^{\circ}$. Период обращения лунных узлов по эклиптике равен 18 годам 7 месяцам, а точнее — 6798 суткам. Каждый свой новый оборот по небу Луна, по существу, совершает по новому пути, и только через 18 лет 7 месяцев возвращается к исходному.

Промежуток времени между двумя последовательными прохождением Луны через один и тот же узел своей орбиты называется драконическим месяцем. Его продолжительность равна $27,21$ сут.

Перигей (ближайшая к земле точка орбиты) лунной орбиты перемещается в сторону движения Луны, совершая полный оборот за $8,85$ лет. Промежуток времени между двумя последовательными прохождением Луны через перигей своей орбиты называется аномалистическим месяцем. Его продолжительность составляет $27,55$ сут.

Луна обращается вокруг Земли по почти эллиптической орбите со средним удалением 384000 км. Средняя скорость движения по орбите составляет $1,02$ км/с. Вращение Луны вокруг своей оси происходит с тем же периодом, что и вокруг Земли ($27,3217$ сут), поэтому к нам всегда обращена одна и та же сторона Луны.

Форма Луны близка к шару радиусом 1738 км. Объем составляет $2,2 \times 10^{10}$ км³, масса $7,35 \times 10^{22}$ кг, что и $81,3$ раза меньше массы Земли, средняя плотность $3,34$ г/см³. Вследствие малой массы Луна не может удерживать своим притяжением газовую атмосферу, и ее поверхность подвержена

непосредственному воздействию электромагнитного и корпускулярного излучений Солнца, а также ударам метеоритов.

Задолго до первых телескопических наблюдений Луны некоторые древние философы высказали хотя и умозрительные, но верные по существу суждения о ее природе. Фалес, Анаксимандр, Анаксагор и Эмпедокл уверенно утверждали, что холодное серебристое сияние Луны — не собственное ее свечение, а отраженный солнечный свет. Аристотель полагал, что Луна — неплохое зеркало, а пятна на его поверхности — отражение земных морей и материков.

Пифагор и его ученики смело заявляли, что «Луна есть земля, подобная обитаемой нами, но с той разницей, что она населена животными гораздо большими и деревьями гораздо лучшими». Прокл был уверен, что на Луне «возвышаются многочисленные горы и помещается большое количество городов и жизни».

Перечислим наиболее характерные особенности поверхности Луны, наблюдаемые с Земли оптическими методами. Темные, относительно ровные участки поверхности называются морями и занимают около 40% поверхности. Более светлые гористые участки называются «материками» с характерными для Луны кольцевыми горами (цирками). Кратеры имеют кольцевой вал, а некоторые и горку в центре. Лунные горные хребты (часто длиной в сотни километров и высотой 3,5 км) имеют протяженные трещины и борозды.

Интенсивное развитие космических исследований существенно повысило уровень наших знаний о Луне. С 1959 г. были успешно осуществлены полеты к Луне более 50-и космических аппаратов, которые взяли пробу грунта, производили фотосъемки Луны. С их помощью была составлена карта обратной стороны Луны. Луна — единственное небесное тело, куда ступала нога человека.

Фазы Луны

Лунной фазой называется видимая в солнечном освещении часть лунного диска. Лунную фазу характеризуют также возрастом Луны, т. е. числом дней, прошедших после очередного новолуния.

Новолуние наступает при соединении Луны с Солнцем, когда она проходит между Солнцем и Землей, но из-за наклона лунной орбиты к эклиптике она проходит то ниже, то выше солнечного диска. В это время к Земле обращено неосвещенное лунное полушарие, и поэтому Луна не видна. При новолунии Луна восходит и заходит почти одновременно с Солнцем и находится на небе днем.

После новолуния Луна постепенно отходит к востоку от Солнца. Примерно через двое-трое суток она становится видимой по вечерам в западной области неба в форме узкого серпа, выпуклость которого обращена к западу, где в это время под горизонтом находится Солнце, освещающее Луну. Через полтора-два часа после захода Солнца серповидная Луна тоже заходит за горизонт.

Линия, отделяющая освещенную часть лунного диска от неосвещенной его части, называется лунным терминатором. На поверхности Луны терминатор имеет вид окружности, а с Земли виден в форме полуэллипса. При возрастающей фазе Луны на ее терминаторе восходит Солнце. Так как Луна вращается вокруг своей оси в прямом направлении, с запада к востоку, то терминатор, как и на Земле, перемещается по лунной поверхности с востока к западу в направлении от правого края лунного диска к его левому краю. Поэтому, хотя правая половина лунного диска обращена к западной стороне земного горизонта, она называется восточной половиной и входит в восточное полушарие Луны, а левая половина лунного диска называется западной и принадлежит западному полушарию Луны.

Часто при серповидной фазе виден (очень слабо освещенный) весь лунный диск.

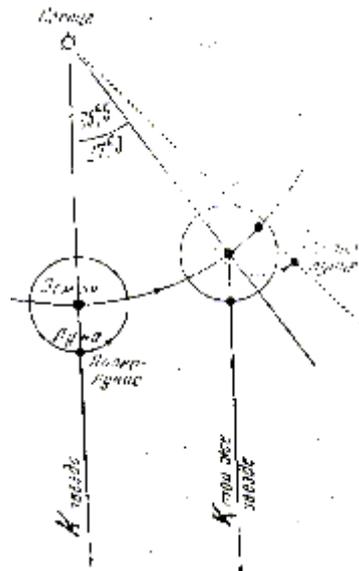


Рис. 5.2. Различие между синодическим сидерическим месяцами.

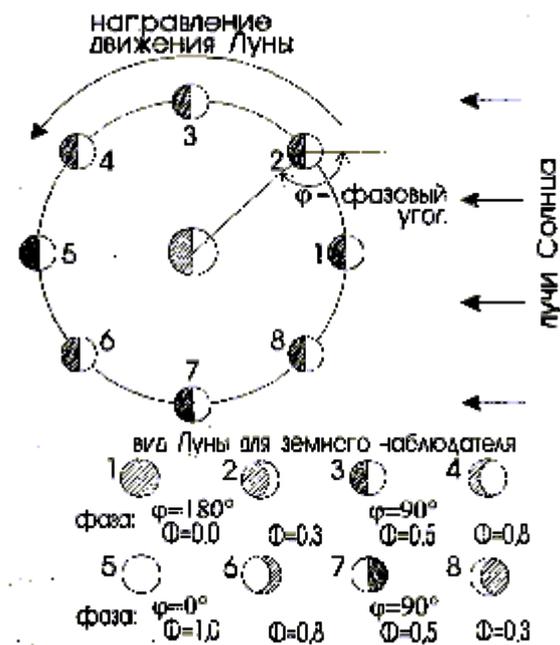


Рис. 5.3. Смена лунных фаз.

Создается впечатление, что в яркий лунный серп вложено темное полушарие меньшего диаметра. Это явление получило название пепельного света. Объясняется оно тем, что лунный серп освещается непосредственно Солнцем, а остальная лунная поверхность — рассеянным солнечным светом, отраженным от Земли. Видимое же различие в диаметрах темного диска и яркого серпа — явление чисто кажущееся, называемое иррадиацией. Оно объясняется особенностями нашего зрения: яркий предмет воспринимается нами несколько больших размеров, нежели темный.

По мере смещения Луны к востоку от Солнца видимая с Земли освещаемая часть лунной поверхности увеличивается — лунная фаза растет. Через неделю после новолуния, когда Луна отойдет на 90° от Солнца, уже видна вся правая половина лунного диска — наступает фаза первой четверти ($\varphi = 0,50$). В этой фазе Луна восходит днем, а к вечеру видна в южной части неба и заходит ночью.

Через 14–15 суток после новолуния Луна приходит в противостояние с Солнцем. Ее фаза становится полной ($\varphi = 1,0$), т. к. Солнце освещает все лунное полушарие, обращенное к Земле. Поскольку полная Луна находится в противоположной Солнцу области неба, то она восходит при заходе Солнца, заходит при его восходе, а в середине ночи видна в южной стороне неба, вблизи небесного меридиана.

После полнолуния Луна постепенно приближается к Солнцу с запада, освещается им слева (с востока), и поэтому ущерб Луны, т. е. уменьшение ее фазы начинается с правого края, а выпуклость освещенной части обращена к востоку. Теперь уже на лунном терминаторе, видимом с Земли, Солнце заходит и начинается ночь.

Примерно через неделю, когда угловое расстояние между Луной и Солнцем сократится до 90° , наступает фаза третьей, или последней четверти ($\varphi = 0,50$), при которой Луна восходит около полуночи, к восходу Солнца оказывается в южной части неба и заходит днем.

При дальнейшем сближении Луны с Солнцем ее убывающие фазы становятся серповидными с выпуклостью к востоку влево. Луна восходит и видна в восточной области неба незадолго до восхода Солнца, заходит днем перед его заходом и вскоре снова вступает с ним в соединение.

Период смены лунных фаз, называемый синодическим месяцем, длиннее сидерического месяца. Продолжительность синодического месяца $S = 29,5306$ сут.

Одинаковые фазы наступают в различных точках лунной орбиты поочередно во всех зодиакальных созвездиях. Этим и объясняется, почему на протяжении года условия видимости Луны в одной и той же фазе резко различны. Зимой, когда Солнце проходит по южным зодиакальным созвездиям и его суточный путь над горизонтом низок и короток, полная Луна перемещается по северным

зодиакальным созвездиям, высоко поднимается и подолгу находится над горизонтом. Летом картина противоположная: полная Луна повторяет зимний суточный путь Солнца и иногда даже бывает не видна, скрываясь за неровным рельефом местности.

Либрации Луны

Астрономы внимательно изучают движение Луны и описывают его формулой, содержащей 700 компонентов, а вычисления ведут с точностью до 15-го знака после запятой.

До Галилея считалось, что плоскость лунного экватора совпадает с плоскостью орбиты Луны и рисунок лунного диска совершенно неизменен. В начале XVII в. Галилей обнаружил явление оптической либрации (покачивания) — небольшие перемещения, качание контуров различных структур лунной поверхности относительно среднего положения на видимой стороне Луны. Согласно теории Кассини ось вращения Луны медленно перемещается по круговому конусу, вокруг оси эклиптики (физическая либрация). Суть физической либрации состоит в следующем. Плоскость экватора Луны не совпадает с плоскостью ее орбиты, а составляет угол в $6^{\circ}39'$. Кроме того, Луна, вращаясь вокруг своей оси сравнительно равномерно, обращается вокруг Земли с переменной скоростью, из-за чего она покачивается вперед, назад и с боку на бок относительно направления на Землю.

Луна, как и Земля, не абсолютный шар, поэтому при покачивании притяжение Земли создает крутящие моменты. Величина и направление этих моментов все время меняются, из-за чего непрерывно меняются и возмущающие воздействия. Эти воздействия столь сложны, что до сих пор не существует полной теории движения Луны. Благодаря либрации мы наблюдаем с Земли 60% поверхности Луны.

Солнце

Солнце — центральное и самое массивное тело солнечной системы. Его масса в 333000 раз больше массы Земли и в 750 раз превышает массу всех планет, вместе взятых. Солнце — мощный источник энергии, вместе с тем ближайшая к нам звезда. Мы можем наблюдать солнечный диск и при помощи телескопа изучать на нем мелкие детали.

Солнце — это типичная звезда, а потому его изучение помогает понять природу звезд вообще.

Поток энергии, получаемой Землей от Солнца, равен примерно $1/2000000000$ его полной энергии.

В зависимости от значения температуры и характера определяемых ею процессов Солнце можно разделить на четыре области, или зоны.

1. Внутренняя центральная область (ядро), где давление и температура обеспечивают протекание ядерных реакций. Она простирается от центра до расстояния примерно $1/3$ радиуса Солнца.
2. «Лучистая» зона (расстояние от $1/3$ до $2/3$ радиуса Солнца), в которой энергия передается наружу от слоя к слою в результате последовательного поглощения и излучения квантов электромагнитной энергии.
3. Конвективная зона — от верхней части лучистой зоны почти до видимой границы Солнца. Здесь температура быстро уменьшается по мере приближения к видимой границе Солнца, в результате чего происходит перемешивание вещества.
4. Атмосфера, — начинается сразу за конвективной зоной и простирается далеко за пределы видимого диска Солнца. Верхние слои атмосферы могут наблюдаться во время полных солнечных затмений.

Впервые солнечные пятна наблюдал в телескоп Галилей. Он заметил, что пятна перемещаются по видимому диску Солнца. На этом основании он доказал, что Солнце вращается вокруг своей оси. Оборот центральной части происходит за 25–28 дней, а у полюсов — за 30–35 дней. Пятна — непостоянные образования. Число и форма пятен на Солнце меняются. Обычно солнечные пятна появляются группами.

Около края солнечного диска вокруг пятен видны светлые образования, почти незаметные, когда пятна близки к центру солнечного диска. Эти яркие образования называются факелами.

Число пятен на Солнце изменяется приблизительно каждые 11 лет. Во время минимума солнечной активности число пятен минимально, во время максимума достигает наибольшего значения.

В каждом 11-летнем цикле головные пятна у всех групп пятен имеют магнитное поле одной полярности, а идущие за ними пятна — противоположной. Через 11 лет картина распределения полярности магнитного поля меняется на противоположную, поэтому иногда говорят о 22-летнем цикле солнечной активности.

Цикл активности солнечных пятен имеет прямое отношение к климату Земли. У деревьев изменение толщины годовых колец тоже имеет 11-летний цикл.

Ближайший пик солнечной активности ожидается примерно в 2000–2001 годах.

В связи с солнечной активностью в гороскопах людей с сильным, выраженным Солнцем следует учитывать 11- и 22-летние периоды.

Солнечные затмения

В своем движении Луна заслоняет звезды зодиакальных созвездий, по которым проходит лунный путь. Значительно реже происходят покрытия Луной планет, оказавшихся на небе в непосредственной близости к лунному пути. Периодически Луна частично или полностью заслоняет Солнце. Явление, когда Земля попадает в тень Луны, называется солнечным затмением.

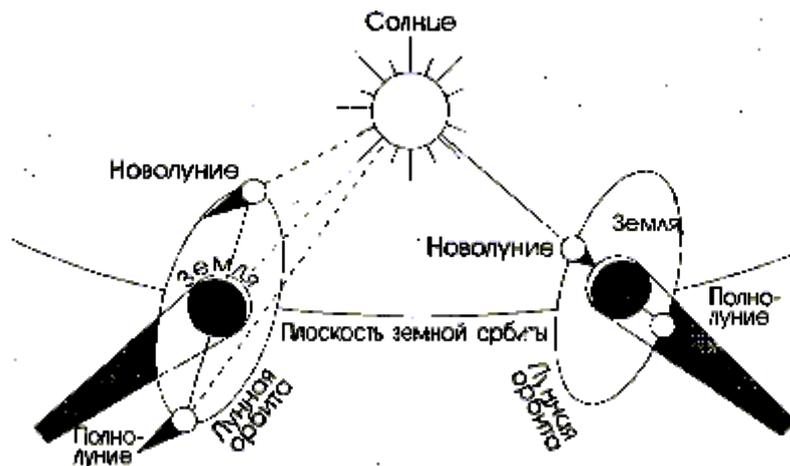


Рис. 5.5. Орбита Луны в двух положениях: справа — затмения возможны, слева — нет.

Солнечные затмения происходят только при новолуниях, когда Луна проходит между Солнцем и Землей, но далеко не всегда, поскольку Луна может отходить от эклиптики на $5^{\circ}09'$, а диаметры солнечного и лунного дисков близки к $32'$.

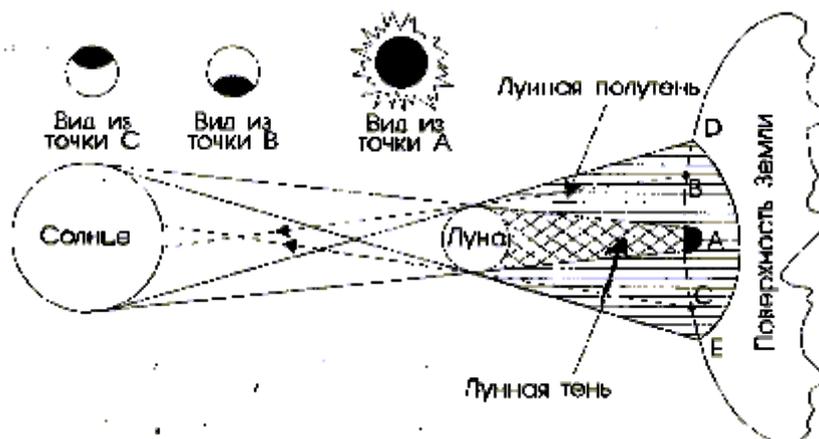


Рис. 5.6. Условия наблюдения солнечных затмений с разных точек поверхности Земли.

Луна, освещенная Солнцем, отбрасывает в пространство сходящийся конус полутени. Когда эти конусы пересекаются с земной поверхностью, на ней происходят солнечные затмения.

Из мест земной поверхности, оказавшейся в лунной тени (А), видно полное солнечное затмение — там Солнце полностью закрыто Луной. В это же время в местах, расположенных в лунной полутени (В, С) происходит частное солнечное затмение: из южной зоны (С) полутени видна закрытой северная (верхняя) часть солнечного диска, а из северной зоны (В) — южная (нижняя) его часть.

Лунная тень и полутень на земной поверхности имеют вид овальных пятен. Из-за движения Луны с запада к востоку ее тень и полутень быстро мчатся по земной поверхности примерно в том же направлении, уклоняясь либо к северу, либо к югу.

Путь лунной тени образует на Земле полосу, называемую полосой полной фазы, посередине которой проходит линия центрального затмения. Земля движется вокруг Солнца, а Луна вокруг Земли по эллипсам, поэтому видимые угловые размеры Солнца и Луны меняются в зависимости от того, в какой точке своей орбиты они находятся.

Наилучшие условия наблюдения затмений — когда Луна в перигее, а Земля в афелии, что возможно в конце июня и начале июля.

Ширина полосы полной фазы, равная поперечнику лунной тени, зависит от взаимных расстояний Земли, Луны и Солнца во время затмения. Из-за периодического изменения этих расстояний конус лунной тени может иметь длину 367000–379700 км, поэтому даже при наименьшем геоцентрическом расстоянии Луны в 356410 км и при наибольшем видимом диаметре 33,6' поперечник лунной тени на земной поверхности не превышает 270 км. При этих же условиях диаметр лунной полутени близок к 6750 км, и следовательно, частное солнечное затмение видно к северу и югу от полной фазы до расстояния 3240 км.

Но уже при средних расстояниях Луны от Земли (31,Г) и Земли от Солнца (32') конус лунной тени имеет длину около 373300 км и не доходит до земной поверхности. Поэтому Луна не закрывает Солнца полностью, а вместо полного происходит кольцеобразное затмение.

Солнечное затмение начинается с правого, западного края Солнца, на диске которого появляется небольшой ущерб, имеющий форму окружности того же радиуса. Постепенно фаза затмения увеличивается, и солнечный диск принимает вид непрерывно суживающегося серпа. Затмение заканчивается на левом, восточном краю солнечного диска.

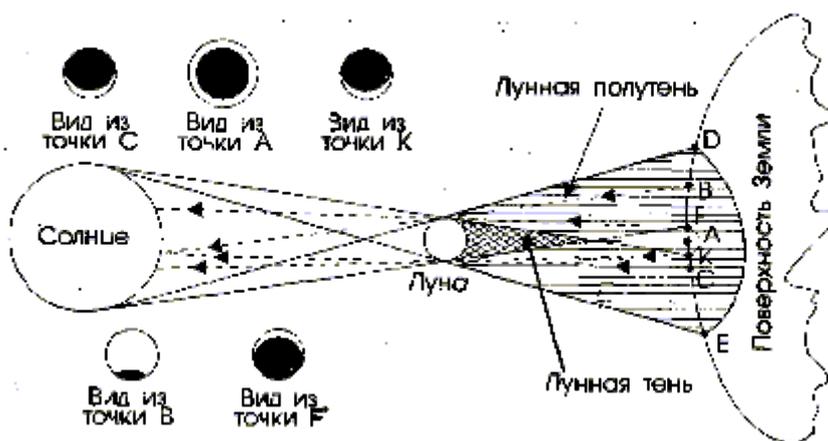


Рис. 5.7. Схема кольцеобразного солнечного затмения.

С момента вступления лунной тени на нашу планету до момента схода тени проходит от одного до трех с половиной часов. За это время лунная тень пробегает в разных местах 6000–12000 км, и поэтому в разных местах земной поверхности затмение происходит в различные моменты времени.

Наибольшая продолжительность полной фазы затмения не превышает 7 мин 31 с, что возможно только в экваториальной зоне при максимальном диаметре лунной тени. Условия таких продолжительных полных затмений наступают крайне редко. На протяжении 1500 лет, с VII до начала XXIII в., не было и не будет ни одного такого затмения. Ближайшее полное солнечное затмение длительностью 7 мин 29 с произойдет 16 июля 2186 г.

Наибольшая продолжительность кольцеобразной фазы затмения достигает 12 мин 20 с.

Затмение Солнца происходит, когда Солнце и Луна одновременно находятся вблизи одного из узлов лунной орбиты (не далее $16^{\circ}30'$). Если расстояние Солнца от узла составляет несколько градусов, то затмение будет полным. В связи с этим можно сказать, что на эклиптике существует «эффективная зона» протяженностью в 33° с лунными узлами в центре. Например, в данное новолуние произойдет частное солнечное затмение. Следующее новолуние наступит через 29,53 сут. За это время Солнце сместится вдоль эклиптики примерно на 29° , а узел лунной орбиты в обратную сторону на $1,5^{\circ}$. Частное солнечное затмение произойдет и при втором новолунии, т. к. Солнце еще не успело выйти из «эффективной зоны».

Примерно через полгода Солнце приблизится к другому узлу, и повторится та же картина: снова произойдут два частных затмения Солнца. Драконический год (прохождение Солнца через один и тот же узел лунной орбиты 346,62 сут) короче тропического года на 18,6 сут. Поэтому очередное

сближение Солнца с узлом может произойти в том же календарном году. В одном году может произойти до пяти солнечных затмений (это было в 1805, 1835 гг., повторится в 2206 и 2709 гг.) и не может быть меньше двух.

По натальной карте можно определить, родился ли человек во время солнечного затмения. Из вышесказанного следует, что если в гороскопе имеется соединение Солнца и Луны (которое находится в пределах 16°30' от одного из лунных узлов), то человек родился во время затмения Солнца.

Солнечные затмения в 1998-2005 гг. (полные и кольцеобразные)		
26.08.1998	Тихий и Атлантический океаны	Полное (3 мин 56 с)
22.08.1998	Индийский и Тихий океаны	Кольцеобразное
16.02.1999	Индийский и Тихий океаны, Австралия	Кольцеобразное
11.08.1999	Атлантический океан, Индия, Европа	Полное (2 мин 23 с)
21.06.2001	Центральная Африка	Полное (4 мин 57 с)
14.12.2001	Тихий океан, Центральная Америка	Кольцеобразное
10.06.2002	Тихий океан	Кольцеобразное
4.12.2002	Южная Африка, Западная Австралия	Полное (2 мин 54 с)
31.05.2003	Арктика	Кольцеобразное
23.11.2003	Антарктида	Полное (1 мин 57 с)
8.04.2005	Панама, Колумбия, Венесуэла	Полное/кольцеобразное (42 с)
3.10.2005	Португалия, Испания, северная и южная Африка	Кольцеобразное

Лунные затмения

В отличие от солнечных лунные затмения представляют собой физическое явление прохождения Луны сквозь земную тень, имеющую, как и у Луны, форму сходящегося круглого конуса. Чтобы произошло лунное затмение, Луна должна быть в оппозиции, т. е. в фазе полнолуния.

Перед погружением в земную тень Луна проходит сквозь полутень Земли, но ослабление лунного света при этом настолько ничтожно, что может быть обнаружено лишь точной аппаратурой.

Смещаясь с запада к востоку, Луна входит в земную тень своим левым краем и им же выходит из тени. Полному лунному затмению предшествуют частные фазы.

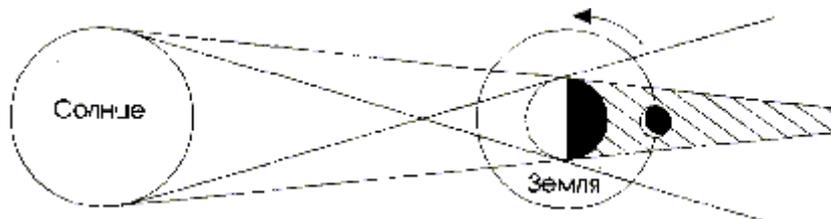


Рис. 5.9. Лунные затмения.

Лунные затмения видны со всего ночного полушария Земли, где Луна находится над горизонтом, и начинаются лунные затмения одновременно в какой-то момент времени. Полное затмение может продолжаться почти 2 ч, а вместе с частными фазами — до 3,8 ч.

В полном затмении Луна приобретает бурый, темно-красный, а иногда и красно-коричневый цвет. Это объясняется тем, что солнечный свет, преломляясь в земной атмосфере, все же попадает на Луну. Но красные лучи проходят атмосферу с меньшим преломлением, поэтому они преимущественно и достигают лунной поверхности, окрашивая ее в соответствующий цвет.

Лунное затмение может произойти лишь в том случае, если в момент полнолуния Луна будет находиться на расстоянии менее $10,6^\circ$ от одного из своих узлов. «Эффективная зона» для лунных затмений составляет всего $21,2^\circ$. Это расстояние Солнце проходит за 22 дня, что значительно меньше синодического месяца. В некоторые годы может не произойти ни одного лунного затмения. Наибольшее число лунных затмений в году — три. Сумма солнечных и лунных затмений в году колеблется от трех до семи. Семь затмений было в 1917 г.

Из вышесказанного следует, что если в гороскопе имеется оппозиция Солнца и Луны (орбис $30'$) и они находятся на расстоянии менее $10^\circ 30'$ от узлов, то можно утверждать, что карта построена на момент лунного затмения.

Полные лунные затмения в 1997—2005 гг.

16.09.1997 1 ч 6 мин
21.01.2000 1 ч 16 мин
16.07.2000 1ч
09.01.2001 30 мин
16.05.2003 26 мин
09.11.2003 11 мин
04.05.2004 38 мин
28.10.2004 40 мин

Глава 6. Законы движения небесных тел

История развития представлений о солнечной системе

При изучении звездного неба древними среди ярких звезд было обнаружено пять таких, которые не занимали постоянного места в созвездиях, а постоянно перемещались по ним. Эти пять звездообразных светил были названы планетами, т. е. блуждающими. Люди не могли объяснить загадочного движения и природы планет, что привело к их обожествлению. Различные народы давали планетам имена своих богов. В настоящее время мы используем римские названия планет.

Наиболее быстро движущуюся планету называли Меркурием по имени посланца-сорохода главного бога Юпитера. Очень яркая и изумительная по красоте своего блеска планета названа Венерой — по имени богини красоты: Планета красноватого цвета получила имя бога войны Марса. Яркая и медленно перемещающаяся планета названа Юпитером — по имени главного бога. Наконец, планете желтоватого цвета, подолгу передвигающейся в пределах одного созвездия, присвоено имя бога времени — Сатурн.

Греческий философ Платон учил, что все небесные тела движутся с постоянной скоростью по круговым траекториям. Самый знаменитый его ученик Аристотель был абсолютно уверен в том, что Земля является центром всего сущего, и планеты вместе с Солнцем и Луной вращаются вокруг нее. Несколько лет спустя Аристарх из Самоса выдвинул собственную концепцию, которая заключалась в том, что центром планетной системы является Солнце. Но поскольку в то время для поддержки идеи не хватало достаточно надежных результатов астрономических наблюдений, Аристарху не удалось убедить других в правильности своей теории.

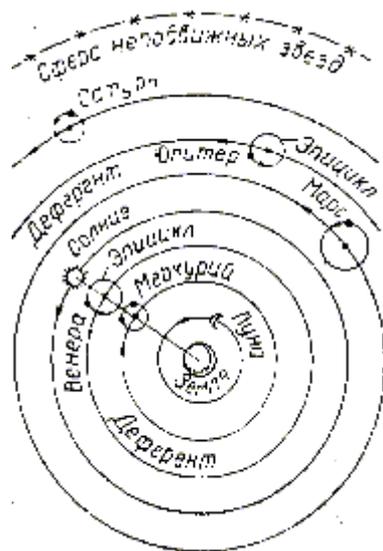


Рис. 6.1. Геоцентрическая система мира Птолемея.

Клавдий Птолемей, работавший в Александрии, поддерживал взгляд греческих ученых на Землю как центр Вселенной: он подробно изложил эту теорию в одной из своих книг, написанной между 127-м и 153-м годами.

По мнению греческих ученых, окружность является совершенной формой, и только она может служить орбитой. Им даже в голову не приходило, что небесное тело может двигаться по какой-то кривой.

Однако у них при этом возникала проблема: как объяснить наблюдаемые перемещения планет, если предполагается, что они движутся равномерно вокруг Земли строго по кругу?

Чтобы воспроизвести неправильные траектории, которые описывали планеты, проходя по небу, Птолемею пришлось предположить, что они описывают небольшие окружности, центры которых, в свою очередь, движутся вокруг Земли по кругу. Это выглядит довольно сложно и никто не пытался

всерьез оспаривать модель Птолемея вплоть до XVI века. Общеизвестными в его системе были две идеи: что орбиты всегда являются окружностями и что Земля — неподвижный центр Вселенной.

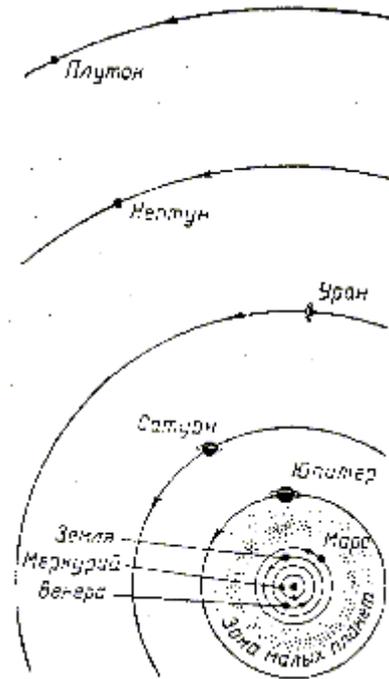


Рис. 6.2. Планетная система.

Новое мировоззрение пробивало себе дорогу в ожесточенной борьбе с религией. Николай Коперник ввел в науку совершенно новый способ мышления. Он был убежден, как мы теперь точно знаем, что центром планетной системы является Солнце, а Луна вращается вокруг Земли.

По приговору инквизиции в 1600 г. в Риме был сожжен выдающийся последователь Коперника — Джордано Бруно, который утверждал, что во Вселенной нет и не может быть центра, что Солнце — это только центр Солнечной системы. Он высказал гениальную догадку о том, что звезды — такие же Солнца, как наше. В 1609 г. Галилей впервые направил на небо телескоп и сделал открытия, наглядно подтверждающие правильность учения Коперника.

И вот Иоганн Кеплер, развив учение Коперника, открыл три фундаментальных закона небесной механики.

Законы Кеплера

ПЕРВЫЙ ЗАКОН. Планеты в своем движении вокруг Солнца описывают эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Орбиты всех планет имеют один общий фокус, расположенный в центре Солнца.

Дадим математическое определение эллипса. Эллипс — это замкнутая кривая, для любой точки которой сумма расстояний от двух фокусов постоянна и равна длине большой оси.

Степень вытянутости эллипса характеризуется эксцентриситетом $e = c/a$.

Значение эксцентриситета меняется от 0 до 1. При $e = 0$ эллипс превращается в окружность, а при $e = 1$ — в параболу с одним фокусом.

Большая ось АВ орбиты называется линией апсид.

Ближайшая к Солнцу точка орбиты называется перигеем (перигелием), а наиболее удаленная — афелием (апогелием). Эти точки лежат на линии апсид.

Перигейное расстояние

$q = (F_2B) = a(1 - e)$; афелийное расстояние $Q = (F_2A) = a(1 + e)$. Большая полуось орбиты $a = (q + Q) / 2$.

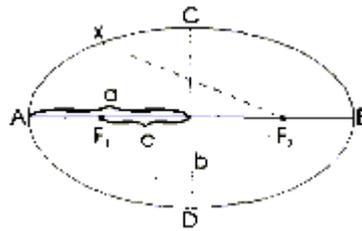


Рис. 6.3. АВ — большая ось эллипса длиной $2a$, CD — малая ось длиной $2b$, c — фокусное расстояние эллипса, F_1, F_2 — фокусы эллипса. Сумма отрезков $(F_1 - x) + (x - F_2) = const$.

Эта полуось представляет собой среднее расстояние планеты от Солнца.

Все планеты солнечной системы кроме Меркурия и Плутона имеют маленькие эксцентриситеты, т. е. движутся почти по круговым орбитам.

ВТОРОЙ ЗАКОН. Движение планет вызвано гравитационными силами, поэтому в перигее планета имеет максимальную скорость, а в апогее — минимальную. За одинаковые промежутки времени планета описывает равные площади.

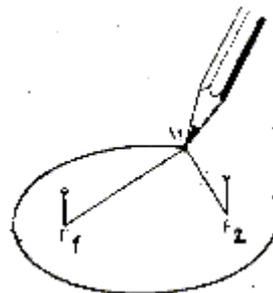


Рис. 6.4. Простой способ построения эллипса.



Рис. 6.5. Второй закон Кеплера.

Площадь, описываемая радиус-вектором планеты за единицу времени, называют ее секториальной скоростью. Иногда второй закон Кеплера формулируют и так: секториальная скорость планеты есть величина постоянная.

За сидерический период обращения T планеты ее радиус-вектор описывает площадь эллипса

$$\sigma = \pi a b = \pi a^2 \sqrt{1 - e^2}$$

Секториальная скорость

$$v = \sigma/T = (\pi a^2 \sqrt{1 - e^2})/T.$$

Первые два закона Кеплера решают задачу движения каждой планеты в отдельности. Естественно, что у Кеплера возникла мысль о существовании закономерности, связывающей все планеты в единую стройную планетную систему. Лишь в 1618 г. он нашел и опубликовал в книге «Гармонии мира» (1619) эту закономерность, известную как Третий закон Кеплера.

ТРЕТИЙ ЗАКОН. Квадраты сидерических периодов обращения планет прямо пропорциональны кубам их средних расстояний от Солнца.

Если у одной планеты сидерический период обращения T_1 и среднее гелиоцентрическое расстояние a_1 , а у другой соответственно T_2 и a_2 , то

$$T_1^2 / T_2^2 = a_1^3 / a_2^3.$$

Отсюда

$$T_{\varphi}^2 / a_{\varphi}^3 = T_{\varphi 2} / T_{\varphi 2}^3 = T_{\oplus}^2 / a_{\oplus}^3 = \dots = T_{\Psi}^2 / a_{\Psi}^3 = \text{const.}$$

C — величина постоянная для всей солнечной системы и называется постоянной третьего закона Кеплера. Численное значение C зависит от принятых единиц измерения. Так, если выразить период обращения Земли t_v годах и расстояние, a в астрономических единицах, то для Земли $T = 1$ и, $a = 1$, откуда $C = 1$, и тогда для любой планеты

$$T^2 = a^3 \text{ или } T = \sqrt{a^3}$$

Это позволяет по известным из наблюдений периодам обращения небесных тел вокруг Солнца сразу вычислить их средние гелиоцентрические расстояния.

Видимые движения нижних планет

По видимым движениям планеты делят на нижние и верхние. К нижним планетам относятся планеты, которые находятся ближе к Солнцу, чем Земля, — Меркурий и Венера. Условия видимости этих планет будут отличаться от условий видимости остальных — верхних — планет, которые находятся дальше от Солнца, чем Земля.

На рис. 6.6. изображены Солнце (с), соответствующие положения планеты (1, 2, 3...) и Земли (З1, З2...) на своих орбитах и направление суточного движения неба — с востока (E) к западу (W).

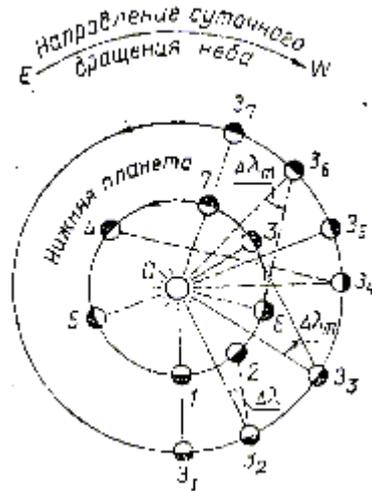


Рис. 6.6. Конфигурации нижних планет.

Конфигурация 1, при которой планета проходит между Солнцем и Землей (З1), называется нижним соединением. При этом геоцентрическое расстояние (расстояние от Земли) наименьшее, а угловой (видимый) диаметр планеты наибольший. Из-за наклона орбиты к эклиптике планета располагается на небе несколько севернее или южнее Солнца, но если нижнее соединение происходит вблизи узлов орбиты, то планета проецируется на солнечный диск. Такие прохождения по диску Солнца происходят редко: у Меркурия только в мае и ноябре через 13 и 7 лет, причем между майским и очередным ноябрьским прохождениями может пройти 3,5 года; у Венеры в июне и декабре с чередованием через 8 лет, 105,5 года, 8 лет и 121,5 года.

Вблизи нижнего соединения планета перемещается по небу ретроградно, находится над горизонтом днем недалеко от Солнца и поэтому невооруженному глазу не видна. К Земле обращено темное полушарие планеты, и в телескопы бывает видна ее серповидная фаза. Затем Земля смещается в положение Зд, а планета — в положение 2 и отходит к западу (вправо) от Солнца — наступает западное удаление, или западная элонгация планеты. Планета заходит за горизонт раньше Солнца, а восходит до его восхода и видна в восточной стороне неба в предутреннее время (утренняя видимость планеты). Ее серповидная фаза обращена выпуклостью к востоку.

С увеличением западной элонгации планеты возрастает ее фаза, продолжительность видимости и геоцентрическое расстояние, а угловые размеры уменьшаются. Вскоре наступает стояние планеты, ее ретродвижение сменяется прямым, а затем наступает наибольшая западная элонгация. В это время видна половина диска планеты, а ее предутренняя видимость, как правило (но не всегда), достигает наибольшей продолжительности (поз.3).

После наибольшей западной элонгации планета приближается к Солнцу с запада (поз.4), ее элонгация уменьшается, фаза растет, геоцентрическое расстояние увеличивается, а продолжительность утренней видимости сокращается, и вблизи конфигурации, называемой верхним соединением с Солнцем (поз.5), планета становится не видимой невооруженному глазу. В верхнем соединении планета находится за Солнцем (севернее или южнее его), геоцентрическое расстояние максимальное, к Земле повернуто освещенное полушарие планеты.

Затем планета отходит к востоку (влево) от Солнца — начинается ее восточная элонгация, при которой геоцентрическое расстояние и фаза уменьшаются, а угловой диаметр возрастает. Планета заходит за горизонт после захода Солнца и видна по вечерам в западной области неба.

При наибольшей восточной элонгации (поз. 6) фаза — последняя четверть (выпуклость к западу, к Солнцу). Продолжительность вечерней видимости сокращается, снова наступает стояние, прямое движение сменяется на ретроградное и, наконец, происходит очередное нижнее соединение (поз.7).

Основные конфигурации нижних планет представлены на рис. VI.8. Стрелки по орбите планеты показывают совпадающую с направлением движения планеты последовательность смены ее конфигурации: 1 — нижнее соединение, 2 — наибольшая западная элонгация, 3 — верхнее соединение, 4 — наибольшая восточная элонгация.

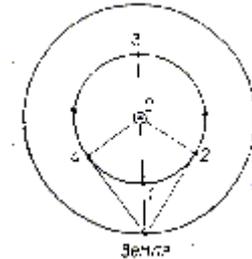


Рис. 6.8. Схема конфигураций нижних планет.

Промежуток времени между двумя одноименными конфигурациями называется синодическим периодом обращения и обозначается буквой S.

Для нижних планет

$$1/S = 1/T - 1/T_0$$

где T_0 — период обращения Земли;

T — период обращения нижней планеты вокруг Солнца.

Для Меркурия $T = 88$ сут, для Венеры — 225 дней. Подставив эти значения в формулу, получим: $S_{\text{♿}} = 116$ сут; $S_{\text{♀}} = 584$ дня.

Меркурий бывает ретроградным 3 раза в год, ретроградность длится 20–23 дня. Величина ретродуги составляет в среднем 12° . Если Меркурий начал ретродвижение в $15^\circ \square_b$, то он станет директным в $3 \square_b$.

Венера бывает ретроградной раз в 584 дня, ретроградность длится около 40 дней, а величина ретродуги составляет 16° .

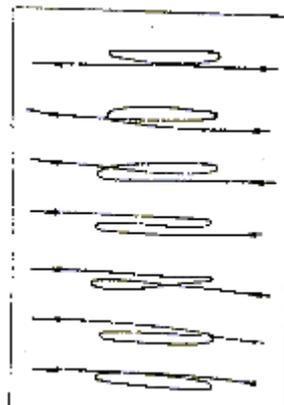


Рис. 6.9. Типы планетных петель.

На протяжении смены конфигураций диаметр диска Меркурия меняется от $5''$ до $12''$, а блеск от 3m до -2 m (ярче Сириуса). У Венеры, соответственно, от $10''$ до $63''$ и от $-2,7$ m до $-4,4$ m

Из-за эллиптичности планетных орбит наибольшие элонгации не имеют постоянного значения. У Меркурия они заключены от 18 (планета в перигелии) до 28 градусов (планета в афелии) при среднем значении примерно 23°, а у Венеры — от 45 до 48 градусов (среднее значение 46°). Обе планеты не отходят далеко от Солнца и поэтому ночью не видны.

В гороскопе Меркурий с Солнцем образует только соединение, а Венера — соединение, полусекстиль, полуквадрат. Максимальный аспект между Меркурием и Венерой 76°.

Продолжительность утренней и вечерней видимости для Венеры не превышает четырех часов, а для Меркурия — полутора часов, и эта планета часто видна только на фоне зари. Наилучшие условия вечерней видимости создаются весной, когда эклиптика по вечерам высоко поднимается над горизонтом, а утренней видимости — осенью, когда эклиптика занимает аналогичное положение по утрам.

Плотная атмосфера, окружающая Венеру, приводит к очень интересному явлению, которое не наблюдается ни у Луны, ни у Меркурия: когда Венера имеет фазу узкого серпа, то рога серпа необычайно удлиняются, и их концы иногда смыкаются друг с другом.

Видимые движения верхних планет

Верхние планеты движутся за орбитой Земли, и их скорость меньше скорости Земли.

В конфигурации, называемой соединением, планета находится за Солнцем несколько севернее или южнее его (поз.1). Если соединение произойдет вблизи узла орбиты планеты, то она пройдет за диском Солнца. Вблизи соединения планета восходит и заходит почти одновременно с Солнцем и поэтому не видна. Ее геоцентрическое расстояние наибольшее, диаметр диска наименьший.

Из-за движения Земли Солнце смещается по эклиптике к востоку быстрее планеты, которая, перемещаясь в том же направлении, отстает от Солнца к западу (поз.2) и становится видимой в восточной стороне неба незадолго до восхода Солнца. С увеличением западного удаления планета с каждым днем восходит раньше, продолжительность ее видимости возрастает, геоцентрическое расстояние уменьшается, а угловой диаметр увеличивается. Когда удаление достигает 90° , образуется конфигурация, называемая западной квадратурой (поз. 3), при которой планета восходит около полуночи. Перемещаясь в прямом направлении и постепенно отставая от Солнца, планета оказывается в противоположной ему стороне неба — наступает эпоха противостояния планеты (оппозиция).

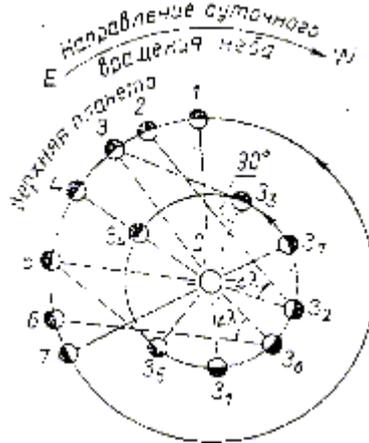


Рис. 6.10. Конфигурации верхних планет.

Эпоха противостояния наиболее благоприятна для наблюдений планеты: она восходит вечером, видна всю ночь, максимально сближается с Землей и поэтому имеет наибольший угловой диаметр. В эту эпоху Земля обгоняет планету, и с Земли кажется, что планета останавливается (стояние планеты), затем некоторое время перемещается ретроградно, снова останавливается и после этого продолжает прямое движение.

После оппозиции планета сближается с Солнцем (которое приближается к ней со стороны), располагается на небе восточнее (левее) него и видна по вечерам после его захода. С каждым днем заход планеты наступает раньше, ее геоцентрическое расстояние возрастает, а видимые размеры уменьшаются. Когда восточное удаление планеты от Солнца достигает 90° , конфигурация называется восточной квадратурой (поз.5), при которой планета заходит около полуночи. Наконец, она становится видимой уже на фоне вечерней зари, а затем скрывается в солнечных лучах — наступает очередное соединение с Солнцем (поз. 7).

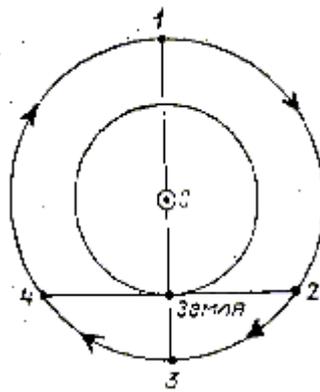


Рис. 6.11. Схема конфигураций верхних планет.

Основные конфигурации верхней планеты изображены на рис. VI.11, где стрелками показана последовательность их смены: 1 — соединение, 2 — западная квадратура, 3 — оппозиция, 4 — восточная квадратура. Эта последовательность противоположна направлению орбитального движения планеты.

Для верхних планет уравнение синодического периода имеет следующий вид:

$$1/S = 1/T_0 - 1/T.$$

Продолжительность синодических периодов верхних планет в днях следующая: для Марса 780; для Юпитера 398; для Сатурна 378; для Урана 369; для Нептуна 367; для Плутона 366.

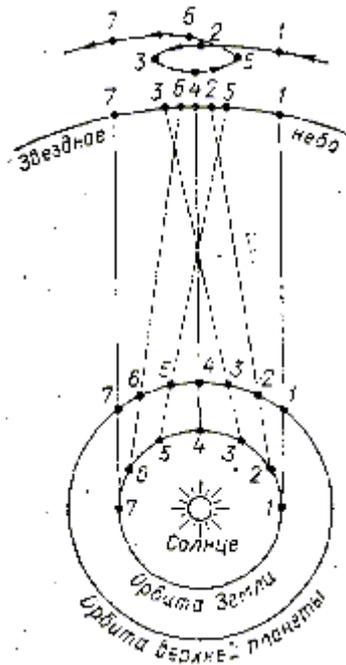


Рис. 6.12. Объяснение петлеобразного движения верхней планеты.

На рис. 6.12 одинаковыми цифрами отмечены положения Земли и планеты на звездном небе. Прямое движение планеты (1 → 2 → 3) сменяется ретроградным (3 → 4 → 5), затем снова становится прямым (5 → 6 → 7). В момент противостояния планета находится в середине дуги ретроградного движения (поз.4). Из-за наклона орбиты планеты ее видимый путь выглядит петлеобразным. Таким образом, петлеобразное движение планет не реальное, а лишь кажущееся, причем размеры петли обратно пропорциональны геоцентрическому расстоянию.

Величина ретроградных дуг в градусах следующая: для Марса 15; для Юпитера 10; для Сатурна 7; для Урана 4; для Нептуна 3; для Плутона 2.

Верхние планеты бывают ретроградными в некоторых пределах от положения оппозиции.

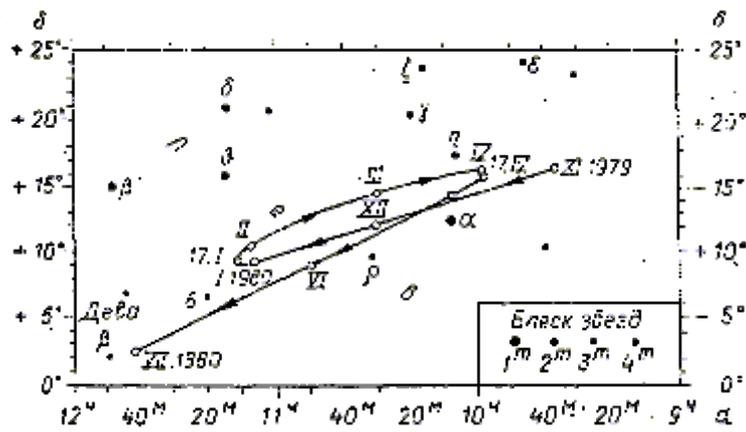


Рис. 6.13. Видимый петлеобразный путь Марса по созвездию Льва в 1979—1980 гг. (Римские цифры обозначают первые числа месяцев).

Планета начинает двигаться ретроградно, когда угол от планеты до Солнца составляет примерно: для Марса 133° , для Юпитера 114° , для Сатурна 110° , для Урана 103° , для Нептуна, Плутона 100° . Все верхние планеты, кроме Марса, ретроградны, если имеют тригон (или больший аспект) с Солнцем.

Марс бывает ретроградным в течение 80-и дней синодического периода, Юпитер — 120 дней, Сатурн — 138 дней, Уран — 154 дня, Нептун, Плутон — 160 дней.

Условия видимости верхних планет зависят от их расположения в зодиакальных созвездиях. Даже в эпохи противостояний эти условия резко различны: наилучшие бывают в зимние противостояния, когда планеты перемещаются по созвездиям Тельца, Близнецов и Рака, высоко поднимаются и большую часть суток видны над горизонтом, чему способствуют длинные зимние ночи. Летние противостояния самые неблагоприятные, т. к. наступают в созвездиях Скорпиона, Стрельца и Козерога, суточный путь которых над горизонтом сравнительно невелик, а короткие летние ночи сокращают время видимости планет.

Великие противостояния

Эллиптичность орбит сказывается на геоцентрических расстояниях планет, а следовательно, и на их блеске даже при одинаковых конфигурациях. У далеких планет изменение геоцентрического расстояния в различных противостояниях сравнительно невелико.

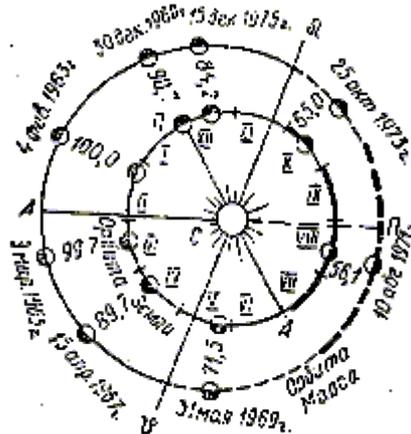


Рис. 6.14. Противостояния Марса. С — Солнце, Ω — линии узлов орбиты Марса.

Для близкого Марса, обращающегося по значительно вытянутой орбите ($e = 0,093$), различия в геоцентрических расстояниях существенны и колеблются от 100 млн.км до 55 млн.км. Оппозиции Марса, наступающие при геоцентрическом расстоянии, не превышающем 60 млн.км, называются великими противостояниями. В это время диаметр диска планеты увеличивается до $25''$, а блеск до $-2,6$ m.

Великие противостояния Марса повторяются дважды через 15 лет и затем через 17 лет, но в разных точках близкого к Земле участка его орбиты и возможны в интервале с 5 июля по 5 октября.

На рис. VI.14 изображены орбиты Марса и Земли, указаны геоцентрические расстояния Марса в миллионах километров при его оппозициях в разные годы и номера месяцев, в какие Земля проходит участки своей орбиты; утолщенной линией отмечены те участки обеих орбит, на которых бывают великие противостояния. Наиболее часто они наступают в августе и сентябре.

Противостояния Марса, 1986—2000 гг.

Год	Противостояние	Максимальное сближение с Землей	Видимый диаметр, угл.с (")	Звездная величина	Созвездие
1986	10 июля	16 июля	23,1	-2,4	Стрелец
1988	28 сентября	22 сентября	23,7	-2,6	Рыбы
1990	27 ноября	20 ноября	17,9	-1,7	Телец
1993	7 января	3 января	14,9	-1,2	Близнецы
1995	12 февраля	11 февраля	13,8	-1,0	Лев
1997	17 марта	20 марта	14,2	-1,1	Дева
1999	24 апреля	1 мая	16,2	-1,5	Дева

Противостояния Юпитера, 1985—2000 гг.

Дата	Диаметр, угл.с (")	Звездная величина
4 августа 1985	48,5	-2,3
10 сентября 1986	49,6	-2,4
18 октября 1987	49,8	-2,5
23 ноября 1988	48,7	-2,4
27 декабря 1989	47,2	-2,3
28 января 1991	45,7	-2,1
28 февраля 1992	44,6	-2,0
30 марта 1993	44,2	-2,0
30 апреля 1994	44,5	-2,0
1 июня 1995	45,6	-2,1
4 июля 1996	47,0	-2,2
9 августа 1997	48,6	-2,4
16 сентября 1998	49,7	-2,5
23 октября 1999	49,8	-2,5
28 ноября 2000	48,5	-2,4

Противостояния Сатурна, 1985—2000 гг.

Дата	Звездная величина	Дата	Звездная величина
15 мая 1985	+0,2	19 августа 1993	+0,5
27 мая 1986	+0,2	1 сентября 1994	+0,7
9 июня 1987	+0,2	14 сентября 1995	+0,8
20 июня 1988	+0,2	26 сентября 1996	+0,7
2 июля 1989	+0,3	10 октября 1997	+0,4
14 июля 1990	+0,3	23 октября 1998	+0,2
26 июля 1991	+0,3	6 ноября 1999	0,0
7 августа 1992	+0,4	19 ноября 2000	-0,1

Глава 7. Солнечная система

Общий обзор

В современной астрономии рассматривается девять планет. В зависимости от физических характеристик планеты подразделяют на две группы: планеты земной группы (♃, ♀, ☉, ♂), которые в астрологии называются личностными, и планеты-гиганты (♃, ♃, ♃, ♃). Самая далекая планета — Плутон — плохо изучена, и поэтому ее не относят ни к одной из групп.

Для планет земной группы характерны сравнительно небольшие размеры и масса, твердая поверхность, большая плотность. Планеты-гиганты обладают значительными размерами и массой, низкой плотностью. У них быстрое осевое вращение, у каждой большое количество спутников. Последняя группа подразделяется на две подгруппы. В одну входят Юпитер и Сатурн, в другую — Уран и Нептун.

Венера

Венера — вторая от Солнца планета, имеющая почти круговую орбиту. Ее поверхность недоступна оптическим наблюдениям с Земли, т. к. покрыта плотной атмосферой с облаками. Наличие атмосферы планеты было установлено М. В. Ломоносовым 6 июня 1761 г. во время прохождения Венеры по диску Солнца.

Масса Венеры равна 0,815 массы Земли, ее радиус 6052 км (0,95 радиуса Земли), а плотность 5,24 г/см³. Все эти параметры сходны с земными, что заставляет предполагать сходство и внутреннего строения Венеры и Земли.

Венера вращается вокруг своей оси в обратную сторону (с востока на запад) с периодом 243,16 сут, вокруг Солнца — с периодом 225 сут. Продолжительность венерианских суток составляет 117 земных. Венера обладает атмосферой, которая на 97% состоит из углекислого газа. Атмосферное давление у поверхности достигает 95 агм. Преобладающий в атмосфере углекислый газ создает на планете парниковый эффект, вследствие чего температура у поверхности составляет 480 °С. Поверхность планеты значительно сглажена по сравнению с поверхностью Луны и Земли, но на ней имеются горные хребты, кольцевые горы, кратеры и вулканы, равнины, низменности, разломы.

Вблизи экватора планеты обнаружен гигантский разлом в коре длиной 1500 км, шириной почти 150 м и глубиной до 2 км. Этот разлом свидетельствует о тектонических процессах в недрах планеты. Водных бассейнов на Венере нет. Отсутствуют у нее и магнитные поля, и естественные спутники.

Марс

Поверхность Марса хорошо видна в телескопы. Его диаметр равен 6794 км, или 0,533 диаметра Земли, масса 0,107 земной массы, средняя плотность составляет 3,94 г/см³. Планета вращается вокруг своей оси за 24 ч 37 мин 23 с. Вокруг Солнца Марс обращается за 627 сут.

Химический анализ марсианского грунта выявил в нем обилие оксидов железа, придающих поверхности планеты красноватый цвет.

У Марса имеется магнитное поле, в 500 раз более слабое, чем магнитное поле Земли. Атмосфера Марса крайне разрежена. Она на 95% состоит из углекислого газа. У поверхности планеты давление составляет 0,01 атм. Средняя годовая температура планеты близка к -60°C.

На планете имеются конусообразные вулканические горы с жерлами на вершинах и с застывшими потоками базальтовой лавы по склонам. Самая высокая гора -25 км — названа Снежным Олимпом. Это самая крупная гора во всей Солнечной системе.

У Марса два естественных спутника: Фобос и Деймос, открытые американским астрономом А.Холлом в августе 1877 г. Они видны лишь в сильные телескопы. Оба спутника имеют неправильную форму: размеры Фобоса 27 км x 21 км x 19 км, а Деймоса 15 км x 12 км x 8 км.

Спутники движутся в прямом направлении почти в плоскости экватора планеты. Фобос обращается вокруг Марса с периодом 7 ч 29 мин на среднем расстоянии 9400 км. За один оборот планеты вокруг оси он успевает более трех раз обойти планету. Среднее расстояние Деймоса от Марса составляет 23500 км, а период его обращения — 30 ч 18 мин. Есть предположение, что спутники полые и имеют искусственное происхождение.

Юпитер

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы. Его масса в 318 раз превышает массу Земли. Видимый диск Юпитера — это верхние слои его плотной, протяженной атмосферы. Даже в небольшие телескопы хорошо видно сжатие планеты, равное 1: 16. Значительное сжатие Юпитера объясняется быстрым вращением, имеющим зональный характер: экваториальная часть вращается с периодом 9 ч 50,5 мин, а умеренные зоны — с периодом 9 ч 55,7 мин. Это подтверждает газовую природу диска, на котором хорошо видны темные полосы и пятна красновато-бурых оттенков различной интенсивности.

Юпитер получает от Солнца в 27 раз меньше тепла, чем Земля, и верхние слои атмосферы, отражая 45% получаемой энергии, должны были бы иметь температуру -160°C . Но реальная их температура, измеренная «Пионером-10», оказалась близкой к -139°C , — горячие недра Юпитера излучают примерно в 2 раза больше тепла, чем он получает от Солнца. Жидкие недра и быстрое вращение планеты породили у нее магнитное поле, которое более чем в 50 раз сильнее земного.

В южном полушарии Юпитера выделяется большое устойчивое образование овальной формы розового цвета, известное под названием Красного пятна. Его размеры 35000 км x 14000 км, а интенсивность постоянно меняется, и бывают годы, когда оно плохо различимо.

Юпитер имеет очень тонкое кольцо, обращенное ребром к Земле, поэтому с Земли невозможно его наблюдать.

У Юпитера 16 спутников. Из них четыре — наиболее крупные, сравнимые по размерам и массе с Луной, — были открыты Галилеем в январе 1610 года. Они вращаются синхронно и обращаются вокруг планеты в плоскости ее экватора в прямом направлении по почти круговым орбитам.

Массы и плотности галилеевых спутников

Спутник	Ио	Европа	Ганимед	Каллисто
Масса, г	$8,92 \times 10^{25}$	$4,87 \times 10^{25}$	$14,90 \times 10^{25}$	$10,75 \times 10^{25}$
Средняя плотность г/см^3	3,55	3,04	1,93	1,83

По размерам Ганимед больше Меркурия, а Каллисто почти равен ему. Спутник Ио — единственный в Солнечной системе вулканически активный спутник: на нем обнаружено семь действующих вулканов, выбрасывающих вещество на высоту до 200 км. Недра Ио разогреваются приливным действием со стороны Юпитера, электрическими токами, возникающими в недрах спутника при его движении в магнитном поле Юпитера.

Четыре галилеева спутника Юпитера испытывают довольно большие взаимные возмущения. Движения галилеевых спутников по орбитам почти строго резонансные. Периоды их обращения связаны соотношениями:

$$T_1/T_2 \approx 2; T_2/T_3 \approx 2; T_4/T_3 \approx 3/7.$$

Эти соотношения между периодами остаются неизменными с 1610 года.

Два ближайших к Юпитеру спутника, небольшие тела Метис и Адрастея, имеют неправильную форму. Их орбиты проходят по внешнему краю кольца Юпитера. По-видимому, они играют важную роль в формировании его внешней границы.

<i>Название или обозначение</i>	<i>Радиус орбиты, тыс. км</i>	<i>Орбитальный период, сут</i>	<i>Эксцентриситет орбиты</i>	<i>Наклонение орбиты к экватору планеты</i>	<i>Радиус спутника, км</i>	<i>Год открытия</i>
XVI (Метис)	127,96	0,295	(0)	(0)	20	1979
XV (Адрастея)	128,98	0,298	(0)	(0)	12x10x8	1979
Амальтея	181,3	0,498	0,003	0,45	135x85x75	1892
Теба	221,4	0,675	0,013	(0,9)	55x45	1979
Ио	421,6	1,769	0,004	0,04	1815	1610
Европа	670,9	3,551	0,009	0,47	1569	1610
Ганимед	1 070	7,155	0,002	0,21	2631	1610
Каллисто	1 880	16,689	0,007	0,51	2400	1610
Леда	11 094	238,7	0,148	26,1	(5)	1974
Гималия	11 480	250,6	0,158	27,6	(90)	1904
Лиситея	11 720	259,2	0,107	29	(10)	1938
Элара	11 737	259,7	0,207	24,8	(40)	1904
Ананке	21 200	631	0,17	147	(10)	1951
Карме	22 600	692	0,21	164	(15)	1938
Пасифае	23 500	735	0,38	145	(20)	1908
Синопе	24 700	758	0,28	153	(15)	1914

Третий спутник, Амальтея, также неправильной формы, имеет размеры $135 \times 85 \times 75$ км, причем его большая ось, как и у других близких спутников, постоянно направлена на центр Юпитера. Высказывается предположение, что существовал еще один гигантский спутник, процесс разрушения и потеря массы которого происходили особенно быстро. То немногое, что осталось от него, — нынешняя Амальтея.

Еще один небольшой спутник, Теба, радиусом около 50 км, движется по орбите, лежащей между орбитами Ио и Амальтеи.

Вторая группа спутников находится значительно дальше от Юпитера, чем галилеевы спутники, — на расстоянии около 12 млн. км. Период их обращения близок к 250 сут. В эту группу входят пять спутников. Все они очень малы и, кроме особенностей движения и названий, о них мало что известно.

Наконец, есть третья группа из четырех спутников. Направление их движения обратное.

Расстояние до Юпитера около 23 млн.км, а период обращения — около двух земных лет.

Сатурн

Эта планета более других планет-гигантов похожа на Юпитер. Масса Сатурна в 95 раз превышает земную, экваториальный радиус в 9,4 раза больше земного, а сжатие составляет 1:10. Средняя плотность равна 0,71 г/см³. Период обращения вокруг Солнца 29,46 лет, а вокруг своей оси — 10 ч 14 мин для экватора и 10 ч 39 мин для умеренных поясов.

Атмосфера Сатурна отражает 45% поступающего от Солнца тепла, и температура диска планеты должна была быть порядка -190 °С, но она близка к -170 °С, т. к. из недр планеты поступает в 2 раза больше тепла, чем от Солнца.

Кольцо, хорошо видимое с Земли даже в небольшие телескопы, открыто Х.Гюйгенсом в 1656 г. Оно состоит из семи по структуре концентрических широких плоских колец, из которых три видны отдельно в более мощные телескопы. Кольца расположены в плоскости экватора планеты и отдалены друг от друга темными промежутками. Четкий промежуток между внешним кольцом и наиболее ярким средним кольцом называется щелью, или делением Кассини (по имени французского астронома Д.Кассини, открывшего этот промежуток в 1675 г.).

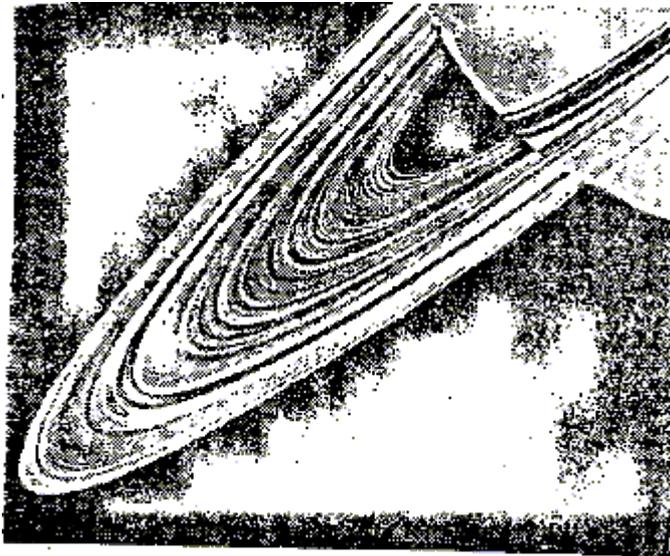


Рис. 7.1. Тонкая структура колец Сатурна (Фото «Вояджера-1»)

Доказано, что кольца не сплошные, а имеют метеоритную структуру, т. е. состоят из множества твердых частиц различных размеров. Размеры большинства частиц не превышают нескольких сантиметров, но наиболее крупные достигают 10 м. Толщина колец около 2 км. Сохраняя свое направление в пространстве, кольца через каждые 14,7 лет (половина периода обращения Сатурна вокруг Солнца) бывают повернуты к Земле ребром и не видны; только их тень узкой темной полоской падает на диск планеты. Это явление называется исчезновением колец Сатурна. Последнее исчезновение колец было в 1994 г.

Спутники Сатурна

Название или обозначение	Радиус орбиты, тыс. км	Орбитальный период, сут	Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты к экватору планеты	Радиус спутника, км	Год открытия
S XV (Атлас)	137,67	0,602	0,002	0,3	(19x13)	1980
1980 S 27	139,35	0,613	0,004	0	70x50x37	1980
1980 S 26	141,70	0,629	0,004	0,1	53x42x33	1980
Янус	151,47	0,695	0,007	0,1	110x95x80	1966
Эпиметий	131,42	0,694	0,009	0,3	70x57x50	1966
Мимас	158,54	0,942	0,020	1,52	196	1789
Энцелад	238,04	1,370	0,004	0,02	250	1789
Тефия	294,67	1,888	0	1,86	530	1684
Телесто	294,67	1,888	—	—	(12x11)	1980
Калипсо	294,67	1,888	—	—	15x12x8	1980
Диона	377,42	2,737	0,002	0,02	560	1684
1980 S 6	377,42	2,737	0,005	0,2	(18X15)	1980
Рея	572,04	4,518	0,001	0,35	765	1672
Титан	1221,86	15,945	0,029	0,33	2575	1655
Гиперион	1481,1	21,277	0,104	0,43	175x117x100	1845
Япет	3561,3	79,331	0,028	(7,52)	730	1671
Феба	12954	550,4	0,163	175	110	1898

В настоящее время Сатурн является рекордсменом по числу спутников, — их у него 17. Некоторые из них имеют среднюю плотность 1,0 г/см³, что больше соответствует водяному льду. Самый крупный спутник Сатурна — Титан — по своей величине превосходит планету Меркурий. Самым замечательным представляется тот факт, что у Титана есть толстый слой атмосферы, состоящий главным образом из азота с некоторой примесью метана. Атмосферное давление на Титане не намного больше, чем на Земле, зато температура всего -180 °С. При такой температуре метан существует как в виде газа, так и в виде жидкости, а также как твердое вещество — в зависимости от конкретных местных условий.

Титан в некотором смысле похож на Землю: там может быть дождь, и снег, и океаны, и реки. Разница лишь в том, что все это состоит не из воды, а из метана.

Классические спутники Сатурна

Название	Масса, г	Средняя плотность г/см ³	Альбедо
1. Мимас	$3,8 \cdot 10^{22}$	1,2	0,6
2. Энцелад	$7,2 \cdot 10^{22}$	1,1	1,0
3. Тефия	$6,2 \cdot 10^{23}$	1,0	0,8
4. Диона	$1,0 \cdot 10^{24}$	1,4	0,6
5. Рея	$2,4 \cdot 10^{24}$	1,3	0,6
6. Титан	$1,4 \cdot 10^{26}$	1,9	-
7. Гиперион		-	0,3
8. Япет	$2,0 \cdot 10^{24}$	1,2	0,5/0,05
9. Феба		-	0,05

Первый из классических спутников — Мимас. Обращает на себя внимание относительно большая глубина метеорных кратеров, которые покрывают всю поверхность Мимаса (подобно поверхности Луны и Меркурия).

Энцелад — круглое тело диаметром 500 км с плотностью 1,1 г/см³ и очень светлой поверхностью. Тефия — один из самых больших и близких к планете спутников. Поверхность Тефии усеяна метеоритными кратерами. Специалисты указывают на следы ранней, очень древней активности, когда недра этого ледяного спутника замерзали и расширялись, ломая кору. В этих процессах поверхность Тефии увеличилась примерно на 10%.

Незначительна по размерам Диона. Расстояние от нее до центра Сатурна 377 тыс.км — как расстояние Луны от Земли. У Дионы отражательная способность на светлых участках близка к 100%. Именно это свойство облегчает наблюдение за спутником наземными средствами.

У всех спутников движение прямое, и только самый далекий, девятый спутник — Феба — движется в обратном направлении с периодом 550 дней.

Уран

13 марта 1781 г. Уильям Гершель, пользуясь самодельным телескопом, случайно открыл новую планету. Открытие Гершеля прославило его на весь мир. Вначале астрономы никак не могли выбрать имя для новой планеты, но в конце концов назвали ее Ураном. Согласно классической мифологии Уран — дедушка Юпитера.

Радиус Урана равен 26200 км. Его масса составляет почти 14,6 земной массы; средняя плотность 1,71 г/см³. Плоскость экватора планеты образует с плоскостью орбиты угол 82°, но т. к. планета (как и Венера) вращается в обратном направлении, то наклон оси ее вращения считается равным 98°. Считалось, что период вращения Урана — 10 ч 49 мин, но с помощью «Вояджера» (24.01.1986 г.) эти сведения были уточнены. Период вращения Урана составляет 17 ч 14 мин. Период обращения планеты вокруг Солнца — 84 года.

В марте 1977 и в апреле 1978 г. у Урана были обнаружены очень узкие (около 10 км) кольца. Они обращаются в плоскости экватора и отделены друг от друга широкими промежутками.

Астрономы предполагают, что вскоре после образования Солнечной системы произошло столкновение Урана с другой планетой. Не исключено, что в результате этой коллизии Уран был опрокинут набок.

Главные спутники Урана.

Название	Масса (предварит. знач.), г	Средняя плотность, г/см ³	Альбедо (предварит. знач.)
Миранда	$7,3 \times 10^{22}$	$1,26 \pm 0,39$	0,33
Ариэль	$1,4 \times 10^{24}$	$1,65 \pm 0,30$	0,46
Умбриэль	$1,3 \times 10^{24}$	$1,44 \pm 0,28$	0,18
Титания	$3,3 \times 10^{24}$	$1,59 \pm 0,09$	0,27
Оберон	$2,9 \times 10^{24}$	$1,50 \pm 0,10$	0,24

Вокруг Урана вращается пять больших спутников и десять маленьких (они были открыты «Вояджером»).

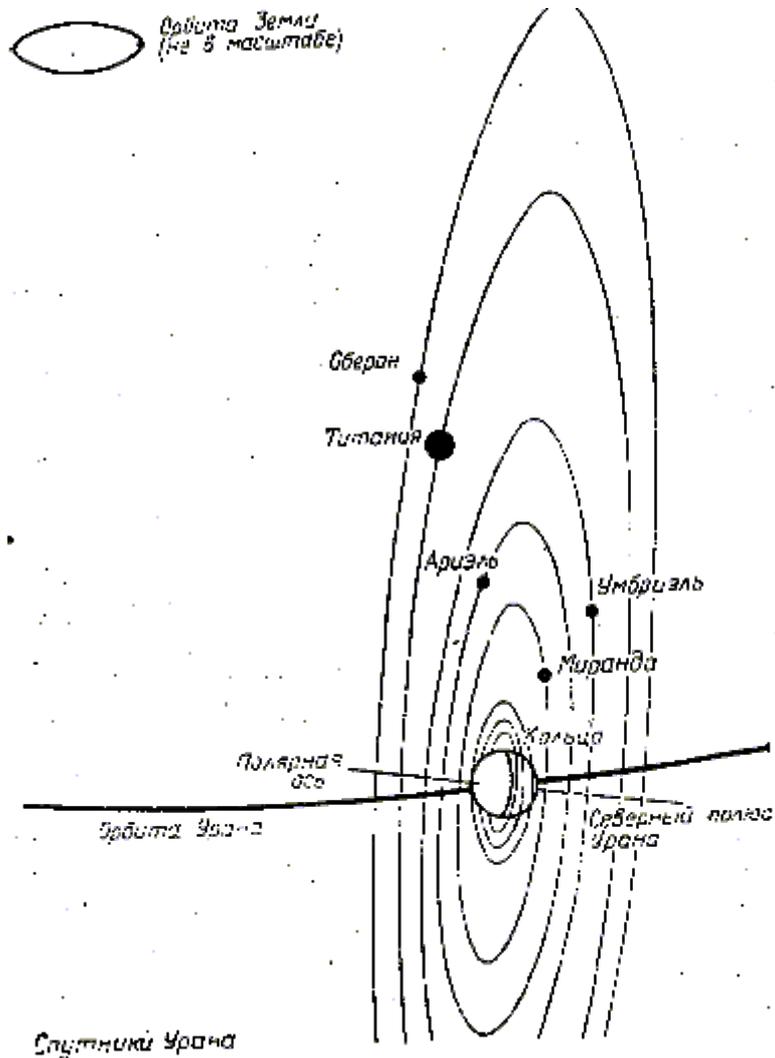


Рис. 7.2. Спутниковая система Урана.

Самый удивительный спутник — Миранда — имеет в поперечнике около 500 км. Поверхность Миранды поражает разнообразием долин, ущелий и крутых скал. Кажется, что Миранда сплавлена из трех или четырех огромных каменных обломков. Возможно, они представляют собой останки прежнего спутника, некогда столкнувшегося с астероидом, а теперь сумевшего вновь собрать воедино свои обломки.

<i>Название или обозначение</i>	<i>Радиус орбиты, тыс. км</i>	<i>Орбитальный период, сут</i>	<i>Эксцентриситет орбиты</i>	<i>Наклонение орбиты к экватору планеты</i>	<i>Радиус спутника, км</i>	<i>Год открытия</i>
1986 U 7	49,1	0,33	—	—	15	1986
1986 U 8	53,1	0,37	—	—	25	1986
1986 U 9	58,8	0,43	—	—	50	1986
1986 U 3	61,4	0,46	—	—	80	1986
1986 U 6	62,4	0,47	—	—	50	1986
1986 U 2	64,1	0,49	—	—	80	1986
1986 U 1	65,8	0,51	—	—	95	1986
1986 U 4	69,6	0,56	—	—	50	1986
1986 U 5	74,7	0,62	—	—	50	1986
1985 U 1	85,6	0,76	—	—	160x168	1985
Миранда	128,8	1,41	0,027	4,22	480	1948
Ариэль	190,2	2,52	0,003	0,31	1161	1851
Умбриэль	265,1	4,14	0,005	0,36	1185	1851
Титания	434,0	8,71	0,002	0,14	1586	1787
Оберон	581,9	13,46	0,001	0,10	1546	1787

Нептун

Еще одна новая планета, Нептун, была обнаружена в 1846 г. в результате тщательных, планомерных поисков. В течение многих лет астрономов приводило в недоумение, что Уран постоянно отклоняется от своего пути. В 1845 г. Д. К. Адамс и Д. Чаллис работали вместе в обсерватории Кембриджского университета. Новая планета была зафиксирована ими. Почти в то же самое время французский астроном У. Леверье пытался убедить ученых парижской обсерватории начать поиски невидимой планеты. С этой же целью он написал письмо в Берлинскую обсерваторию. В ту самую ночь, когда И. Г. Галле получил это письмо (23.09.1846 г.), он обнаружил предсказанную планету в том самом месте, которое было определено Леверье путем вычислений. Планету назвали Нептуном в честь древнеримского морского бога.

У Нептуна радиус равен 24300 км, масса составляет 17,2 земной массы, средняя плотность 1,72 г/см³. Вокруг Солнца планета обращается за 164,8 лет. После пролета «Вояджера-2» мимо Нептуна (24.08.1989) был точно определен период обращения планеты вокруг оси. Он составляет 17 ч 52 мин. Поскольку Нептун в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля, солнечный свет, достигающий его поверхности, чрезвычайно слаб, и температура на Нептуне равна -213°С. Однако здесь немного теплее, чем на Уране, хотя Уран и ближе к Солнцу. Это объясняется тем, что у Нептуна имеется внутренний источник тепловой энергии, который дает 3 раза больше тепла, чем планета получает от Солнца.

У Нептуна два спутника. Крупный и близкий Тритон движется в обратном направлении по круговой орбите. Нереида — небольшое небесное тело, движущееся по орбите, имеющей фантастический эксцентриситет 0,75 (это более подходит для комет). Тритон — один из самых крупных спутников солнечной системы, он входит в группу таких гигантов, как Титан и Ганимед.

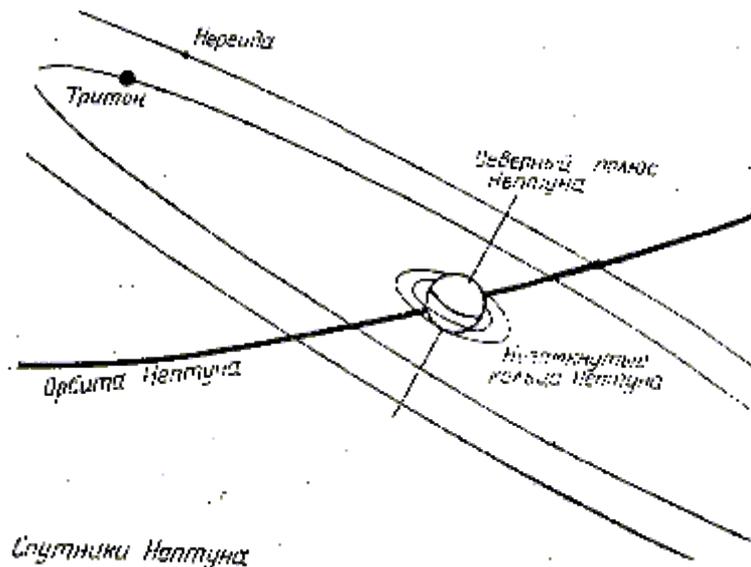


Рис. 7.3. Схема орбит спутников Нептуна.

Особенности в движении Тритона наводят на мысль о его предстоящей судьбе. Потери энергии в приливном взаимодействии с Нептуном не проходят для него бесследно. Тритон по спирали постепенно приближается к Нептуну. По оценкам, через 10–100 млн. лет приливные силы разорвут его на части. Во что превратятся останки Тритона?

В 1985 г. у Нептуна было открыто кольцо. Кольцо разомкнуто и состоит из трех частей.

Спутники Нептуна и система Плутон-Харон.

<i>Название или обозначение</i>	<i>Радиус орбиты, тыс. км</i>	<i>Орбитальный период, сут</i>	<i>Эксцентриситет орбиты</i>	<i>Наклонение орбиты к экватору планеты</i>	<i>Радиус спутника, км</i>	<i>Год открытия</i>
Тритон	3555,3	5,877	0,001	159	(1750)	1846
Нереида	5510	360,21	0,75	27,6	(200)	1949
Плутон					≤1850	1930
Харон	19,3	6,387	—	—	≥600	1978

Плутон и Харон

Наблюдая в начале XX в. орбиту Нептуна, ученые пришли к выводу, что, возможно, существует еще одна, еще более удаленная планета. Более 20 лет поиски не приносили результата. Позднее в 1930 г. молодой астроном К.Томбо сообщил об открытии в результате тщательных исследований очень слабо видимой планеты. Диаметр Плутона составляет 2324 км. Орбита очень сильно вытянута. В перигее расстояние до Солнца 4425 млн.км, а в апогее — 7375 млн.км.

В 1979 г. Плутон пересек орбиту Нептуна и теперь находится ближе к Солнцу, чем Нептун. Это продлится до 1999 г. На фотографиях, сделанных в 1978 г., Плутон выглядел вытянутым наподобие яйца. Самые отчетливые снимки показали, что он имеет спутник, который назвали Хароном. Их разделяет 20000 км и они похожи скорее на пару планет-близнецов. По подсчетам масса Плутона составляет 0,0022 от массы Земли.

Вокруг своей оси Плутон вращается за 6 дней 9 ч 17 мин, вокруг Солнца — за 248 лет. Температура его поверхности -230°C .

Астероиды

В 1772 г. берлинский астроном Э.Бодде опубликовал эмпирическую закономерность в планетных расстояниях, открытую в 1766 г. виттенбергским математиком И.Тициусом и ныне известную как правило Тициуса-Бодде. Это правило позволяло представить средние гелиоцентрические расстояния планет, выраженные в астрономических единицах (а.с.), приближенной формулой:

$$a = 0,3 \times 2^n + 0,4.$$

Это видно из табл. 6, в которой в скобках указаны планеты, открытые после опубликования правила.

Гелиоцентрические расстояния планет.

Планеты	n	Расстояние от Солнца		Дата открытия
		вычисленное a. (а. е.)	реальное a. (а. е.)	
Меркурий	— ∞	0,4	0,387	
Венера	0	0,7	0,723	
Земля	1	1,0	1,000	
Марс	2	1,6	1,524	
(Астероиды)	3	2,8	(2,77)	(1.1—1801 г.)
Юпитер	4	5,2	5,203	
Сатурн	5	10,0	9,539	
(Уран)	6	(19,6)	(19,182)	(13.3—1781 г.)
Нептун	7	38,8	30,07	
Плутон	8	77,2	39,44	

Гелиоцентрическое расстояние Урана, открытого в 1781 г., соответствовало этому правилу, и поэтому с 1789 г. начались поиски планеты, которая должна была находиться между Марсом и Юпитером на среднем расстоянии, $a = 2,8$ а.с. от Солнца. На конгрессе астрономов в 1796 г. был принят проект ее поисков. Спустя пять лет итальянцем Пiacци был открыт первый астероид (звездopodobный, т. к. не видно диска) Церера (1.01.1801 г.), авскоре немецким астрономом Г. Ольбсрсом — второй астероид — Паллада.

К началу 1994 г. число астероидов с надежно установленными параметрами орбит, получивших постоянные номера, приблизилось к 3000. Вновь открытым астероидам присваивают порядковый номер и имя. Предварительное обозначение астероида состоит из года открытия и двух латинских букв: например, 1980 OA. Первая буква — это номер полумесяца, в котором открыт астероид (в нашем случае — вторая половина февраля). Вторая буква — порядковый номер открытия в этом полумесяце.

Буквы отсчитываются по порядку английского алфавита, но для первой буквы не используются I и Z, т. к. полумесяцев 24, а букв в алфавите 26. Букву I не используют и для второй буквы, чтобы не путать с цифрой 1.

Когда-то астероидам присваивали женские имена сперва из греческой, затем из египетской и скандинавской мифологий. Исчерпав их, перешли к обычным женским именам, а затем к названиям цветов, стран, городов и обсерваторий и, наконец, стали называть в честь героев, выдающихся ученых и деятелей культуры. Сейчас есть агентства, где можно купить право назвать астероид как вам угодно. Раньше имени малой планеты приписывалось окончание женского рода, теперь это стало необязательным.

Астероидам, орбиты которых выделяются какими-то особенностями, присваивают мужские имена, как правило, из греческой мифологии.

Около 98% всех астероидов движутся по орбитам на среднем расстоянии от Солнца от 2,1 до 4,3 а.е. Эту область околосолнечного пространства называют поясом астероидов. Средние эксцентриситеты орбит астероидов составляют 0,15, а наклоны к плоскости эклиптики $i = 9^\circ$. Орбиты некоторых астероидов обладают большими эксцентриситетами и большим наклоном к плоскости эклиптики.

Астероид	a, а.е.	e	i, град	q, а.е.	Q, а.е.
Икар	1,08	0,826	23,0	0,19	1,97
Гермес	1,29	0,474	4,6	0,68	1,90
Эрос	1,46	0,223	10,8	1,13	1,79
Адонис	1,97	0,778	1,5	0,44	3,50
Ганимед	2,66	0,540	26,3	1,22	4,10
Гидальго	5,82	0,656	42,5	2,00	9,64

Структура кольца астероидов определяется в основном возмущениями планет, заметно изменяющими орбиты астероидов. В распределении перигеев орбит четко выражена концентрация в направлении перигея Юпитера — указание на преобладающую роль возмущений, вызываемых Юпитером. Орбита астероида располагается так, чтобы возмущения были минимальными.

Характерно, что практически отсутствуют астероиды, у которых периоды обращения вокруг Солнца соизмеримы с периодом обращения Юпитера. Такие астероиды называются резонансными. Почти или полностью отсутствуют резонансные астероиды с отношением периодов $P_a / P_{Ю} = 1:2, 1:3, 1:4, 2:5, 3:7$.

Иная картина наблюдается в ближней к Юпитеру части кольца. Гравитационным воздействием Юпитера из этой зоны выброшены все астероиды, кроме резонансных. Отношение периодов, близкое к отношению 2:3, у астероидов группы Гильды, 3:4 — астероид Туле, 1:1 — у двух групп астероидов: Троянцев и Греков, совершающих либрационное движение вокруг Лагранжевых точек L_4 и L_5 (см. рис. VII.4).

Общее число астероидов с диаметрами $d > 25$ км, движущихся вблизи точки L_4 , составляет примерно 700, а вблизи точки L_5 — 200. Причем обе группы движутся на угловом расстоянии 60° от Юпитера, но одна впереди него, а другая — за ним.

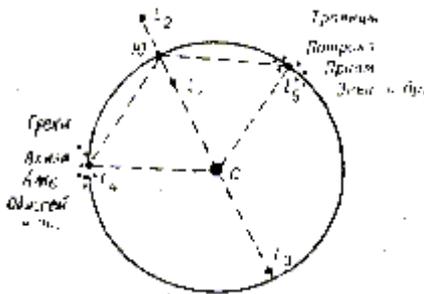


Рис. 7.4. Две группы астероидов (Троянцы и Греки), находящиеся от Юпитера на расстояниях, равных расстоянию от Солнца (вблизи так называемых треугольных либрационных точек Лагранжа L_4 и L_5). Движение астероидов в этих случаях условно.

Известно около 50-и астероидов, имеющих большие эксцентриситеты орбит и малые перигейные расстояния. Перигелии астероидов группы Аполлона расположены внутри орбиты Земли, а группы Амура — между орбитами Земли и Марса, причем половина из них в результате возмущений также может попадать внутри орбиты Земли.

Согласно оценкам ожидаемое число всех астероидов этих групп с диаметрами более 1 км и орбитами, скрещивающимися с орбитой Земли, должно превышать 1300. Они должны падать на Землю, образуя кратеры диаметром примерно 10 км, в среднем 1 раз в 100000 лет.

Размеры астероидов оценивают по их блеску и альбедо. Раньше альбедо принималось равным среднему значению, полученному для крупнейших астероидов из прямых измерений их диаметров. В 70-х годах нашего столетия были применены новые методы определения альбедо и диаметров

астероидов. Для крупнейших астероидов значения альbedo оказались существенно меньше найденных прежде. Следовательно, размеры астероидов больше, чем считалось (см. табл. 7).

Приведенная в табл. 7 классификация астероидов основана на значениях их спектров и альbedo. К классу С относят наиболее темные астероиды с альbedo $A_v < 0,065$, к классу S — астероиды с альbedo $0,065 < A_v < 0,23$, обладающие свойствами каменистого вещества с небольшим количеством металлов. Те же значения альbedo у класса М (в таблице не представлены), но последние обнаруживают поляризационные свойства, характерные для металлов и, вероятно, содержат большую их примесь в поверхностном слое.

Классификация астероидов.

№	Название	Клас с	Диаме тр, км	№	Название	Класс	Диаметр, км
1	1 Церера	С	1003	17	532 Геркулина	S	246
2	2 Паллада	С	608	18	24 Фемида	С	234
3	4 Веста	С	538	19	95 Аретуза	С	230
4	10 Гигия	С	450	20	45 Евгения	С	226
5	31 Ефросина	С	370	21	13 Эгерия	С	224
6	704 Интерамния	С	350	22	19 Фортуна	С	215
7	511 Давида	С	323	23	107 Камилла	С	211
8	65 Кибела	С	309	24	409 Аспазия	С	211
9	52 Европа	С	289	25	88 Тисбе	С	210
10	451 Пациенция	С	276	26	7 Ирис	S	209
11	15 Эвномия	S	272	27	747 Винчестер	С	205
12	16 Психея	М	250	28	702 Алауда	С	205
13	48 Дорис	С	250	29	41 Дафна	С	204
14	92 Ундина	С	250	30	6 Геба	С	201
15	3 Юнона	S	247	31	241 Германия	С	200
16	324 Бамберга	С	246				

Среди астероидов крупнее 100 км астероиды классов С, S и М составляют соответственно 75%, 15%, 4% их общего числа.

Происхождение астероидов и Хирон

Исследуя природу, человек все более убеждается, что в ней все закономерно, все разложено по полочкам, а не хаотично, ибо хаос есть разрушение.

Рассматривая таблицу расстояний до планет (Закон Тициуса-Боде), можно заметить, что для $n=7$ расстояние соответствует 38,8 а.е. На этом расстоянии находится Плутон, а Нептун вообще не вписывается в эту закономерность. Возможно, этот факт говорит в пользу гипотезы о том, что Плутон когда-то был спутником Нептуна, а после какой-то катастрофы орбита Нептуна изменилась, Плутон покинул поле притяжения Нептуна и стал девятой планетой.

Наиболее доказательными были бы экспериментальные наблюдения небесных тел, которые могут вызывать подобные катастрофы. Среди астероидов с необычной орбитой выделяется небесное тело Хирон, который в каталоге астероидов значится под № 2060. Размеры его велики — около 600 км.

В афелии Хирон уходит за орбиту Урана, а в перигелии заходит внутрь орбиты Сатурна.

Исследования показали, что в некоторых (очень редких) случаях астероид способен даже проходить сквозь систему спутников Сатурна, что может вызвать значительные изменения орбит небольших небесных тел. Есть предположение, что Хирон — далеко не единственное самостоятельное крупное тело в этой части Солнечной системы: не исключено, что где-то поблизости расположен второй пояс астероидов. Если будут обнаружены такие же объекты в окрестностях Нептуна, «катастрофическая» гипотеза получит дополнительную поддержку.

Вернемся к поясу астероидов. Г. Ольберс вскоре после открытия им Паллады высказал гипотезу об образовании астероидов в результате распада существовавшей ранее планеты. Другая гипотеза, высказанная О.Шмидтом, говорит об обратном, а также о том, что процесс формирования планеты в поясе астероидов был приостановлен гравитационными возмущениями Юпитера.

Человек проводит аналогии с природой. Календари разных народов в большинстве состоят из 360-и дней (+ 5 дней). Почему круг разделен на 360 градусов, а не на 1000, 750, 720 и т. д.? По числу дней в году?

Но в году 365 дней, и древние ошибиться не могли. Ведь древние цивилизации обладали знаниями, которые нам не доступны (например, толщина раствора между камнями египетских пирамид равна толщине сигаретной бумага, — даже современными способами невозможно получить таких размеров).

Древний авестийский циклический календарь был основан на цикле обращения Сатурна — 32 года. Сейчас цикл обращения Сатурна составляет 29,5 лет. Что же произошло? Во время разрушения Фэтона баланс гравитационных сил солнечной системы изменился, и планеты перешли на другие орбиты? Нижние планеты (от Фэтона) отделились от Солнца, а остальные подтянулись к нему, вследствие чего и изменились периоды обращения: Земли — вместо 360 дней — 365, Сатурна — вместо 32 лет — 29,5 лет?

Это всего лишь мои размышления.

Поговорим о Хироне. Он был открыт в 1977 г. Чарльзом Ковалом, а вскоре его изображения были обнаружены на старых снимках неба — 1976, 1962, 1941 и... 1895 г. Орбита Хирона относится к классу нестационарных. На такой орбите тело не может существовать долго, т. к. оно очень близко подходит к Юпитеру и Сатурну и испытывает сильные возмущения. Рано или поздно Хирон будет выброшен из солнечной системы либо будет захвачен Сатурном или Юпитером и станет спутником одной из этих планет.

Некоторые аспекты астрологии

С антропософской точки зрения каждая планета имеет свое духовное тело, и на нас влияет именно оно, а не физическая сущность планеты.

После смерти, когда душа поднимается в духовные миры, она оставляет долги на планетах (невыполненные задачи по принципам планет), а при рождении собирает их, а также берет на себя новые задачи, которые предстоит выполнить.

Сначала все происходит на тонком плане, а затем опускается на физический. Так происходит и с открытием планет. Когда человечество способно воспринять импульсы планеты, тогда эту планету открывают.

Например, история открытия Хирона. Около 90 лет его никто не замечал, но с приближением эпохи Водолея зафиксировали Хирон, который символизирует выбор, синтез, совмещение крайностей.

Возникает вопрос: почему именно Хирону придают такое важное значение? Орбита Хирона лежит между Сатурном и Ураном. Уран — единственная планета, которая вращается, лежа на боку. Сатурн — последняя видимая планета, — отсюда и ограничение, сжатие. Фактически орбита Хирона разделяет видимые и не видимые невооруженным глазом планеты. Этим обусловлены качества Хирона.

Кометы всегда предвещают какие-то катаклизмы. Они приходят из тьмы, очищаются Солнцем, затем уходят и, возвращаясь, ставят ту же задачу, но на другом, более высоком уровне, а выполнив свою задачу — разрушаются.

Поразмышляйте, — и вы многое поймете, сумеете провести связующие нити между астрономией и астрологией.

Кометы

Хвостатые или волосатые светила — кометы — с древних времен привлекали к себе внимание быстрым перемещением среди звезд по небу и изменениями своего внешнего вида.

Действительно, у ярких комет, видимых невооруженным глазом, хвост имеет протяженность в несколько градусов. Яркие кометы появляются сравнительно редко (в среднем одна комета за 10–15 лет) и, как правило, видны лишь в одном небесном полушарии. Слабые по блеску кометы (вплоть до 18^m–19^m) появляются часто, — на фотографиях звездного неба ежегодно обнаруживают несколько комет.

На принадлежность комет к солнечной системе впервые указал английский астроном Э.Галлей. Вычислив элементы орбит 24-х ярких комет, появлявшихся с 1337-го по 1698-й год, он обнаружил сходство орбит комет, которые были замечены в 1531-м, 1607-м, 1682-м годах. Галлей пришел к выводу, что в эти годы появлялась одна и та же комета, обращавшаяся вокруг Солнца по эллиптической орбите с периодом в 76 лет. Его предсказание о появлении этой кометы подтвердилось: комета была обнаружена 25 декабря 1758 г. С тех пор она носит имя Галлея.

Кометы можно обнаружить лишь в относительной близости к Солнцу. В обозначение кометы входят: номер года, в котором она прошла перигелий (если в данный год появлялось несколько комет — добавляется римская цифра, показывающая очередность прохождения перигелия); фамилия первооткрывателей кометы (но не более трех). Цифра, стоящая после фамилии, означает очередной номер кометы, открытой этим наблюдателем.

Например, обозначение 1916 II Неуймина-2 расшифровывается: комета прошла перигелий в 1916 г. второй по счету; открыта Неуйминым. Это вторая комета, открытая им.

Кометы движутся по орбитам с самыми различными эксцентриситетами и наклонениями. Их движение бывает как прямым, так и обратным. Эллиптические орбиты многих комет очень вытянуты и трудно отличимы от параболы. Такие кометы удаляются от Солнца на тысячи а.е., и периоды их обращения составляют десятки и сотни тысяч лет.

Среди наблюдавшихся комет были и такие, которые не принадлежали солнечной системе, прошли вблизи Солнца по параболическим или гиперболическим орбитам и ушли в межзвездное пространство.

Кометы, принадлежащие солнечной системе, называются периодическими. Они подразделяются на долгопериодические (период обращения $T > 20$ –25 лет) и короткопериодические ($T < 20$ лет). Среди долгопериодических есть яркие и слабые кометы, а все короткопериодические — только слабые.

Свыше 90 короткопериодических комет с периодами обращения от 4,9 года до 10 лет образуют группу, называемую семейством Юпитера. Существуют также семейства комет Сатурна, Урана и Нептуна с периодами обращения соответственно в 12–20, 27–50 и 60–100 лет.

С приближением к Солнцу кометы освещаются им и становятся доступными наблюдениям. В структуре комет различают голову, состоящую из звездообразного на вид ядра, окутанного оболочкой, или комой, и хвост.

Самая яркая часть кометы — ядро. Яркость комы ослабевает от ядра к периферии. Наименьшую яркость имеет хвост, конец которого размыт и теряется на фоне неба. Плотность хвоста настолько ничтожна, что сквозь него просвечивают слабые звезды.

Ядро кометы состоит из замерзших газов с вкраплениями пыли, каменных и металлических частиц различных размеров. Среди газов встречаются аммиак, метан, углекислый газ, циан, азот и др. Размер ядра сравнительно невелик — километры или десятки километров. С приближением к Солнцу ядро постепенно прогревается, происходит возгонка газов, которые окутывают ядро и образуют кому.

Хвост кометы возникает из комы под действием давления солнечных лучей и солнечного ветра, которое сказывается на гелиоцентрических расстояниях, не превышающих 1,5–2 а.е. Чем ближе комета приближается к Солнцу, тем больше прогревается ее ядро, увеличивается выделение газов и пыли в кому, усиливается давление на нее и тем более длинным становится хвост: он может распространиться в пространстве до 900 млн. км.

Хвосты бывают газовыми и пылевыми. Они направлены в сторону, противоположную Солнцу.

Для описания хвостов комет пользуются следующей классификацией: хвосты 1д — прямолинейные, состоят в основном из легких ионизированных газов; I — слегка отклонены в сторону, состоят из ионизированных газовых молекул; II — значительно изогнуты назад, состоят из дисперсной пыли с небольшой примесью газовых молекул; III — прямые, но сильно отклонены назад, образованы пылевыми частицами.

Аномальные хвосты направлены к Солнцу, состоят из более крупных пылевых частиц, не подверженных отталкивающему действию со стороны Солнца. У некоторых комет бывает несколько хвостов разных типов.

После прохождения перигелия кометы уходят от Солнца хвостом вперед. По мере их удаления ослабевает прогрев ядра хвост постепенно уменьшается, комета снова приобретает вид туманного пятна и, наконец, становится невидимой.

Кометы теряют вещество через хвост и постепенно разрушаются. У короткопериодических комет, часто возвращающихся к Солнцу, потеря вещества происходит быстрее, чем у долгопериодических, чем и объясняется их незначительный блеск.

В кометах иногда происходят взрывы, а приливное действие массивных планет способствует их разрушению. Так произошло с кометой Шумейкера-Леви, которая разорвалась на 24 части и упала на Юпитер. Неоднократно наблюдавшаяся короткопериодическая комета Биэлы в 1846 г. разделилась на две, а в 1852 г. обе кометы, значительно ослабленные, появились, отделенные друг от друга расстоянием в 2,4 млн.км. В очередное ожидаемое их появление в 1872 г. они совсем не появились, и вместо них в ноябре 1872 г. наблюдался обильный метеорный дождь.

По гипотезе, предложенной голландским астрономом Я.Оортом, ныне наблюдаемые кометы приходят в окрестности Солнца из гигантского кометного облака, окружающего солнечную систему и простирающегося до расстояний в 150 тыс. а.е. Облако образовалось в эпоху формирования планет-гигантов. Под воздействием возмущений от притяжения звезд некоторые кометы этого облака могут переходить на орбиты с малыми перигейными расстояниями и становиться наблюдаемыми.

Согласно гипотезе С.Всесвятского кометы появляются в результате мощных вулканических выбросов на больших планетах и их спутниках.

Метеоры, метеориты, болиды

Метеоры или, как в народе говорят, падающие звезды — это кратковременные вспышки в земной атмосфере, возникающие при вторжении в нее извне мельчайших частиц.

В межпланетном пространстве движется неисчислимое количество мелких тел, обозначаемых термином «метеорные тела», размеры которых различны — от мельчайших пылинок до нескольких десятков метров в поперечнике. Если крупные метеорные тела — сравнительная редкость, то космическая пыль, образно говоря, составляет огромное облако, в котором движутся планеты солнечной системы.

Многочисленные наблюдения метеоров показали, что плотность космической пыли в межпланетном пространстве ничтожно мала и на расстоянии в два земных радиуса от Земли составляет примерно две частицы в объеме 1 км^3 . Это означает, что частицы движутся на расстоянии 700–800 м друг от друга.

Метеорные тела, как и планеты, движутся вокруг Солнца и, встречая на своем пути Землю, обрушиваются на нее.

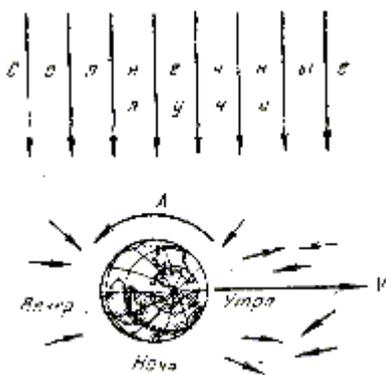


Рис. 7.7. Встречные и догоняющие метеоры. Стрелки: *A* — направление вращения Земли, *V* — направление скорости Земли, мелкие — направления полета метеорных частиц.

Численность метеоров возрастает под утро. Это обусловлено тем, что утренняя область поверхности Земли всегда обращена в сторону движения Земли.

Помимо отдельных метеорных тел вокруг Солнца движутся целые их рои, называемые метеорными потоками. Вторгаясь в земную атмосферу, частицы метеорного роя летят приблизительно по параллельным путям, но из-за эффекта перспективы метеоры кажутся вылетающими из ограниченной области неба, называемой площадью радиации. Если продолжить пути пролета метеоров, они пересекутся в пределах площади радиации вблизи точки, называемой радиантом метеорного потока.

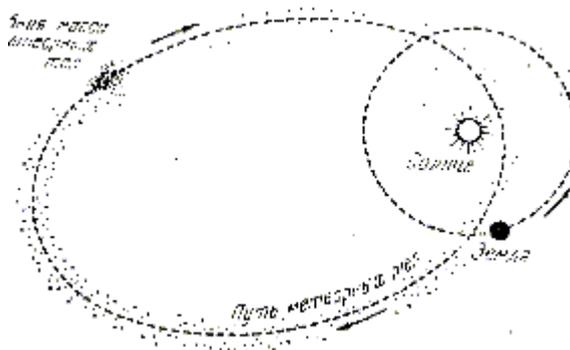


Рис. 7.8. Встреча Земли с метеоритным потоком.

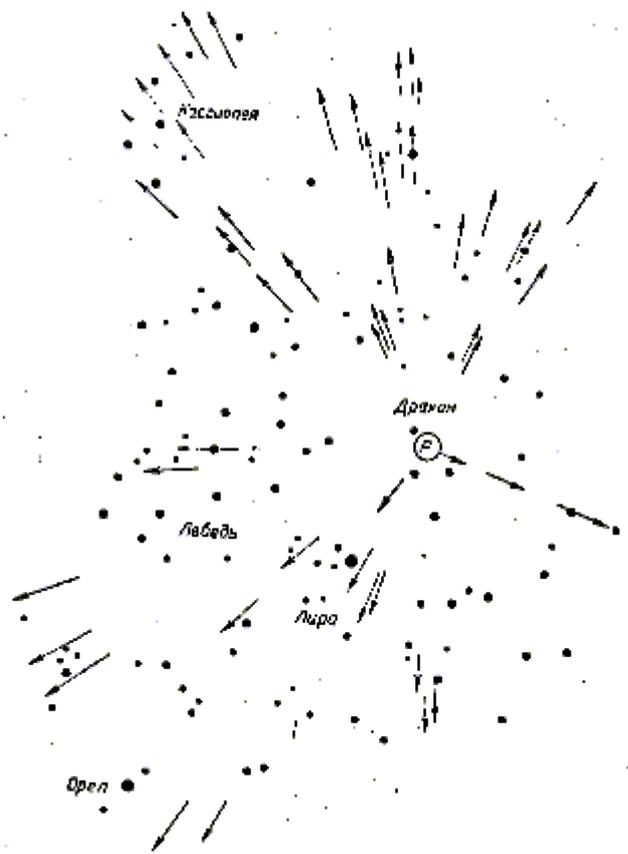


Рис. 7.9. Радиант (P) метеоритов дождя Дракониид 10 октября 1933 года.

Метеорные потоки получают названия по созвездиям, в которых находятся их радианты: Лириды (радиант в созвездии Лиры), Персеиды (радиант в Пересе).

Цвет метеора оценивается по условной шкале Остгофа.

Цвет	Балл	Цвет	Балл
Бело-голубой	-2	Чисто желтый	4
Голубовато-белый	-1	Темно-желтый	5
Чисто белый	0	Красновато-желтый	6
Желтовато-белый	1	Оранжевый	7
Беловато-желтый	2	Чисто красный	8
Светло-желтый	3	Темно-красный	9

Часто в земную атмосферу вторгаются не мелкие частицы, а крупные глыбы, и тогда мы видим полет болида — очень яркую рассыпающуюся вспышку. Соприкосновение с атмосферой может сопровождаться звуковыми эффектами.

Блеск болида составляет от $-5m$ до $-15m$. Особо яркие болиды видны и днем, т. к. они ярче Луны.

Крупные метеорные тела могут достичь поверхности Земли; тогда они называются метеоритами. Метеориты — единственное (кроме лунного) внеземное вещество, доступное непосредственному изучению в земных лабораториях.

По структуре и химическому составу метеориты объединяют в три основные группы: каменные (аэролиты), железокремнистые (сидеролиты) и железные (сидериты). В аэролитах содержится в среднем 47% кислорода, 21% кремния, 16% железа, 14% магния и 2% примесей других веществ. В сидеролитах около 55% железа, 19% кислорода, 12% магния, 8% кремния, 5% никеля и 1% прочих веществ. В сидеритах 91% железа и немного никеля.

К настоящему времени во всем мире собрано около 3000 метеоритов с массой от нескольких десятков тонн до нескольких граммов.

Для немногих метеоритов вычислены орбиты, по которым они двигались в межпланетном пространстве до встречи с Землей. Оказалось, что все эти тела пришли к Земле из пояса астероидов. Это подчеркивает тесную связь метеоритов с астероидами.

Приложения

Подвижная карта звездного неба

Чтобы определить положение звезд на небе в любой час любого года, необходимо научиться пользоваться подвижной картой звездного неба (рис. 1).

На звездной карте изображены яркие созвездия, доступные наблюдениям на территории бывшего Союза, и сетка небесных экваториальных координат. В центре карты расположен Северный полюс мира, рядом с ним — Полярная звезда. Концентрические окружности — небесные параллели. Градусная оцифровка около них отмечает их склонение, т. е. угловое расстояние от небесного экватора, который обозначен символом 0° .

Внутри небесного экватора находится северная небесная полусфера, и две ее небесные параллели имеют обозначения $+30^\circ$ и 60° . Вне небесного экватора — область южной небесной полусферы. На ней показаны небесные параллели со склонениями -30° и -45° . Радиусами, отходящими от северного полюса мира, изображены круги склонения. Цифры в часах (ч) проставлены около точек их пересечения с небесной параллелью -30° .

Следует обратить особое внимание на последовательность оцифровки кругов склонения: она возрастает в направлении вращения часовой стрелки, а не навстречу, как этого требует счет прямого восхождения. Это объясняется тем, что, глядя на карту, наблюдатель смотрит на северную полярную область неба, а не на южную.

С небесным экватором пересекается в двух точках эксцентрический овал, изображающий эклиптику, т. е. большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца по зодиакальным созвездиям. Одна из этих точек, обозначенная знаком Т, называется точкой весеннего равноденствия, и от нее по небесному экватору ведется счет прямого восхождения. Диаметрально противоположная ей точка — это точка осеннего равноденствия.

Точка летнего солнцестояния лежит в северной полусфере неба на пересечении эклиптики с 6-часовым кругом склонения, а точка зимнего солнцестояния — в южной небесной полусфере, на пересечении эклиптики с 18-часовым кругом склонения. Направление видимого годового движения Солнца показывают на эклиптике в сторону увеличения прямого восхождения.

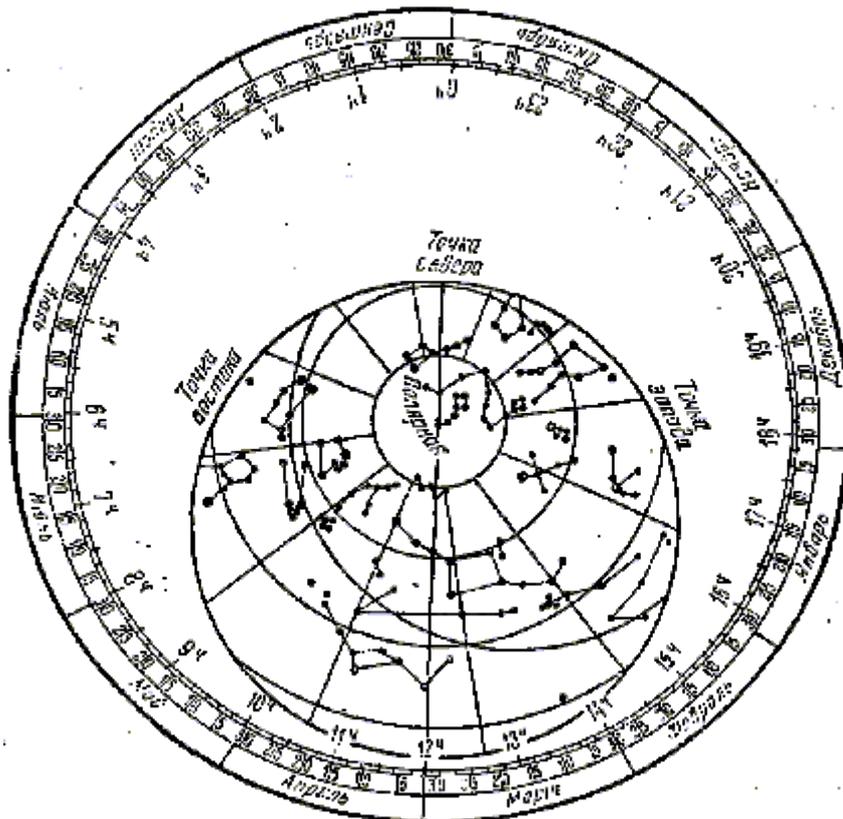


Рис. 1. Подвижная карта звездного неба.

На обресе карты имеется лимб дат с названием месяцев года и календарными днями в их пределах. К карте приложен накладной круг, по краю которого нанесен часовой лимб, изображающий часы суток. Интервал в один час разделен на шесть частей, по 10 минут каждая, что позволяет оценивать моменты времени с точностью до 5 минут. На накладном круге нанесено несколько овалов, рядом с которыми проставлены числа градусов, обозначающих географическую широту места наблюдения звездного неба.

Карту и круг наклеивают на плотную бумагу или картон, в круге вырезают отверстие по тому овалу, значение градусов на котором наиболее близко к значению географической широты места, где эта карта будет использоваться. Между точками на круге, обозначенными словами «точка юга» и «точка севера», следует натянуть Нить, которая будет изображать небесный меридиан.

Круг должен накладываться на карту так, чтобы его оцифрованный лимб всегда располагался концентрично с лимбом дат карты, а натянутая нить проходила через центр карты, изображающий Северный полюс мира. Если наложить круг на карту и, повернув его, совместить заданный час с заданной датой, то в отверстии круга будут расположены те созвездия, которые в этот момент находятся над горизонтом, т. е. доступны наблюдениям. Закрытые кругом созвездия не видны, т. к. находятся под горизонтом, изображенным на круге краем выреза.

На карте область зенита расположена примерно в центре выреза, но отнюдь не в центре карты. Если говорить точнее, то зенит расположен вблизи центра выреза, в точке пересечения нити, изображающей небесный меридиан, с небесной параллелью, склонение которой равно географической широте места наблюдения. Проведя от зенита направления на основные точки горизонта: «точка юга», «точка севера», «точка востока», «точка запада», можно указать расположение созвездий на небесном своде в заданный момент времени.

Карта позволяет ответить на вопросы о приближенных моментах восхода, захода и верхней кульминации звезд в разные дни года. Для этого достаточно повернуть круг на карте так, чтобы интересующая нас звезда оказалась соответственно на восточной (восход) или западной (заход) стороне горизонта, или на нити (изображающей меридиан) между Северным полюсом мира и точкой юга (верхняя кульминация). При такой установке карты деление часового лимба, стоящее около заданной даты, покажет момент времени интересующего явления.

Следует иметь в виду, что восход светил совсем не обязательно происходит вблизи точки востока, а, в зависимости от их склонения, на всей восточной половине горизонта, заключенной между точками севера и юга: чем больше положительное склонение светила, тем ближе к точке севера оно восходит. При отрицательном склонении точка восхода светил смещается в сторону точки юга. Аналогичная ситуация и при заходе, но уже с западной стороны.

Самое низкое положение светил над горизонтом называется нижней кульминацией, в момент которой светило проходит небесный меридиан между северным полюсом мира и точкой севера (или под ней). Нижняя кульминация звезд наступает через 11 ч 58 мин после их верхней кульминации, поэтому момент нижней кульминации любой звезды легко определить по моменту ее верхней кульминации.

Чтобы найти положение Солнца на эклиптике в заданный день года, достаточно приложить линейку к обозначению Северного полюса мира и к штриху, обозначающему этот день на лимбе дат карты. Точка пересечения линейки с эклиптической покажет положение Солнца.

Можно занести и положение Луны и планет на карту по их координатам в заданный день года, взятым из астрономических календарей. Вполне достаточно использовать только прямое восхождение к, поскольку Луна и планеты перемещаются тоже по зодиакальным созвездиям вблизи эклиптики. При небольшой точности карты склонением этих светил можно пренебречь и считать их находящимися на эклиптике. Но- тогда уже нельзя использовать лимб дат.

Расчет гороскопа

Многие начинающие астрологи, особенно с гуманитарным образованием, очень боятся расчетов. Для того, чтобы рассчитать и построить гороскоп, необходимо уметь обращаться с калькулятором и знать математику за 4-й класс. Все расчеты в астрологии основаны на методе интерполяции, т. е. нахождении среднего положения (в конкретном случае — планет и куспидов домов) при известных крайних. Можно возразить: ведь существуют компьютеры, которые все эти операции выполняют за считанные минуты!

Астрология — духовная наука. Рассчитывая гороскоп, мы уже начинаем работать с человеком, чувствовать его. Каждый астролог должен сначала научиться рассчитывать и строить любую карту вручную, а затем уже перейти к компьютеру. И рисовать карту стоит вручную (а не выводить на принтер!).

Рассчитаем карту для человека, родившегося 09.04.1997 г. в 22 ч 00 мин в Москве.

Первое, что мы должны сделать, — это найти гринвичское время рождения. Москва находится во втором часовом поясе, поэтому разница с гринвичским составляет 2 ч. В 1930 г. был введен декретный час — разница уже 3 ч. Введено летнее время — еще 1 час. Значит, чтобы найти GMT, от московского времени отнимаем 4 ч.

GMT = 22 ч 00 мин – 2 ч (пояс) – 1 ч (декр.) – 1 ч (летн. вр) = 18 ч 00 мин.

Открываем эфемериды, находим дату 09.04.1997 г., выписываем положения планет на 09-е и на 10-е число.

09.04			10.04		
☉	19° 11' 10"	♈	☉	20°10'03"	♈
☽	9° 57' 38"	♈	☽	24°00'10"	♈
☿	7° 42, 9'	♈	☿	8°18,8'	♈
♀	20° 49,8'	♈	♀	22°4,2'	♈
♂	19° 0,9'	♈	♂	18°46,7'	♈

Найдем, сколько градусов прошла планета за сутки (24 ч). Солнце:

$$20^{\circ}10'03'' - 19^{\circ} 11' 10'' = 58'53''.$$

За 24 ч — 58'53". Нам же требуется найти, сколько прошла планета за 18 ч.

$$\begin{aligned} 24 \text{ ч} & \text{— } 58'53'' \\ 18 \text{ ч} & \text{— } x \end{aligned}$$

Чтобы выполнить действия на калькуляторе, секунды переведем в доли минут. Для этого 53" разделим на 60, — получим 0.883.

$$\begin{aligned} 24 \text{ ч} & \text{— } 58,883' \\ 18 \text{ ч} & \text{— } x \\ x & = 18 \div 24 \times 58,883' = 44,16225. \end{aligned}$$

Чтобы записать полученное число в минутах и секундах, умножим дробную часть на 60 и получим 9,735. Округлив, получим 44'10". Мы нашли перемещение планеты за 18 ч. Далее прибавим это число к значению на 9.04:

$$+19^{\circ}11'10'' + 44'10'' = 19^{\circ} 55'20''.$$

Те же действия проделываем для всех остальных планет.

Для наглядности запишем наши расчеты в виде формулы. Если планета директив,

$$L = L_0 + (L_1 - L_0) A,$$

где L_0 — координата на 0 ч по Гринвичу на день рождения, а L_1 — координата на следующий день;
 A — постоянная величина для каждого гороскопа, $A = \text{GMT (рождения)} \div 24$.

В нашем случае, $A = 18: 24 = 0,75$.

Для ретроградных планет

$$L = L_0 - (L_0 - L_1) A.$$

Для того, чтобы выполнить все действия на калькуляторе, требуется представить секунды, минуты в долях градуса:

Градусы + минуты $\div 60$ + секунды $\div 3600$.

Можно представить все значения координат в минутах:

Градусы $\times 60$ + минуты + секунды $\div 60$.