Глава I
Космос при наблюдениях невооруженным глазом

§1. Небо

Находясь на дне воздушного океана, мы смотрим в космос сквозь толщу атмосферы. Хотя в дневные часы её прозрачность бывает не хуже, чем ночью, днем из всех объектов космоса можно увидеть лишь Солнце, Луну и, очень редко, яркие болиды и сверхновые звезды (в частности, грандиозные взрывы звёзд невооруженным глазом легко наблюдались днём в 1054 и 1572 годах).

Воздух интенсивно рассеивает солнечный свет (тем сильнее, чем короче длина волны), чем и создаётся ощущение голубого (ясного) неба. На самом деле синий и фиолетовый свет рассеивается еще сильнее, чем голубой свет, но на последний приходится большая доля солнечного излучения.

С рассеиванием света связано изменение *цвета* самих светил, их покраснение, особенно заметное у горизонта. Кроме того, у горизонта светила тускнеют из-за увеличения пути света в воздухе, когда луч идёт почти по касательной к поверхности Земли, рис.1.

Поэтому при наблюдениях из космоса светила выглядят более яркими и более голубыми, чем если их наблюдать с повер-

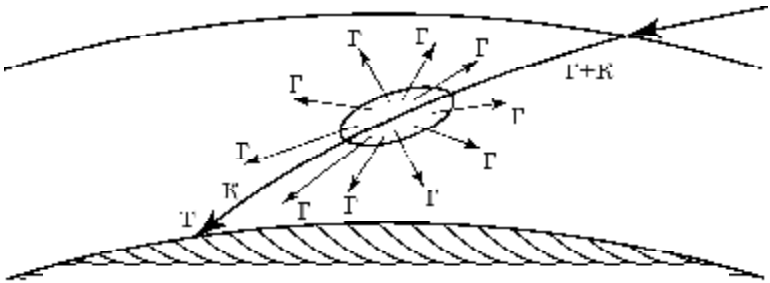

Рис. 1.

хности Земли.

По соглашению между астрономами всё небо разделено на 88 неравных участков, названных созвездиями, рис.2. Первоначально же созвездиями называли группы близких друг к другу (на небе) звезд, образующих узоры, которые напоминают контуры животных, предметов обихода, мифических существ и т.д.: Лев, Заяц, Рысь, Волк, Дельфин, Жираф, Козерог, Лисичка, Овен, Телец, Ящерица; Ворон, Голубь, Журавль, Лебедь, Орел, Павлин, Райская птица; Весы, Компас, Микроскоп, Насос, Резец, Секстант, Сетка, Телескоп, Треугольник, Циркуль, Часы, Чаша; Андромеда, Возничий, Волопас, Геркулес, Дракон, Кассиопея, Кентавр, Орион, Пегас, Стрелец, Цефей и

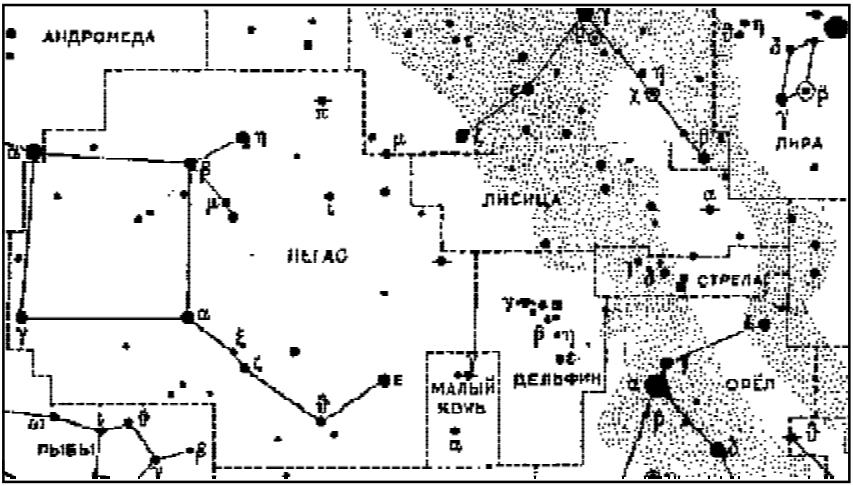

Рис. 2.

др.

Кроме звезд в созвездия входят планеты, кометы, туманности, звездные скопления, галактики и скопления галактик. Однако не все они доступны невооружённому глазу.

Бывают ночи, когда условия для астрономических наблюдений особенно благоприятны. Если Луна находится под горизонтом, небо оказывается особенно темным и на нём видны самые слабые звезды (из различимых невооруженным глазом). В эти периоды хорошо наблюдается Млечный Путь - серебристая

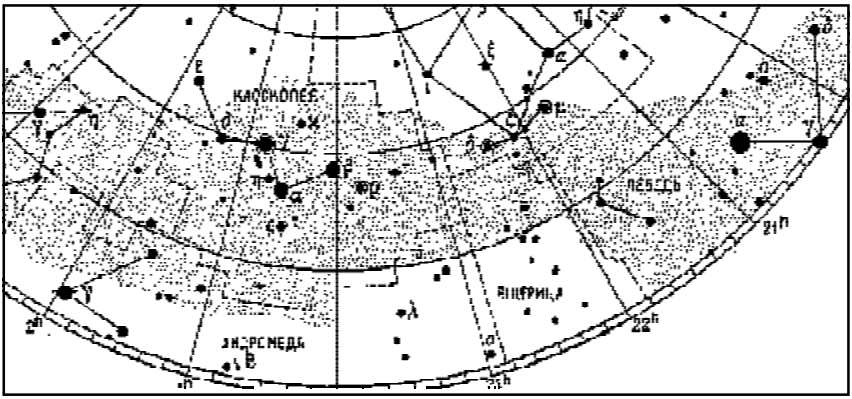

Рис.3. Фрагмент Млечного Пути на звёздной карте.
См. также рис.2.

полоса, тянущаяся сквозь все небо, рис. 3.

§2. Главное движение и главное изменение на небе

Главное движение - *суточное*. Наблюдения свидетельствуют, что любая звезда за $23^{ч}56^{м}04^{с}$ описывает на небе полную окружность (называемую *суточной параллелью*). Центры таких окружностей лежат на невидимой прямой, которая называется *осью мира*. Северная часть этой оси проходит вблизи звезды Полярной в направлении точки, называемой *северным полюсом мира* (точка Р на рис.4).

Суточное движение звёзд имеет ту же природу, что и движение окружающих предметов с точки зрения наблюдателя, сидящего на вращающемся кресле. В данном случае роль кресла играет вращающаяся Земля. Ось мира, упомянутая выше, параллельна оси вращения Земли и проходит через глаз наблюдателя. Наибольшая из суточных параллелей называется *небесным экватором*. Он параллелен экватору Земли. Линию горизонта небесный экватор пересекает в точках востока и запада. Более точные определения приводятся в главе VII.

Главное изменение - это *изменение в условиях наблюдения звездного неба с периодом в один год*. Оно проявляется в том, что в каждые следующие сутки момент прохождения звезды через не-

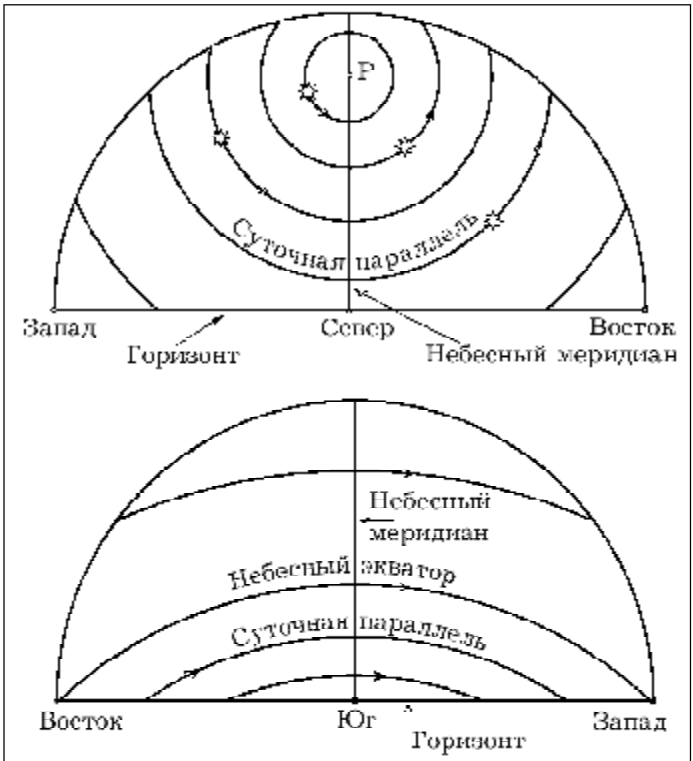

Рис. 4.

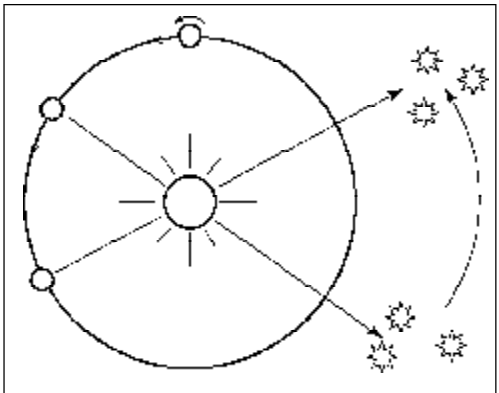

Рис. 5.

бесный меридиан наступает на $4^м$ раньше. Например, если сегодня некоторая звезда поднимается выше всего над горизонтом в $20^ч$, то спустя 10 суток это произойдёт в момент $20^ч - 10 \times 4^м = 19^ч 20^м$.

Причину этого можно понять из рис.5. Движение Земли по ее орбите приводит к смещению Солнца на фоне звезд (с

точки зрения земного наблюдателя) с периодом в один год. За сутки это смещение (навстречу суточному движению звезд) составляет приблизительно $360^0/365 \approx 1^0$. Этому углу соответствует во времени запаздывание на $4^м$ (Солнца относительно звезд).

§3. Звезды

При внимательном разглядывании звезда представляется светящейся точкой, иногда с расходящимися лучами. Явление лучей связано с особенностью зрения и не имеет отношения к физической природе звезды.

Любая звезда - это удаленное от нас солнце. Ближайшая из звезд - Проксима - находится в 270000 раз дальше от нас, чем Солнце. Самая яркая звезда неба Сириус в созвездии Большой Пёс, расположенная на расстоянии 8×10^{13}км, имеет примерно такую же яркость, как и 100-ваттная электрическая лампочка на расстоянии 8 км (если не учитывать ослабление света в атмосфере). Но для того, чтобы лампочка была видна под таким же углом, под которым виден диск далёкого Сириуса, ее диаметр должен быть равен 1 мм!

При хорошей видимости и нормальном зрении над горизонтом одновременно можно увидеть около 2500 звёзд. Имеют собственные имена 275 звезд, например, Алголь, Альдебаран, Антарес, Альтаир, Арктур, Бетельгейзе, Вега, Гемма, Дубхе, Канопус (вторая по яркости звезда), Капелла, Мицар, Полярная (путеводная звезда), Регул, Ригель, Сириус, Спика, Сердце Карла, Тайгета, Фомальгаут, Шеат, Этамин, Электра и др.

Вопрос, сколько звезд в данном созвездии, лишен смысла, так как ему недостает конкретности. Для ответа необходимо знать остроту зрения наблюдателя, время, когда ведутся наблюдения (от этого зависит яркость неба), высоту созвездия (у горизонта трудно обнаружить слабую звезду из-за атмосферного ослабления света), место наблюдения (в горах атмосфера чище, прозрачнее - поэтому видно больше звезд) и т.д. *В среднем* на одно созвездие приходится примерно 60 звезд, наблюдаемых невооруженным глазом (у Млечного Пути и в больших созвездиях - больше всего). Например, в созвездии Лебедь можно насчитать

до 150 звёзд (область Млечного Пути); а в созвездии Лев - только 70. В небольшом созвездии Треугольник видно всего 15 звезд.

Если же учитывать звезды до 100 раз более слабые, чем самые слабые звезды, ещё различимые зорким наблюдателем, то в среднем на одно созвездие будет приходится около 10000 звезд.

Звезды различаются не только по их яркости, но и по цвету. Например, Альдебаран (созвездие Телец), Антарес (Скорпион), Бетельгейзе (Орион) и Арктур (Волопас) - красные, а Вега (Лира), Регул (Лев), Спика (Дева) и Сириус (Большой Пёс) - белые и голубоватые.

Звезды мерцают. Это явление хорошо заметно у горизонта. Причина мерцания - оптическая неоднородность атмосферы. Прежде, чем попасть в глаз наблюдателя, свет звезды пересекает в атмосфере множество мелких неоднородностей. По своим оптическим свойствам они похожи на линзы, концентрирующие или рассеивающие свет. Непрерывное перемещение таких линз и является причиной мерцания.

Причину изменения цвета при мерцании поясняет рис.6, из которого видно, что синий (с) и красный (к) свет от одной и той же звезды перед тем, как попасть в глаз наблюдателя (О), проходит в атмосфере неравные пути. Это - следствие неодинакового преломления в атмосфере синего и красного света. Несогласованность колебаний яркости (вызванных разными неоднородностями) приводит к разбалансировке цветов.

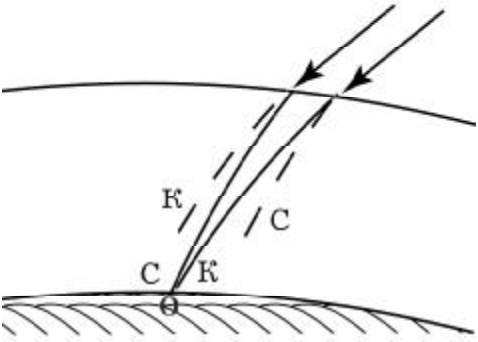

Рис. 6.

В отличие от общего мерцания, цветовое можно заметить только у звезд близких к горизонту.

У некоторых звезд, названных переменными звездами, изменения яркости происходят гораздо более медленно и плавно, чем при мерцании, рис. 7. Например, звезда Алголь (Дьявол) в

созвездии Персей меняет свою яркость с периодом 2,867 суток. Причины “переменности” звезд многообразны. Если две звезды обращаются вокруг общего центра масс, то одна из них может периодически закрывать другую (случай Алголя). Кроме того, некоторые звезды меняют яркость в процессе пульсации. У других звезд яркость изменяется при взрывах на поверхности. Иногда взрывается вся звезда (тогда наблюдается сверхновая звезда, светимость которой в миллиарды раз превосходит солнечную).

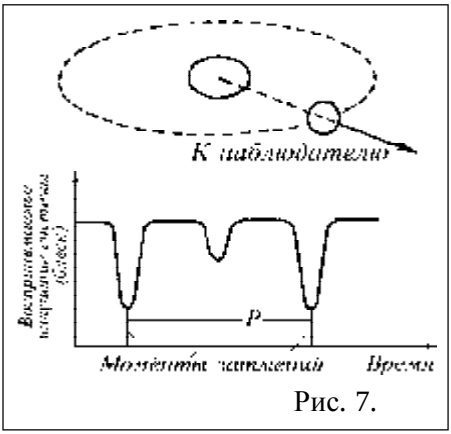

Рис. 7.

Движения звезд друг относительно друга со скоростями в десятки километров в секунду приводят к постепенному изменению звездных узоров на небе. Однако продолжительность жизни человека слишком мала, чтобы такие изменения удалось заметить при наблюдениях невооружённым глазом.

§4. Планеты

Похожие на звезды светила, перемещающиеся относительно звёзд и не мерцающие, были известны ещё в глубокой древности под названием “планеты”. Они всегда наблюдаются только в поясе зодиака. Перемещение одной из них на фоне звёзд в течение нескольких месяцев показано на рис.8.

Из планет самая яркая - Венера. Она видна иногда даже на

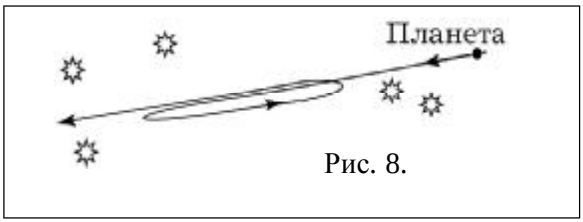

Рис. 8.

фоне темно-голубого вечернего (или утреннего) неба, когда другие светила (кроме Луны) ещё или уже не видны. Со времен Николая Коперника (XVI век) перемещения планет на небе стали объяснять, как отражение двух движений: 1 - самой планеты вокруг Солнца по почти круговой орбите и 2 - земного наблюдателя (тоже вокруг Солнца). Петлеобразные траектории существуют лишь с точки зрения наблюдателя, находящегося на Земле. Если его мысленно поместить на Солнце, то все планеты, включая Землю, с разными скоростями будут двигаться всегда в одну и ту же сторону вблизи линии, проходящей вдоль пояса зодиака (см. ниже). При этом Меркурий, ближайший к Солнцу, совершит полный оборот за 88 суток, Венера - за 225 суток, Земля - за 365 суток (округлённые значения) и т.д. Все известные большие планеты, в том числе, Уран, Нептун и Плутон, не наблюдаемые невооруженным глазом, схематически показаны на рис.9 в порядке их удаления от Солнца. Вблизи прерывистой линии расположен пояс астероидов, разделяющий планеты земной группы и планеты-гиганты группы Юпитера.

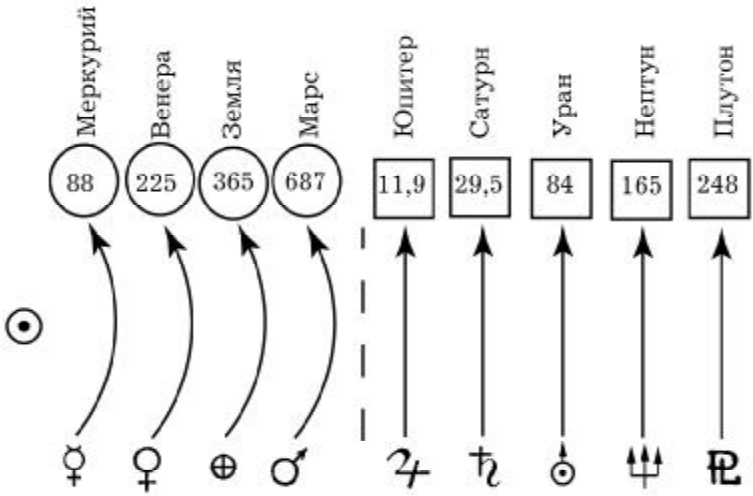

Рис. 9. Порядок расположения планет.
В кружках орбитальные периоды даны в сутках,
в прямоугольниках - в годах.

Перемещаясь на фоне звезд (при наблюдениях с Земли), планеты меняют свою яркость. Под яркостью здесь понимается сила зрительного ощущения, определяемая количеством световой энергии, поступающей за единицу времени на единицу площади. Яркость планеты определяется отражательными свойствами ее поверхности (или облачного слоя), расстояниями от Солнца и Земли, а также тем, как наблюдается с Земли дневная сторона планеты (обращенная к Солнцу). Если разные части планеты по-разному отражают солнечный свет, то яркость изменяется по мере поворота планеты вокруг ее оси. Наконец, в случае Сатурна следует учесть существование кольца, которое иногда наблюдается с ребра и в эти периоды не увеличивает яркость (для невооруженного глаза Сатурн с опоясывающим его кольцом - светящаяся точка).

Венера - третье по яркости светило (после Солнца и Луны). К Солнцу она в 1,38 раза ближе, чем Земля, и поэтому не отходит от него дальше 48^0. Она не видна в полночь (за исключением околополярных областей Земли). Юпитер же иногда виден всю ночь. При отсутствии Луны и Венеры он обычно превосходит по яркости все остальные светила - “царь неба”. По цвету он почти неотличим от Венеры.

Марс резко выделяется среди планет своим красным цветом. Если все наблюдаемые невооруженным глазом планеты расположить в порядке перехода от красного цвета к голубому, включив в этот ряд и Землю, наблюдаемую из космоса, то получится такая последовательность: Марс, Сатурн, Меркурий, Юпитер, Венера и Земля. Еще одна особенность Марса - очень широкий диапазон значений его яркости. Если обозначить через g отношение максимальной яркости планеты к минимальной за большой срок, то получатся значения, приведенные в следующей таблице:

Планета	g
Венера	4,5
Марс	79
Юпитер	3,3
Сатурн	4,8

Максимальная яркость Марса бывает в периоды, когда он находится ближе всего к Солнцу и к Земле. Такое случается во время

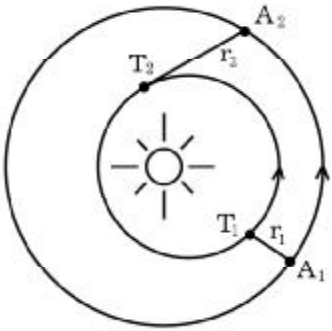

Рис. 10.

“великих противостояний”, повторяющихся через 15 - 17 лет. На рис.10 соответствующие положения Марса и Земли обозначены A_1 и T_1. Минимальная же яркость получится, когда Марс и Земля располагаются по разные стороны от Солнца на своих наибольших расстояниях от него.

Великие противостояния Марса бывают в августе и сентябре. Обычные же противостояния, происходящие через каждые 780 суток (синодический период Марса) могут быть в любом другом месяце. Во время противостояния планеты (более далекой от Солнца, чем Земля) она наблюдается выше всего над горизонтом ровно в полночь (Солнце глубже всего погружается под горизонт).

Почему планеты наблюдаются только в зодиакальных созвездиях? Причина в том, что плоскости планетных орбит вокруг Солнца почти совпадают с плоскостью орбиты Земли (исключением является Плутон). При наблюдении с Земли планета всегда располагаются вблизи линии пересечения этой плоскости с небесной сферой (см. главу VII), то есть вблизи эклиптики, которая и является средней линией пояса зодиака. Поэтому планета всегда находится в одном из следующих созвездий: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, (Змееносец), Стрелец, Козерог и Водолей. Название, заключенное в скобки, относится к созвездию, границы которого после их изменения в 20-е годы 20-го века стала пересекать эклиптика. Однако, ввиду того, что планеты могут на несколько градусов отходить от эклиптики, они иногда на небольшое время заходят в созвездия Кит, Секстант и Орион.

Чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она перемещается по своей орбите. Это видно из рис.10, на котором выделены дуги орбит двух планет, проходимые за одно и то же время.

С точки зрения земного наблюдателя разные планеты время от времени сближаются друг с другом. Иногда угловое расстояние между ними составляет десятые доли градуса. Такие случаи привлекают особое внимание наблюдателей.

§5. Кометы и метеоры

В отличие от звезд и планет, которые невооруженный глаз воспринимает как светящиеся точки, комета наблюдается в виде удлиненного пятнышка, в котором при внимательном изучении можно разглядеть относительно яркое сгущение - “голову” и конусообразный “хвост”. При помощи телескопа ежегодно обнаруживают 5-10 комет, но редко какая-нибудь из них настолько яркая, что доступна наблюдению невооруженным глазом. Как и планеты, кометы движутся вокруг Солнца. Но в отличие от планетных орбит траектории движения комет обычно сильно вытянутые. Периоды обращений вокруг Солнца заполняют интервал от нескольких лет (комета Энке - 3,28 года) до нескольких тысяч лет (комета Хейла-Боппа - 3000 лет).

Ядро кометы, из которого выходят струи газа, плазмы и пыли тем более интенсивные, чем ближе к Солнцу подходит комета, представляет собой огромный (от километра до десятков километров в диаметре) снежный ком. Он состоит из молекул, содержащих водород, кислород (например, H_2O), углерод и азот, а также из пыли, которая улетучивается по мере сублимации льда (то есть при переходе в газообразное состояние под действием излучения Солнца). В ядре имеются и более крупные твердые частицы.

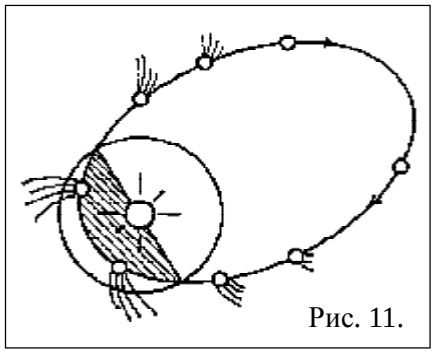
Рис. 11.

Под действием солнечного светового давления плазма, газ и пыль, истекающие из ядра, образуют хвост длиною в миллионы и десятки миллионов километров, направленный прочь от

Солнца (рис.11). Достаточно крупные пылинки и камешки постепенно распределяются вдоль кометной орбиты. Если она пересекает орбиту Земли, то в определенное время года, когда Земля близка к соответствующей точке пересечения, можно наблюдать множество метеоров (“падающих звезд”). Метеор - это не что иное, как световое явление (на высотах 80 - 120 км), возникающее при вторжении в земную атмосферу метеорного тела - частички бывшей кометы. Частицы настолько малы, что они полностью разрушаются, не успевая достичь поверхности Земли. Они дают знать о себе внезапно появляющейся и быстро исчезающей полоской света. Если такие полоски изобразить на звёздной карте, то окажется, что их линии пересекутся приблизительно в одной и той же точке. Ее называют *радиантом метеорного потока*, рис.12.

В среднем, после полуночи метеоры наблюдаются в два раза чаще, чем в первой половине ночи. Одно из объяснений состоит в том, что во втором случае явление метеора вызывают метеороиды, догоняющие Землю (при ее движении вокруг Солнца). Относитель-

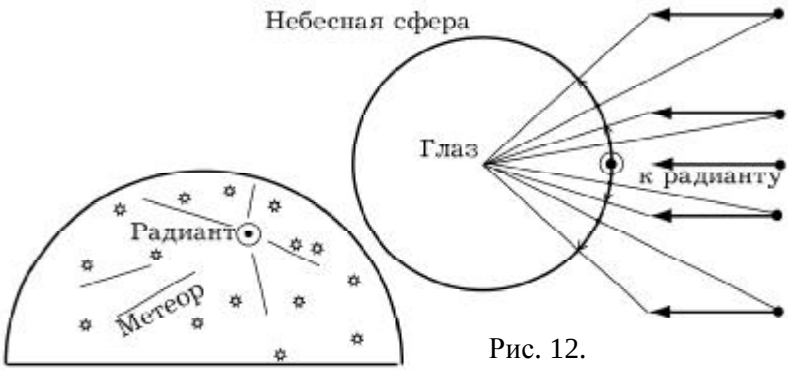

Рис. 12.

ная скорость частиц при вхождении в атмосферу меньше, чем в том случае, когда они движутся навстречу Земле (так бывает после полуночи). Кроме того, как показывают наблюдения, больше всего метеоров появляется с июля по ноябрь. Методом радиолокации метеоры (а точнее, ионизированный воздух метеорного следа) можно наблюдать и в дневное время. Невооруженным глазом такие метеоры можно было бы заметить только во время полного солнечного

затмения.

Метеоры, не уступающие в яркости молодой Луне, называют *болидами*. Их, в принципе, можно наблюдать в любое время суток, но встречаются они очень редко. Полёт метеорного тела, вызывающего явление болида, в некоторых случаях заканчивается падением метеорита. Чтобы облегчить его поиски, следует засечь максимальную угловую высоту болида над горизонтом и запомнить направление на точку пересечения траектории болида с горизонтом.

Явление болида иногда сопровождается звуковыми эффектами (постепенно затухающий гром, иногда - шелест).

Наиболее яркие болиды обычно связаны с крупными метеороидами, прилетающими из пояса астероидов. Метеоры, не входящие в известные метеорные потоки, называют спорадическими. Ниже приводятся примеры метеорных потоков.

Кассиопеиды. Радиант находится в созвездии Кассиопея. Наибольшая активность приходится на 28 июля.

Персеиды. Персей - 11-12 августа.

Авригиды. Возничий - 30 августа.

Ориониды. Орион - 22 октября.

Геминиды. Близнецы - 13 декабря.

Существует поверье, что если успеть загадать желание пока наблюдается метеор, то оно обязательно исполнится. Метеор как бы проверяет силу желания. Если экзамен выдержан, то тем самым подтверждается решимость бороться за исполнение желания. Но очень трудно бывает успеть вспомнить и проговорить желание за те доли секунды, пока длится явление метеора.

§6. Луна

Из всех светил Луна - наиболее подходящий объект для наблюдений невооруженным глазом. На Солнце невозможно смотреть без защитного фильтра, а его диск, неизменно круглый (вдали от горизонта), обычно беден деталями. Другие светила выглядят светящимися точками за исключением редко появляющихся ярких комет, метеоров и едва различимого пятна туманности в созвездий Андромеда.

Луна же предстаёт перед наблюдателем в разных обличьях благодаря смене фаз, она дает возможность любоваться ее пепельным светом, а находясь у горизонта, поражает своими большими размерами. Луну можно увидеть и очень яркой (в полнолуние) и совершенно черной (в моменты солнечных затмений), и кирпично-красного цвета, когда она попадает в тень Земли или когда находится у горизонта.

На рис.13 показаны четыре положения Луны (L_1-L_4) на ее орбите вокруг Земли (Т); В и С - точки пересечения этой орбиты с плоскостью орбиты Земли. Солнце находится справа на расстоянии в 400 раз превышающем радиус лунной орбиты и на рисунке не показано. При движении системы Земля-Луна вокруг Солнца угол меж-

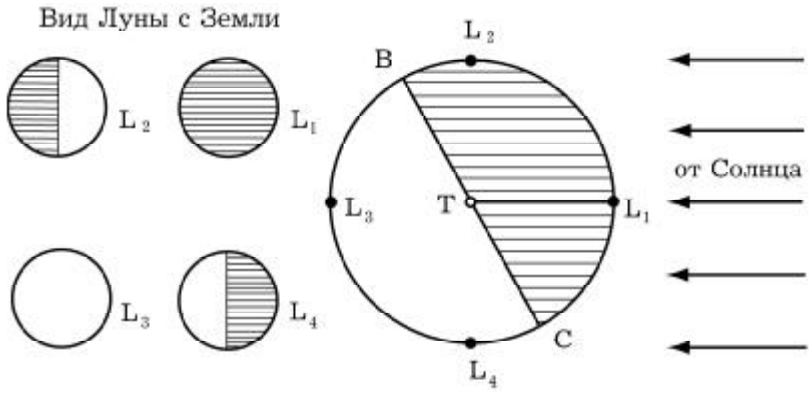

Рис. 13.

ду отрезками ВС и TL_1 непрерывно изменяется. Если Луна находится в точке L_1, то она обращена к Земле своим ночным полушарием и наблюдается *новолуние*. Если при этом точка L_1 располагается вблизи одной из точек В или С, то на Земле происходит затмение Солнца. Если же в момент новолуния линия ВС перпендикулярна направлению на Солнце, то угол между последним и направлением с Земли на Луну достигает приблизительно 10 угловых диаметров Солнца. При отсутствии помехи со стороны яркого дневного неба в этот момент был бы виден тончайший серпик дневного полушария Луны.

Точки лунной орбиты L_2, L_3 и L_4 соответствуют первой чет-

верти, полнолунию и последней четверти. В первом и последнем случаях с Земли видна половина дневного полушария Луны. Очевидно, своей выпуклостью серп Луны направлен на Солнце.

Интервал времени между последовательными новолуниями в среднем равен 29,53 суток. Но отсюда не следует, что от новолуния до полнолуния проходит ровно 14,765 суток. Реальное значение этого интервала может отличаться от приведенного выше более, чем на сутки, поскольку Луна движется по своей орбите неравномерно. На рис.14 отрезок орбиты $L_1A\ L_3$ Луна проходит за время, большее 14,765 суток (вытянутость орбиты преувеличена). Но угол между отрезками AP и L_1L_3 изменяется при движении системы Земля-Луна вокруг Солнца.

Луну принято называть “молодой” в период от новолуния до полнолуния и “старой” - от полнолуния до следующего новолуния. В первом случае лунный лимб направлен выпуклостью вправо, а терминатор находится слева; во втором случае лимб и терминатор меняются местами (рис.15). Таким образом, лимб старой Луны похож на букву “С”.

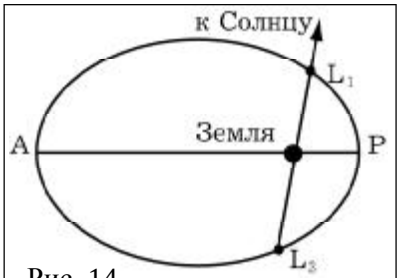

Рис. 14.

Наблюдения свидетельствуют, что в течение месяца Луна движется на фоне звезд справа налево (если наблюдать из пунктов, расположенных севернее географической широты $28,6^0$; для пунктов, расположенных южнее широты - $28,6^0$ - слева направо; в промежуточных пунктах могут встретиться оба случая). Относительно Солнца Луна тоже движется справа налево, возвращаясь к нему каж-

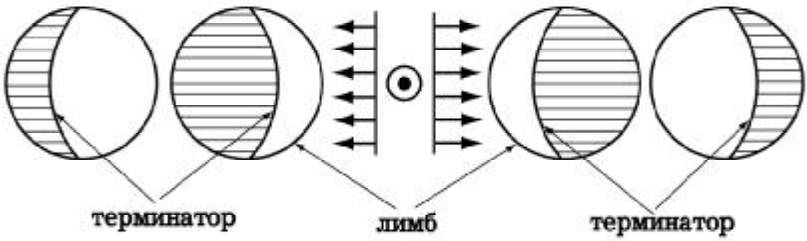

Рис. 15.

дые 29,53 суток (синодический месяц). При этом она всегда находится вблизи эклиптики и лишь изредка выходит за пределы зодиакальных созвездий.

Особенность суточного смещения Луны относительно Солнца поясняет рис.16. Чем дальше Луна отходит от Солнца, тем больше расстояние S между средними точками лимба и терминатора.

Существует поверье: “Если молодой месяц стоит прямо или слегка наклоняется, последуют ясные дни”. Возможно, оно имеет под собой реальную основу. На рис.17 показаны положения эклиптики (см.Гл.VII) в моменты весеннего (21 марта) и осеннего (23 сентября) равноденствий при заходе Солнца. Показан также небесный экватор, приблизительно соответствующий суточной параллели Сол-

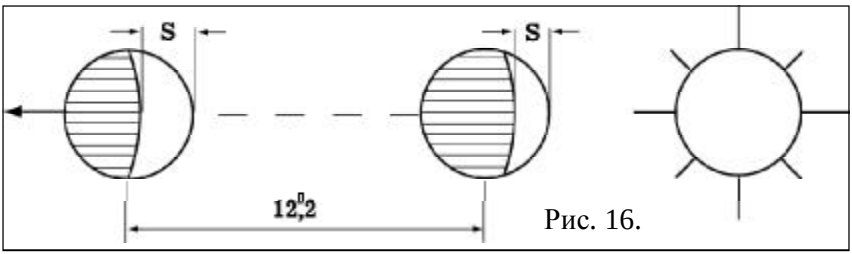

Рис. 16.

нца в эти периоды. Можно заметить, что серп молодого месяца стоит почти прямо при заходе Солнца осенью. В остальное время видимости, двигаясь параллельно небесному экватору, он остаётся очень близким к горизонту. Весною же, находясь в той же фазе, Луна поднимается над горизонтом высоко и её серп сильнее наклонён к

Рис. 17.

горизонту, чем осенью. Следовательно, в приведенном поверье речь идёт об осеннем молодом месяце (именно осенью серп стоит почти прямо). Будучи весьма тусклым и располагаясь у самого горизонта (а значит лунный свет сильно ослабляется атмосферой), такой месяц может привлечь к себе внимание *только при очень хорошей* прозрачности воздуха. Но ясные дни (и ночи) обычно идут сериями. Поэтому вполне вероятно, что если сегодня настолько ясное небо, что виден тусклый, прямо стоящий молодой месяц, то оно будет таким же и в последующие дни.

Поверхностная яркость нашего спутника (точнее, его видимого с Земли дневного полушария) возрастает от новолуния к полнолунию, затем убывает к следующему новолунию. В среднем эта яркость при полнолунии в 6 раз больше, чем в первой и третьей четвертях. Объяснение следующее: при полнолунии не видны тени от неровностей лунного рельефа, так как источник света (Солнце) находится за спиной наблюдателя; при других фазах *тени* занимают значительную часть поверхности, уменьшая ее яркость, рис.18.

Причиной *пепельного света* Луны является солнечный свет, вначале отразившийся от Земли (и изменивший при этом свой цвет), а затем осветивший *ночное полушарие Луны*, рис.19. Пепельный свет имеет серо-голубой цвет.

Удивительное зрелище представляет Земля, наблюдаемая с Луны. Во-первых, она почти неподвижно “висит” на одном и том же месте на черном небе Луны. Этим она отличается от звезд, планет

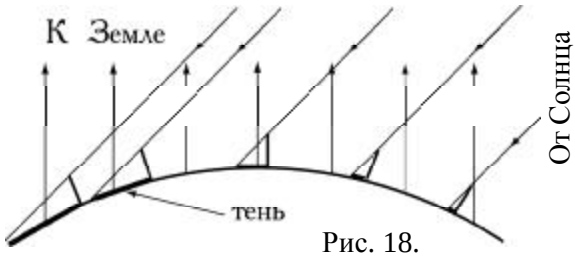

Рис. 18.

и Солнца, которые движутся, хотя и медленно (от восхода до захода этих светил проходит около двух недель). Во-вторых, угловая пло-

щадь диска Земли на лунном небе в 13,3 раза больше площади лунного диска на земном небе. Кроме того, поверхностная яркость Земли

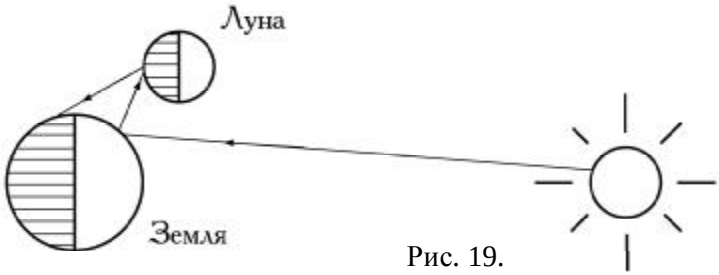

Рис. 19.

больше (и намного), чем у Луны. В итоге, лунный фонарик (Земля) светит в среднем в 37 раз сильнее, чем земной (Луна). В третьих, вид Земли изменяется не только из-за изменения условий освещения Солнцем той половины, которая обращена к Луне (между лунными и земными фазами существует обратная зависимость: полнолунию соответствует новоземлие и т.д.). Земля вращается вокруг оси так, что с Луны можно видеть то материки, то океаны, то светлые, то темные участки поверхности Земли.

Отсюда следует, что яркость пепельного света должна существенно изменяться со временем. Наблюдения это подтверждают. Чем тоньше лунный серп, тем шире земной серп, наблюдаемый с Луны, и тем ярче пепельный свет. Благодаря ему в полевой бинокль на ночном полушарии нашего спутника можно легко разглядеть лунные “моря” и крупные кратеры. Возможно, при идеальных условиях наблюдений это доступно и невооруженному глазу.

Видимые (угловые) размеры Луны. Двигаясь вокруг Земли по вытянутой орбите Луна изменяет свои угловые размеры. Так, в перигее (см. Гл.VII) её угловой диаметр в 1,12 раза (а угловая площадь в 1,25 раза) больше, чем в апогее. Однако, у горизонта Луна кажется *в несколько раз* большей, чем тогда, когда она находится высоко над нами. Иллюзорность этого явления подтверждают результаты измерений поперечного диаметра лунного диска при разных его положениях относительно горизонта. При отсутствии угломерных инструментов можно воспользоваться, например, спичкой, отмеряя тот

ее отрезок, который на расстоянии вытянутой руки точно соответствует диаметру Луны.

Иллюзорное увеличение видимого размера у горизонта наблюдается также у Солнца и созвездий. Объяснил это явление еще Птолемей (2-ой век нашей эры). Оно связано с особенностью восприятия человеком удаленных объектов, расположенных у горизонта.

Другие явления, имеющие отношение к Луне, рассматриваются в §7.

§7. Солнце

Общий вид. Слепящий свет препятствует наблюдениям Солнца невооруженным глазом. Но при заходе или восходе, когда солнечный диск касается горизонта, наблюдения можно вести без труда. В этих случаях атмосфера играет роль защитного фильтра. Однако, ослабляя свет, этот фильтр искажает цвет светила (делая его красным) и деформирует диск (сплющивая его в вертикальном направлении). Сплющивание объясняется тем, что из-за преломления света в атмосфере, плотность которой убывает с высотой, любой луч представляет собой кривую, вогнутостью своей обращенную вниз (рис.20). Следствием этого является увеличение угловой высоты светила над горизонтом, тем более значительное, чем ближе светило к горизонту.

Солнечный диск можно представить в виде совокупности светящихся точек. Нижняя точка истинного солнечного диска благодаря рефракции (т.е. преломлению света) приподнимается сильнее, чем верхняя. Поэтому солнечный диск деформируется (рис.21)

Как видно из рисунка, вследствие атмосферной рефракции у горизонта солнечный диск приподнимается больше, чем на величину своего углового диметра равного $32'$. Это явление существенно влияет на продолжительность дня. В момент начала или конца дня верхний край солнечного диска касается снизу горизонта (рис.22). Здесь имеется в виду тот диск, который видит наблюдатель. При этом центр *истинного* солнечного диска находится под горизонтом

Рис. 20. 1 - луч, идущий от зенита (он не искривляется), 2 и 3 - лучи от далёкого светила, причём, при отсутствии атмосферы в глаз наблюдателя попал бы луч 2, при наличии её туда попадает искривлённый луч 3 и наблюдатель воспринимает его идущим из направления 4.

на глубине $35' + 16' = 51'$, где $35'$ и $16'$ соответственно угол рефракции на горизонте и угловой радиус Солнца. В результате, продолжительность дня увеличивается по сравнению с тем, что ожида-

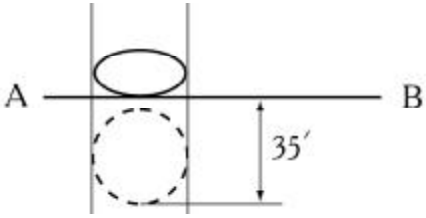

Рис. 21. Сплошной овал - контур видимого диска, прерывистая окружность - контур истинного диска (он находится целиком под горизонтом AB).

лось бы при нулевом угловом диаметре и отсутствии атмосферной рефракции.

В марте и сентябре день увеличивается приблизительно на величину

$$\Delta t = \frac{6{,}8^{м}}{\cos j},$$

где j - географическая широта пункта (см. Гл.VII). Например, на экваторе и в Пскове величина Δt в марте и сентябре соответственно равна $6{,}8^{м}$ и

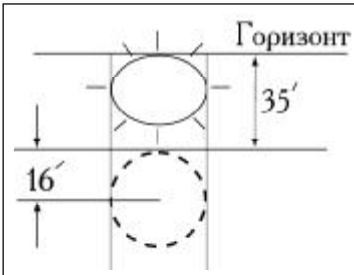

Рис. 22. Солнце в момент его захода.

$12{,}8^{м}$. Таким образом, утверждение, что на экваторе всегда день равен ночи - неточное.

Для ослабления блеска Солнца применяют темный светофильтр. Им может служить кусок стекла, закопченного на пламени свечи, защитное стекло, применяемое при электросварке, или кусочек засвеченной, но непроявленной фотопленки. Солнечный диск наблюдается как круг с очень четким, резким краем. Тот полупрозрачный слой солнечной атмосферы, из которого исходит наблюдаемый свет (фотосфера), имеет полутолщину всего 300 км, тогда как радиус Солнца равен 696000 км. Поэтому спад яркости на самом краю диска происходит в колечке, ширина которого меньше $1''$. Между тем, разрешающая способность человеческого зрения составляет около $1'$.

Защитный светофильтр окажется незаменимым при наблюдении солнечных затмений. Ниже рассматриваются некоторые обстоятельства, связанные с затмениями.

Если бы плоскости орбит Луны вокруг Земли и Земли вокруг Солнца совпадали, то затмения происходили бы при каждом новолунии - в тропической зоне и вблизи нее. На самом деле угол между этими плоскостями составляет $5{,}1^0$ и для затмения необходимо, чтобы новолуние случилось в момент, когда Луна располагается вблизи линии пересечения упомянутых плоскостей (вблизи линии узлов). В течение года такие условия выполняются от двух до пяти раз. Столько же раз затмения и происходят, причем они бывают частными (при прохождении по солнечному диску Луна не закрывает его полностью и не оказывается внутри него), полными (в течение нескольких минут или долей минуты лунный диск полностью перекрывает солнечный) и кольцеобразными (лунный диск целиком находится внутри солнечного, но не закрывает его полностью), рис.23.

В каком-нибудь определенном пункте солнечные затмения наблюдаются гораздо реже, чем на всей Земле. Например, в данном пункте полное затмение случается один раз в 200 - 400 лет, так как диаметр лунной тени на поверхности Земли не превосходит 270 км. Частные затмения происходят гораздо чаще, но во многих случаях,

большинство людей их не замечает. Дело в том, что смотреть на Солнце незащищенным глазом трудно и опасно. Но даже, если на краткое время взглянуть на него, то можно и не заметить (будучи ослепленным) надвигающегося диска Луны, если фаза затмения (максимальная доля солнечного диаметра, закрытая Луной) не больше 0,4 - 0,5. Продолжительность затмения Δt определяется как интер-

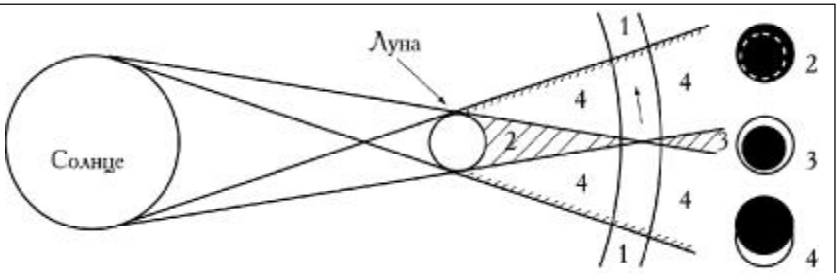

Рис. 23. 1 - положения участков Земли, где было или будет полное солнечное затмение, способное превратиться в кольцеобразное, 2 - область полных затмений, 3 - область кольцеобразных затмений, 4 - область частных затмений Солнца. Такие же номера присвоены изображениям соответствующих видов затмений.

вал между первым и последним касанием Солнца диском Луны. Максимальную фазу затмения можно рассчитать по приближенной формуле:

$$\Phi = 2 - \sqrt{4 - 0{,}908(\Delta t)^2}\ .$$

Здесь величина Δt, выраженная в часах, не больше 2,1.

Среди лунных затмений, которые могут происходить при полнолуниях, различают полные и частные, теневые и полутеневые затмения. При теневом затмении Луна видна лишь благодаря солнечному свету, *преломленному* в земной атмосфере, рис.24.

Лучи, проходящие у самой поверхности Земли, преломляются так сильно, что Луны не достигают. Чем больше минимальное расстояние солнечных лучей от поверхности Земли, тем слабее они преломляются (во все более разреженных слоях атмосферы) и тем даль-

ше отстоит от центра Земли точка, в которой они концентрируются. Но при разных затмениях Луна находится на разных расстояниях от Земли (из-за вытянутости лунной орбиты). Это - одна из причин, почему окраска диска Луны меняется от затмения к затмению. Цвет этого диска зависит от того, как сильно рассеивается и ослабляется коротковолновая составляющая солнечного света на разных высо-

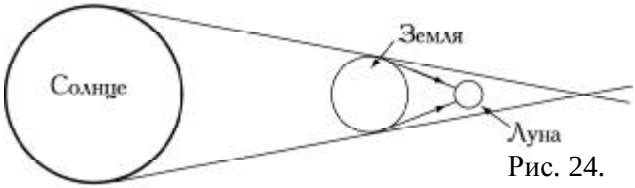

Рис. 24.

тах.

Нередко солнечные и лунные затмения служат поводом для распространения суеверий среди людей, не изучавших астрономию. В настоящее время такие суеверия пытаются оживить астрологи. Полезно знать, что “кровавый” цвет Луны вовсе не является предвестником каких-то бедствий. Он имеет то же объяснение, что и красный цвет заходящего или восходящего Солнца. В момент лунного теневого затмения лунный наблюдатель как раз и видит Солнце у земного горизонта, причём искаженное рефракцией изображение светила предстает в виде тончайшего ярко-красного кольца, опоясывающего диск Земли, повернутой к наблюдателю своей ночной стороной.