



Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

# АСТРОНОМИЯ

УЧПЕДГИЗ ~ 1951

Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

# АСТРОНОМИЯ

УЧЕБНИК  
ДЛЯ 10-го КЛАССА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

*ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ*

*Утверждён  
Министерством просвещения РСФСР*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР

МОСКВА ✱ 1951

## ВВЕДЕНИЕ

**§ 1. Предмет астрономии.** *Астрономия изучает движение, строение и развитие небесных тел и их систем.* Это древнейшая из всех наук: её зачатки мы встречаем уже у культурных народов Африки и Азии, живших несколько тысяч лет назад.

Уже первые наблюдатели неба заметили, что по положению Солнца и звёзд можно определять время. Например, в середине дня, в полдень, Солнце занимает самое высокое за данный день положение на небе. По изменению вида Луны (серп, полный диск и т. п.) и по положению других светил на небе можно измерять большие промежутки времени, т. е. можно составить календарь. Кочевые народы и мореплаватели научились определять по звёздам нужное им направление.

Этим целям астрономия служит и в наше время. Звёздами пользуются для определения курса и положения кораблей в море и самолётов. Точное время, сообщаемое по радио, определяется астрономами из наблюдений небесных светил. Без наблюдения небесных светил нельзя было бы составлять и точные географические карты. Таким образом, *астрономия возникла на основе практических потребностей человека и развивалась вместе с ними.*

Наблюдая ежедневный восход и заход Солнца и видимое движение звёзд относительно горизонта, люди думали, что все небесные светила на самом деле движутся вокруг неподвижной Земли. Земное и небесное резко разграничивалось друг от друга. Это ошибочное представление, поддерживавшееся религией, было опровергнуто материалистической наукой.

Было установлено, что Земля так же является небесным телом, как и другие небесные светила, что она ничем особым среди них не выделяется, что Земля и сходные с ней небесные тела, называемые планетами, движутся вокруг Солнца, что звёзды являются светилами, подобными нашему Солнцу, т. е. состоят из раскалённого газа и имеют размеры гораздо большие, чем Земля, и даже (во многих случаях) значительно превосходят по размерам наше огромное Солнце.

Прежние наивные представления о вселенной, основанные на заблуждениях людей далёкого времени, отражены в религиозных учениях. Согласно этим учениям, мир был сотворён богом или богами и существует будто бы в неизменном виде. Открытие истинного устройства

вещной показало людям, что мир на самом деле совсем не таков, каким он изображается в так называемых "священных" книгах.

Узнав законы природы, люди получили возможность покорять её, заставить её служить себе. Узнав причины таких небесных явлений, как солнечные затмения, появления комет и др., люди перестали испытывать суеверный страх перед ними. Суеверия, основанные на незнании истинных устройств вещной, могут сохраняться только среди отсталых людей не знающих строения мира. Поэтому, *не зная основ астрономии, нельзя иметь передовое научное мировоззрение.*

Наука о небесных светилах рассказывает нам, что есть небесные тела, совершенно непохожие на наш земной шар, что не одна лишь Земля может быть населена живыми существами, что всё в мире меняется в силу законов самой природы, что вселенная вечна, никогда не была сотворена и никогда не перестанет существовать.

Изучая астрономию, мы узнаём о планетах — других землях, окружающих многих лун, о далёких звёздах и скоплениях звёзд, столь далёких, что свет, распространяясь со скоростью около 300 000 км в секунду, идёт от них до нас годы и даже миллионы лет.

Данные астрономии полезны для развития других наук, например физики. Помогая другим наукам, астрономия пользуется их услугами. Физики помогают астрономам находить новые способы изучения небесных светил. Математики дают новые, лучшие способы для разных вычислений, без которых в астрономии нельзя обойтись, и т. д.

Астрономы нередко помогают историкам установить, когда произошли некоторые события. Например, в древней Греции во время одного сражения (между мидянами и ахейцами) произошло редкое явление — полное затмение Солнца. Астрономы сумели рассчитать, когда такое затмение могло быть видно в данной местности. Таким образом была установлена дата исторического сражения.

Астрономия основана на наблюдениях небесных явлений. Без этих наблюдений узнать астрономию как следует невозможно. Поэтому каждый учащийся должен знакомиться с основными небесными явлениями и почше внимательно приглядываться к звёздному небу, стараясь сам увидеть то, о чём говорится в учебнике. Многие из этих явлений нельзя подметить сразу: они выясняются лишь из сравнения друг с другом наблюдений, произведённых в разное время. Астрономия изучает природу в самых грандиозных её проявлениях, и без знакомства с природой на личном опыте изучение её останется книжным и мёртвым, представляющим нечёткий и неясный.

Читайте же почше великую книгу природы — звёздное небо, постоянно распространяющее у вас над головой.

## ГЛАВА I

### НЕБЕСНАЯ СФЕРА И ЗЕМЛЯ

#### НЕБЕСНАЯ СФЕРА

**§ 2. Небосвод и созвездия.** Где бы мы ни находились на открытом месте (в поле, в степи или в море), небо, будь оно облачное или ясное, представляется нам в виде купола, опрокинутого над нашей головой. Этот купол неба, или небосвод, днём в ясную погоду голубой, в пасмурную погоду — серый, а в ясную ночь он кажется усыпанным звёздами.

Земля нам кажется тогда кругом, в середине которого мы стоим и край которого как будто соприкасается с небосводом по горизонту. Мы знаем, что в действительности небо с Землей не сходится и что линия горизонта — это видимая граница наблюдаемой части земной поверхности. Точно так же и небосвод как купол неба в действительности не существует. Небесные светила, т. е. Солнце, Луна и звёзды, лишь кажутся помещёнными на небосводе — все как будто на одинаковом расстоянии от нас. В действительности же все эти светила находятся от нас на самых различных очень больших расстояниях.

Голубой цвет дневного неба происходит оттого, что атмосфера Земли, окружающая земной шар, рассеивает во все стороны проходящий через неё солнечный свет. Но белый солнечный свет состоит, как известно, из смеси всех цветов радуги, а воздух рассеивает голубые лучи сильнее, чем лучи других цветов. Поэтому воздух как бы и "окрашивается" в голубой цвет.

Чем выше над земной поверхностью, тем меньшая часть атмосферы остаётся над головой наблюдателя и тем слабее рассеяние его солнечного света. Там (например с очень высокой горной вершины или с самолёта и со стратостата) небо кажется гораздо темнее, и на нём можно даже днём заметить наиболее яркие звёзды. В телескоп дневное небо тоже кажется темнее, чем для невооружённого глаза. В телескоп яркие звёзды можно видеть и днём. Следовательно, если днём на небосводе мы звёзд не видим, то только потому, что видеть мешает их солнечный свет, рассеянный земной атмосферой. Во время полного солнечного затмения небо темнеет и звёзды становятся видны простым глазом.

Нам кажется, что звёздам, рассыпанным на ночном небосводе, нет числа и что разобратся в них нет никакой возможности. Однако, внимательно присматриваясь к небу, мы убеждаемся, что и

звезд не так много и что разобраться в них не так трудно. Одно-временно над горизонтом при самых благоприятных условиях невооружённым глазом можно видеть не больше 3 000 звезд.

*Всё звёздное небо разбито на участки. Эти участки звёздного неба называются созвездиями.*

Ещё древние наблюдатели неба тысячи лет назад разбили звёздное небо на участки, в которых совершенно произвольно сгруппировали звёзды в различные фигуры — созвездия. Они дали этим группам (созвездиям) фантастические названия, сохранившиеся за ними до наших дней. Большинство таких названий звучит для нас теперь странно, так как созвездия названы именами предметов и существ, с которыми в рас-положении звезд часто нет ничего общего. В ряде случаев эти названия были связаны с разными древними легендами.

Всего на небе выделено 88 созвездий. Из них достаточно знать и уметь находить на небе немногие, содержащие яркие звёзды. Для удобства нахождения созвездий их наиболее яркие звёзды мысленно соединяют прямыми линиями так, чтобы получились простые геометрические фигуры или схематические рисунки.

Звёзды созвездий не меняют своего взаимного расположения. От них отходятся *линии* (от греческого *планетес*, т. е. блуждающие) — *схематизм, которые мыслят своё видимое место среди созвездий*, перемещаясь по сложным линиям, напоминающим петли.

Невооружённым глазом видно 5 планет, по своему виду похожих на яркие звёзды. Это — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн.

### § 3. Нахождение созвездий на небе.

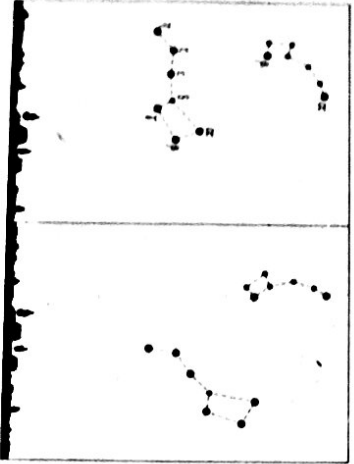


Рис. 1. Созвездие Большой Медведицы и Малой Медведицы в разных положениях относительно горизонта.

Ставлена часть современной карты звёздного неба в области созвездия Большой Медведицы.

На рисунке 3 воспроизведена старинная звёздная карта, на которой, кроме звезд, рисовалась и фигура того зверя, именем которого названо созвездие.

Отправляясь от созвездия Большой Медведицы, найдите созвездие Малой Медведицы. Её главные 7 звезд (менее яркие, чем звёзды Большой Медведицы), если их мысленно соединить прямыми линиями, как

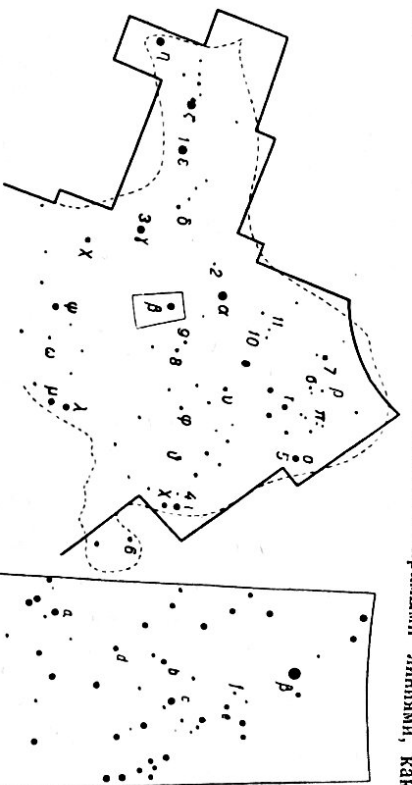


Рис. 2. Созвездие Большой Медведицы.

Слева изображён участок карты звёздного неба с современными (сплошные линии) и прежними (пунктирные линии) границами созвездий. Размеры кружков соответствуют яркостям звезд. Справа изображена карта области около звезд  $\beta$  этого созвездия в увеличенном масштабе, содержащая, кроме того, звезды и более слабые, чем те, которые нанесены на левой карте.

показано на рисунке 1, также образуют ковш меньшего размера. Самая яркая звезда в этом созвездии (в конце ручки „ковша“) носит на-звание Полярной.

По другую сторону от Полярной звезды, если идти от Большой Медведицы, приблизительно на таком же расстоянии, раскинулся созвездие Кассиопея. Оно характерно пятью достаточно яркими звёздами, расположенными в форме буквы W или опрокинутой и растянутой у основания буквы M.

Под Кассиопеей находятся созвездия Андромеды и Пегаса. По обе стороны от линии, соединяющей Большую Медведицу и Кассиопею, расположены созвездия Лебедя, Лира и Орла (по одну сторону) и созвездия Возничего, Близнецов, Тельца, Ориона, Большого Пса и Малого Пса (по другую сторону).

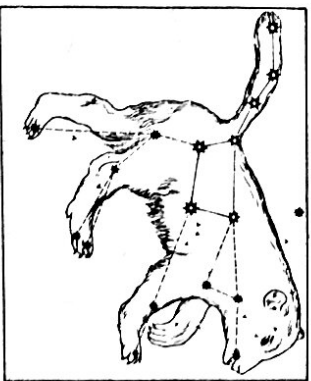


Рис. 3. Фигура созвездия Большой Медведицы (со старинной звёздной карты).

Каждый учащийся должен уметь найти на небе указанные созвездия, запомнив характерное расположение их ярких звезд. Эти созвездия показаны на рисунках 4, 5 и 6.

Находить созвездия на небе лучше в такой вечер, когда этому не мешает яркий свет Луны. Следует иметь в виду, что некоторые со-

звезды (среди перечисленных — обе Медведицы и Кассиопея) видны на небе всегда. Другие созвездия иногда видны, иногда же находятся под горизонтом. Кроме того, в разные часы суток и в разные времена года каждое созвездие занимает различные положения относительно горизонта. Для более лёгкого нахождения созвездий подвижная карта неба особенно удобна, так как она показывает расположение созвездий относительно горизонта в любой день и час года (см. приложение VII).

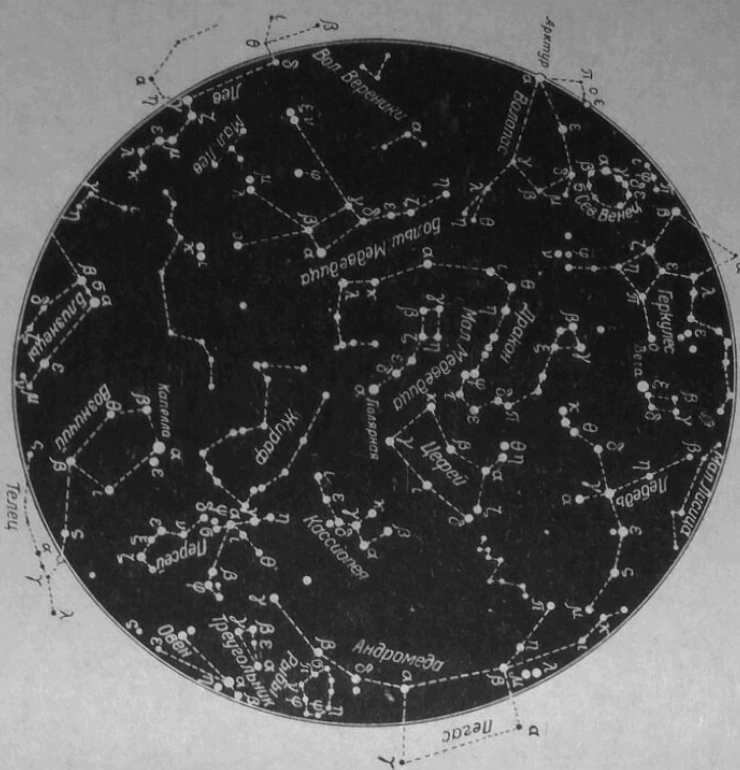


Рис. 4. Созвездия северного звёздного неба в окрестностях Полярной звезды.

Для облегчения нахождения созвездий надо постепенно переходить от одного знакомого уже созвездия к другому, ещё не найденному. При этом надо заметить, в какую сторону от знакомого созвездия находится то, которое мы ищем. Надо обращать внимание на относительную яркость звёзд, которая на карте изображена кружками разного размера. Какими линиями удобно соединять звёзды — показано на карте, хотя это является чисто условным приёмом.

Из названных выше созвездий по вечерам Лира (с яркой звездой, называемой Ветна), Лебедь и Орёл (со звездой Альтаир) видны летом, и осенью всю ночь, Водолей (с яркой звездой Арктур) — весной и летом, Возничий, Тельце, Орион и Большой Пёс (с самой яркой звездой

неба Сирiuсом) — зимой, Персей, Андромеда и Пегас — это летние и осенние созвездия.

**§ 4. Звёздные величины.** Звёзды весьма различны по видимому блеску. С древних времён называют *самые яркие звёзды — звёздами*

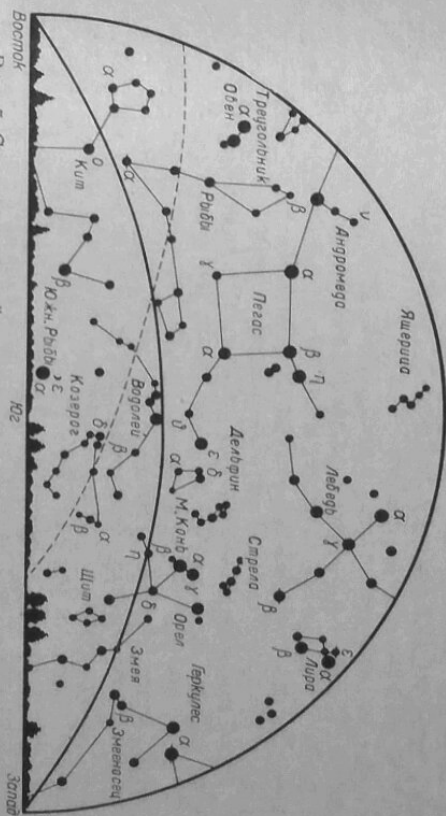


Рис. 5. Созвездия южной половины неба 23 сентября около 22 часов (в средних широтах СССР).

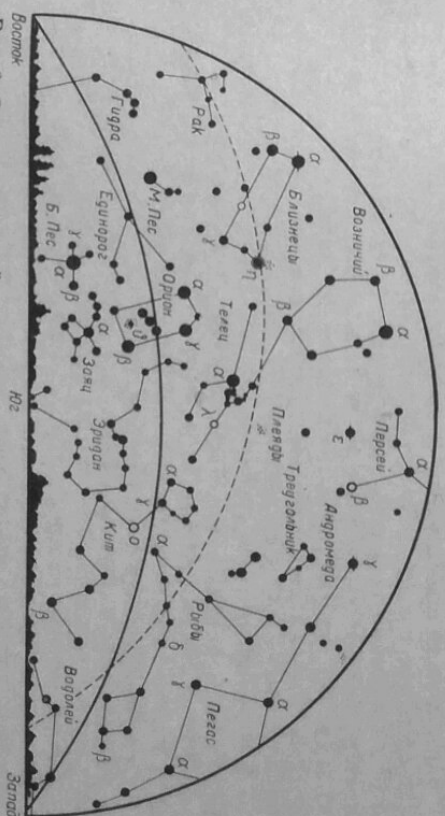


Рис. 6. Созвездия южной половины неба 22 декабря около 22 часов (в средних широтах СССР).

*первой величины.* Звёзды, в  $2\frac{1}{2}$  раза более слабые, называют звёздами второй величины и т. д. Самые слабые звёзды, видимые зорким глазом в безлунную ночь, — это звёзды шестой величины. Они по блеску в 100 раз слабее звёзд первой величины.

Укоренившееся старинное название "звёздная величина" не имеет ничего общего с размером, с действительной величиной звёзд. Поня-

те „звёздная величина“ характеризует блеск звёзд. Чем звезда слабее, тем её звёздная величина больше. Это подобно тому, как, например, более крупные плоды относятся к первому сорту, меньшие — ко второму и т. д.

Шесть из семи главных звёзд Большой Медведицы и Полярная представляют собой пример звёзд второй величины. Пример звёзд первой величины — Арктур, Альгайр.

Точные измерения блеска звёзд потребовали введения промежуточных дробных обозначений звёздных величин, например: 1,2 или 5,9. Для счета более ярких, чем звёзды, принятые за образец 1,0 величины, ввели обозначение 0 звёздной величины, — 1, — 2 величины (со знаком минус) и т. д. Например, звёздная величина Сирруса — 1,6.

В телескоп видны звёзды более слабые, чем звёзды шестой величины, — седьмой и т. д. величины. Чем звёзды слабее, тем их число больше. Звезда первой величины и ярче — около двадцати. Звезд шестой величины и ярче — около шести тысяч.

**§ 5. Названия и обозначения звёзд.** Звёзды первой величины ещё в древности получили собственные названия, как, например, Сиррус, Вета, Альгайр. Кроме того, яркие звёзды, в каждом созвездии отдельно, обозначают буквами греческого алфавита:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , ... и т. д., приблизительно в порядке убывания их яркости. Так, например, Сиррус есть в то же время  $\alpha$  Большого Пса, Полярная —  $\alpha$  Малой Медведицы, Ригель —  $\beta$  Ориона и т. д.

Многие более слабые звёзды обозначаются буквами латинского алфавита. Наконец, для всех звёзд, в том числе совсем слабых, для которых буква, естественно, нехватит, можно указывать их звёздную величину и место, которое они занимают на небе, или номер по специальному каталогу, под которым они в этом каталоге значатся.

Греческий алфавит и собственные названия всех звёзд первой величины, указав в СССР, даны в приложениях II и III.

**§ 6. Небесная сфера, зенит, горизонт.** Все звёзды кажутся нам одинаково от нас далёкими. Поэтому удобно условным образом считать звёзды как бы находящимися на внутренней поверхности шара произвольного радиуса, называемого небесной сферой, в центре которой находится глаз наблюдателя.

Истинные расстояния до звёзд очень различны, и мы можем определить их только путём очень точных измерений и расчётов. Для глаза же это различие в расстояниях совершенно незаметно, и такие явления, как восход и заход звёзд, происходят независимо от их расстояния до нас. Мы пользуемся понятием небесной сферы для удобства рассмотрения простейших видимых небесных явлений, таких, например, как восход и заход светил. Мы знаем, что в действительности ни небосвода как твёрдого купола над нами, ни какой-либо реальной небесной сферы не существует. В древности же считали эту небесную сферу не математическим понятием, как считаем её мы, а действительно существующим хрустальным шаром.

Рассуждая о восходе, заходе и других подобных явлениях, мы считаемся лишь с направлением, по которому видны звёзды (например

близ горизонта, над головой и т. д.); поэтому безразлично, какой бы радиус для небесной сферы мы себе ни вообразили. Рисунок 7 показывает, например, что любая звезда, видимая наблюдателем по какому-либо направлению, будет там видна, на какой бы сфере мы её ни вообразили: на сфере радиуса  $R_1$  или на сфере радиуса  $R_2$ . Поэтому и говорят, что небесная сфера имеет неопределённый или произвольный радиус.

Отвесная линия, проходящая через глаз наблюдателя, пересекает небесную сферу в точке зенита. Зенит есть наивысшая точка над головой наблюдателя. Направление отвесной линии даёт отвес — грузик, висющий на нити. Плоскость, перпендикулярная к отвесной линии, называется горизонтальной плоскостью.

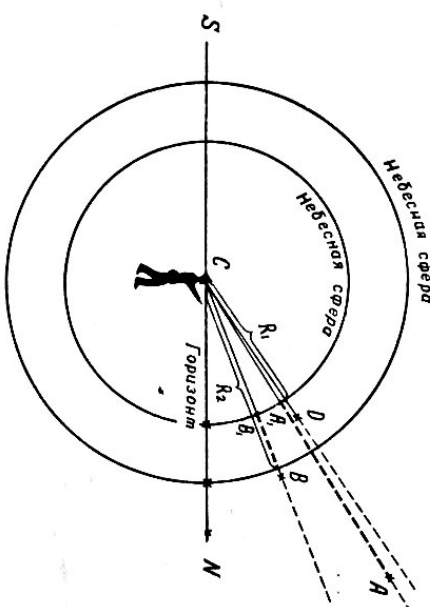


Рис. 7. Проектирование небесных светил на небесную сферу.

Математическим горизонтом называется линия пересечения небесной сферы с горизонтальной плоскостью, проходящей через центр небесной сферы. В отличие от него так называемый видимый горизонт ограничен линией, по которой, как нам кажется, небо „сходится“ с Землей. Плоскость горизонта можно определить при помощи уровня.

**§ 7. Угловые измерения.** Считая условно все светила расположенными на небесной сфере (вернее, проектируя их на неё), мы можем измерять только углы между направлениями, по которым мы эти светила видим. Этим углам на небесной сфере соответствуют дуги больших кругов. Например (см. рис. 7), мы говорим, что звёзды А и В отстоят на небесной сфере одна от другой на  $23^\circ$ , если угол между направлениями на эти звёзды СА и СВ ( $\angle ACB$ ) составляет  $23^\circ$ . На небесной сфере этому углу соответствует дуга  $A_1B_1$ , равная  $23^\circ$ . Звезда А может быть гораздо дальше от нас, чем звезда В, но если обе они видны почти по одному и тому же направлению, мы скажем, что на небесной сфере звезда D значительно ближе к звезде А, чем к звезде В.

хотя в *пространстве* линейное расстояние (например в километрах) от  $D$  до  $A$  может быть гораздо больше.

Подобно этому, Солнце и Луна имеют почти одинаковый видимый угловой диаметр—около полтора градуса, хотя истинный диаметр Луны меньше солнечного почти в 400 раз. Зато она во столько же раз ближе к нам, чем Солнце, и поэтому кажется одинакового с ним углового размера. Бесмысленно сравнивать видимый угловой диаметр Луны с копеей или с тарелкой, если не отнести последние к какому-либо расстоянию. Действительно, на расстоянии вытянутой руки копейка покроет только Луну, но если копеечку поднести ближе к глазу, ею можно будет закрыть весь мир. Луну можно сравнить с копеечкой, если добавить, с какого расстояния мы будем эту копейку рассматривать. Точно так же бессмысленны выражения вроде: „Луна поднялась на полметра над горизонтом“ или „От одной звезды до другой расстояние на небе составляло 2 метра“.

Итак, на *небесной сфере* можно *приводить только угловые измерения*.

*Высотой светила* называем его *угловое удаление от горизонта*. Например, высота светила  $B$  (рис. 7) измеряется углом  $BCN$ .

Если вытянуть руку, расставив большой и указательный пальцы, расстояние между концами пальцев человек увидит под углом около  $16^\circ$ . Такой „угловой четверть“ можно, конечно, очень грубо, производить угловые измерения на небе. Хорошо также запомнить, что угловое расстояние между звездами  $\alpha$  и  $\beta$  Большой Медведицы равно  $50^\circ$ , а между  $\alpha$  Большой Медведицы и Полярной звездой почти  $30^\circ$  (точнее  $28^\circ$ ).

С помощью специальных астрономических приборов можно измерять угловое расстояние с точностью до  $0''01$ . Для наглядности замечим, что под углом в  $0''01$  видна толщина спички с расстояния 20 км, а толщина человеческого волоса на расстоянии вытянутой руки видна под углом в  $20''$ .

### Вопросы для самопроверки

1. Что изучает астрономия?
2. Какое значение астрономия имеет для мировоззрения?
3. Какое значение для изучения астрономии имеют наблюдения?
4. Что такое созвездия и как их находить на небе? Какие созвездия вы знаете?
5. Как „звездной величиной“ характеризуют блеск звезд?
6. Как обозначаются звезды в созвездиях?
7. Назовите некоторые звезды первой величины.
8. Что такое небесная сфера и зачем нужно это понятие?
9. Что такое горизонт и зенит?
10. Почему на небесной сфере возможны только угловые измерения?
11. Что называется высотой светила?

### Упражнения

1. На каком расстоянии от глаза надо держать монету в 15 коп. (её диаметр 2 см), чтобы она была видна под таким же углом, как Луна? (Для расчёта укажем, что при радиусе круга, равном 1, длина его дуги в  $1^\circ = 1/57$ , а длина дуги в  $1''$  равна  $1/206265$ .)
2. Начертите две параллельные линии толщиной по 1 мм на расстоянии 1 мм друг от друга. Определите, на каком расстоянии они для вас сольются в одну линию, и высчитайте, подобно предыдущему, под каким углом теоретически виден вам тогда миллиметровый промежуток между ними. Это будет характеризовать, как говорят, разрешающую силу вашего глаза.

8. Суточное вращение небесной сферы. Выйдя вечером на открытое место, заметим положение какой-нибудь яркой звезды *вблизи горизонта*, в восточной его части. Посмотрим снова на эту звезду через час. Мы убедимся в том, что звезда поднялась над горизонтом и несколько сместилась вправо (рис. 8).

Продолжав такое же наблюдение звезды и в западной части неба, мы убедимся в том, что звезда, подобно Солнцу и Луне, поднимается в восточной части горизонта, достигают наивысшего положения в южной части неба и затем заходят в западной части горизонта. На следующий день они продолжат то же самое, видимо, совершая таким образом полный оборот по небу за одни сутки.

При этом суточном вращении все звезды перемещаются, не меняя своего взаимного расположения. Звездное небо кажется вращающимся как одно целое в направлении движения стрелки часов со скоростью одного оборота в сутки.

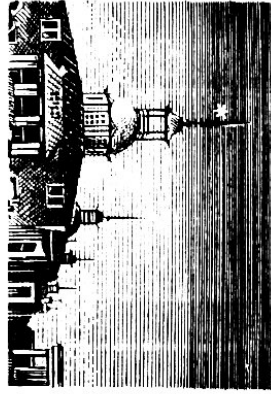


Рис. 8. Звезды в восточной стороне неба перемещаются вправо и вверх.

Присмотревшись внимательнее, мы заметим, что звезды разных созвездий описывают круги различных размеров. Одни созвездия за сутки описывают круги большого размера, часть которых находится под горизонтом. Такие созвездия в течение суток восходят и заходят, как, например, Пегас, Персей, Орion, Телец. Другие созвездия, как, например, Большая Медведица, описывают круги небольшого размера. Весь круг их движения остаётся над горизонтом—это созвездия *незаходящие*.

На самом деле вращается земной шар. Он вращается против часовой стрелки, если смотреть на него с северного полюса. Нам, не чувствуя вращения Земли, кажется наоборот, что небо вращается в противоположную сторону—по часовой стрелке.

§ 9. Географические координаты. Из курса географии известно, что положение какой-нибудь точки на земном шаре совершенно точно может быть определено двумя географическими координатами—*географической широтой* (обозначение  $\varphi$ ) и *географической долготой* (обозначение  $\lambda$ ).

Для этой цели *через полюсы Земли проводят большие круги, называемые меридианами*. Один из них, проходящий через Гринвичскую обсерваторию (вблизи Лондона), принимают за начальный. Кроме того,

по Земле, параллельно экватору, проводят *малые* круги, называемые *географическими параллелями*. (Экватор — большой круг, плоскость которого проходит через центр Земли перпендикулярно к оси Земли.) Географическая дуга измеряется дугой экватора или параллели, заключённой между начальным меридианом и меридианом, проведённым через данную точку. Дуга измеряется к востоку от начального меридиана временем, которое нужно Земле для того, чтобы повернуться вокруг оси на угол, соответствующий дуге, измеряющей долготу. Долготу можно отсчитывать и к западу, и к востоку, и тогда её соответственно называют западной или восточной.

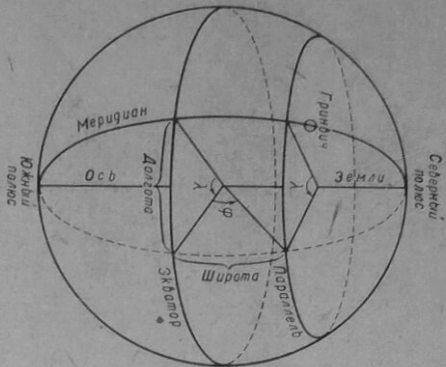


Рис. 9. Географические координаты: широта и долгота.

На географической карте или на глобусе географическая широта отсчитывается по меридиану от экватора до географической параллели, проведённой через данную точку. Она выражается в градусах. Широта, отсчитываемая к северу от экватора, называется северной (знак +), а отсчитываемая к югу — южной (знак —) (например, широта Ашхабада  $+37^{\circ}45'$ , а широта Мельбурна составляет  $-37^{\circ}50'$ ).

**§ 10. Полюсы и ось мира.** Присматриваясь внимательно к небу, мы заметим, что в течение суток созвездия Большой Медведицы опираются на небо довольно большой круг, образуемый концы ручки этого ковша, кажется почти неподвижной. Эту звезду и называют Полярной. В течение суток она описывает очень небольшой кружок и всегда видна почти на одной и той же высоте над горизонтом, в северной стороне неба. Остальные звёзды Малой Медведицы за сутки описывают тем большие круги, чем дальше от Полярной звезды они находятся.

Полярную звезду ( $\alpha$  Малой Медведицы) находят так: через две крайние звёзды «ковша» Большой Медведицы (от  $\beta$  к  $\alpha$  Большой Медве-

Так как полный оборот ( $360^{\circ}$ ) Земли совершает за 24 часа, то каждые  $15^{\circ}$  долготы составляют 1 час долготы, и, таким образом,  $1^{\circ} = 4$  мин.,  $1$  мин.  $= 15''$  и  $1$  сек.  $= 15''$ . Угол между плоскостями московского и гринвичского меридианов составляет  $37^{\circ}34'$ . Это и есть долгота Москвы от Гринвича —  $37^{\circ}34'$  (долгота эта восточная), или 2 часа 30,3 мин.

Географическая широта измеряется углом между плоскостью экватора и отнесённой линией в данном месте Земли. Если Землю считать точным шаром, то отвесная линия проходит везде в точности через центр Земли и совпадает с радиусом Земли в этом месте.

лицы) надо мысленно провести прямую линию и продолжить её на пикетное расстояние между этими звёздами. У конца этой линии мы и увидим Полярную звезду.

На рисунке 1 показано изменение в течение суток положения Большой Медведицы относительно горизонта и неизменность положения Полярной. Необходимо, однако, наблюдениями самому убедиться в том, что это так именно и происходит.



Рис. 10. Фотография полярной области неба, выполненная неподвижным фотоаппаратом.

Следующий интересный опыт, доступный каждому школьнику, знакомому с фотографией, наглядно показывает ход суточного вращения небесной сферы. В безлунную ясную ночь направляют на Полярную звезду фотоаппарат, установивший «на бесконечность», и подпирают его чем-либо снизу. Оставив аппарат с открытым затвором в этом закреплённом положении на несколько часов, проявляют снимок. На фотографической пластинке (негативе) обнаруживаются чёрные следы звёзд (на позитиве — светлые; рис. 10). Все они имеют вид концентрических

дуг. Линейные длины этих дуг различны, но в градусной мере они равны. В центре их лежит центр вращения.

Такой же центр вращения можно найти в южном полушарии неба. Он оказывается на небесной сфере в точке, прямо противоположной такой же точке северного небесного полушария, о которой только что говорились. Но ведь в центре небесной сферы находится наш глаз. Следовательно, наблюдая небо, мы убеждаемся в том, что небесная сфера вращается как одно целое вокруг некоторой оси, проходящей через наш глаз. *Ось суточного вращения небесной сферы называется осью мира.* Направление её мы найдём, если из своего глаза мысленно проведём прямую линию к найденной вышеописанным путём точке неба, которая не принимает участия в суточном вращении небесной сферы.

*Полосами мира называются точки пересечения небесной сферы с осью мира.* Полярная звезда расположена вблизи северного полюса мира (на расстоянии около  $1^\circ$ ). Южный полюс мира видим только с южного полушария Земли, и вблизи него никакой яркой звезды нет. Плоскость, перпендикулярная к оси мира и проходящая через центр небесной сферы, называется *плоскостью небесного экватора*, а линия пересечения её с небесной сферой — небесным экватором. Таким образом, *небесный экватор есть большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна к оси мира.*

*Экватор делит небесную сферу на два полушария — северное и южное.* Мы видим, что ось мира, полюс мира и небесный экватор аналогичны оси, полюсам и экватору Земли. Да это и естественно, так как перечисленные названия связаны с кажущимся вращением небесной сферы, а оно само есть следствие действительного вращения земного шара.

**§ 11. Небесный меридиан и полюденная линия.** Небесный меридиан. *Плоскостью небесного меридиана называется плоскость, проходящая через оптическую линию и ось мира.* Пересекаясь с небесной сферой, эта плоскость образует линию *небесного меридиана*. Вертикальная плоскость, проходящая через Полярную звезду и через наблюдателя, будет приблизительно плоскостью меридиана.

*Полюденной линией называется линия пересечения плоскостей меридиана и горизонता.* Это — горизонтальная линия.

В любом месте Земли плоскость небесного меридиана совпадает с плоскостью географического меридиана этого же места.

Точки горизонта. Горизонт пересекается с небесным меридианом в точках севера ( $N$ ) и юга ( $S$ ), а с небесным экватором — мира (к Полярной звезде) и запада ( $W$ ). Если мы станем лицом к полюсу точки севера, за спиной — точку юга, справа — точку востока и слева — точку запада. Помня это, мы всегда сможем ориентироваться на местности.

Введённые в этом параграфе определения надо твердо запомнить и хорошо усвоить, так как без них и простейшие небесные явления, и практические применения астрономии останутся непонятными. Чтобы

яснее представить себе всё, что было сказано выше, изобразим небесную сферу на чертеже (рис. 11). На этом чертеже  $C$  — центр небесной сферы, в которой находится глаз наблюдателя,  $ZCZ'$  — отвесная линия, причём  $Z$  — зенит,  $Z'$  — надир (противоположная зениту точка небесной сферы),  $PP'$  — ось мира,  $P$  — северный полюс мира,  $P'$  — южный полюс мира,  $EAWQ$  — небесный экватор, плоскость которого перпендикулярна к оси мира,  $ESWN$  — горизонт,  $S$  — точка юга,  $N$  — точка севера,  $E$  — точка востока и  $W$  — точка запада. Легко понять, что над горизонтом видна ровно половина небесной сферы и половина небесного экватора, а также то, что в точках  $E$  и  $W$  (отстоящих от точек  $N$  и  $S$  на  $90^\circ$ ) и горизонт, и экватор делится пополам.

Линия  $SN$  есть полюденная линия, названная так потому, что в полдень тени от предметов падают как раз по этому направлению, а дуга  $NPZAS$  — небесный меридиан.

Необходимо научиться чертить небесную сферу. Угол  $PCN$  между осью мира и плоскостью горизонта можно брать каким угодно. Как мы потом увидим, этот угол зависит от местонахождения наблюдателя на земном шаре.

**\* § 12. Практическое определение полюденной линии.** Для практического определения на местности положения полюденной линии, а по ней — и положения меридиана, существует много способов. Простейшие из них, но не очень точные, следующие.

а) Ночью по Полярной звезде. Устанавливаем неподвижно каким-либо способом отвес (груз на нитке) и отмечаем место, которого он коснётся внизу. Затем, держа в руке второй отвес, располагаем его — и свой глаз так, чтобы Полярная звезда и оба отвеса сошлись, т. е. чтобы один отвес в точности заслонил другой и оба они заслонили бы звезду. Отмечаем место, которого при этом касается второй отвес. Очевидно, плоскость, проходящая через оба отвеса, будет плоскостью меридиана, а прямая, соединяющая на земной поверхности точки, где были сделаны нами две отметки, будет показывать направление полюденной линии.

Так как Полярная звезда не находится в полюсе мира, при таком определении полюденной линии можно ошибиться на угол, доходящий на широте Ленинграда на  $2^\circ$ , а для местностей, лежащих ещё севернее, и более.

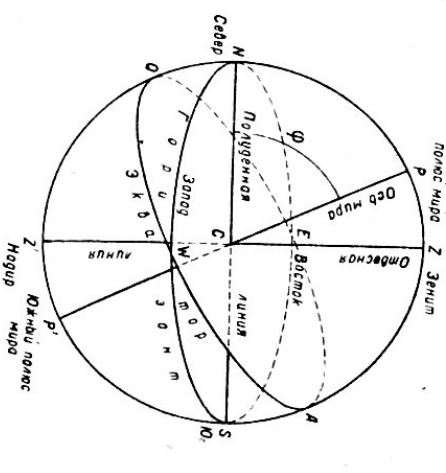


Рис. 11. Основные точки и линии небесной сферы.

6) Днём по Солнцу. На ровной поверхности укрепим вертикально (по отвесу) стержень (рис. 12). Часа за 2 до полудня отметим на этой поверхности положение конца стержня  $A$  и от основания стержня  $S$ , как из центра, начертим окружность радиусом  $AS$ , равным длине тени. Тень от стержня постепенно станет укорачиваться и поворачиваться к северу. После полудня она станет удлиняться, продолжая поворачиваться. Отметим на нашей окружности точку  $B$ , в которой к вечеру конец тени снова её коснётся. Точки  $A$  и  $B$  соединим прямой линией, серединой которой  $N$ , будучи соединена с основанием стержня  $S$ , и даст положение полуденной линии  $SN$ .

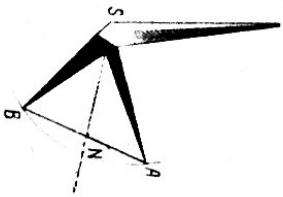


Рис. 12. Определение положения полуденной линии.

Теоретически положение полуденной линии можно было бы определить, отметив попросту направление тени в тот момент, когда она будет наиболее короткой. Однако практически этот способ слишком неточен, так как вблизи полудня, когда тень самая короткая, её длина меняется очень медленно, почти незаметно, а направление тени меняется быстро.

**§ 13. Кульминация светила.** Определив положение меридиана, проследим за движением звёздного неба. Мы убедимся в том, что при своём суточном вращении около оси мира всякое светило дважды пересекает меридиан. *Кульминациями называются прохождения светила через меридиан.* При этом оно один раз занимает самое высокое положение над горизонтом — это верхняя кульминация, а другой раз самое низкое положение — это нижняя кульминация. Промежуток времени между верхней и нижней кульминациями составляет полусутки. Одна из этих кульминаций (у светила восходящих и заходящих) или обе (у светила невосходящих) происходят под горизонтом, и поэтому невидимы.

*Момент верхней кульминации Солнца называется истинным полднем. Момент нижней кульминации Солнца называется истинной полночью.*

При первой из них Солнце видимо, при второй — нет. Однако в жарких странах иногда обе кульминации Солнца происходят над горизонтом (т. е. ночи нет). Иногда же обе они происходят под горизонтом (т. е. Солнце не восходит). Момент кульминации других светил зависит от их положения на небесной сфере и от времени года. Наблюдая какую-нибудь звезду каждый вечер, мы убедимся в том, что в данной местности каждая звезда кульминирует всегда на одной и той же высоте над горизонтом; на какой именно — это зависит от её положения на небесной сфере и от географической широты местности.

Высота же Солнца над горизонтом в момент его верхней кульминации бывает различной не только для разных местностей (например

в Ленинграде и в Севастополе), но и в разное время года (зимой она меньше, летом — больше). Для Луны и планет эта высота меняется более сложным образом.

**§ 14. Координаты небесных светил.** *Положение каждого светила на небесной сфере определяется двумя сферическими координатами, которые выражаются двумя числами, подобно тому, как положение каждого места на земном шаре определяется его географическими координатами.*

Координаты небесных светил различны в зависимости от того, по отношению к каким линиям эти координаты мы будем отсчитывать. На Земле координаты отсчитываются относительно земного экватора и географического меридиана.

На небесной сфере координаты можно отсчитывать относительно небесного экватора (наподобие географических широт) и начального круга склонения (как бы начального меридиана при определении географической долготы.) Это будет *эклиптическая система координат*. Если же координаты светил отсчитывать относительно горизонта, мы получим *горизонтальную систему координат*.

Высота светила (над горизонтом), о которой мы говорили в § 7, и есть одна из координат в горизонтальной системе.

Положение небесного экватора на небесной сфере не зависит ни от положения наблюдателя на Земле, ни от часа суток, ни от времени года. Поэтому экваториальные координаты звёзд не меняются. Горизонтальные же координаты светил непрерывно меняются с течением времени и зависят, кроме того, от положения наблюдателя на Земле, потому что по отношению к мировому пространству плоскость горизонта в данном месте Земли вращается вместе с нею. *Определение времени и положения наблюдателя на земном шаре (орентировка) требуется как раз измерения горизонтальных координат светил путём наблюдений. Для составления же карты неба и для занесения небесных светил в каталоги нужно пользоваться экваториальной системой координат.*

Экваториальные и горизонтальные координаты одного и того же светила связаны друг с другом, и от одних из них можно перейти к другим посредством пересчёта (но лишь для определённого момента и для определённого положения наблюдателя на земном шаре). Практически координаты светил измеряются при помощи специальных угловых приборов.

**\* § 15. Горизонтальная система координат.** На рисунке 13 изображена видная над горизонтом половина небесной сферы. Круг  $NQS$  есть горизонт,  $Z$  — зенит,  $S$  — точка юга. Для определения положения точки  $M$ , находящейся на небесной сфере, проведём через неё из зенита дугу большого вертикального круга  $ZQ$ . Горизонтальными координатами точки  $M$  будут: *высота ( $h$ ), измеряемая дугой  $QM$ , выражающей угловое расстояние точки  $M$  от горизонта, и азимут ( $A$ ), измеряемый дугой  $SQ$ , отсчитываемый от точки юга  $S$  к западу и выражающий угол между небесным меридианом и вертикальным кругом, проходящим через точку  $M$ .*

Высота  $h$  — часто употребляют зенитное расстояние точки  $M$  от зенита. Высота, зенитное расстояние и азимут выражают в градусах.

§ 16. **Экваториальная система координат.** На рисунке 14 изображена небесная сфера с экватором. Большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна плоскости экватора, проходящий через некоторую точку, называемую точкой весеннего равноденствия и обозначаемую особым знаком  $\Upsilon$ , есть *начальный круг склонения*. Для определения положения точки  $M$  проведем через неё из полюса мира  $P$  круг склонения  $PМq$ . Экваториальными координатами точки  $M$  будут: *склонение* ( $\delta$ ), *измеряемое дугой  $qM$ , выходящей из полюса*

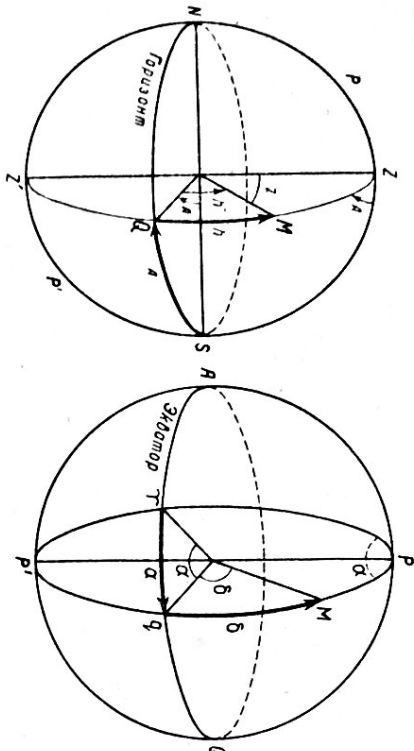


Рис. 13. Горизонтальная система координат.

Рис. 14. Экваториальная система координат.

*расстояние точки  $M$  от небесного экватора, и прямое восхождение* ( $\alpha$ ), *измеряемое дугой  $\Upsilon q$ , отсчитываемое от точки  $\Upsilon$  против часовой стрелки* (если смотреть с северного полюса мира) *и выражающее угол между начальным кругом склонения и кругом склонения, проходящим через точку  $M$ .*

Склонение ( $\delta$ ) выражается в градусах и к северу от экватора считается положительным ( $+$ ), а к югу — отрицательным ( $-$ ); прямое восхождение ( $\alpha$ ) выражается не в градусах, а во времени подобно географической долготе.

Таким образом, склонение светил подобно географической широте, а прямое восхождение подобно географической долготе. На звёздных картах (см., например, приложенную к учебнику) чертится сетка этих экваториальных координат, сама же небесная сфера изображается на плоскости так же, как на плоскости изображается земной шар.

\* § 17. **Способы практического определения координат светил.** Если знать экваториальные координаты светил, не зависящие ни от положения наблюдателя на Земле, ни от часа суток, их можно занести в списки (каталоги) и изображать положения этих светил на звёздной

карте. Но как определить эти координаты практически, как их измерить путём наблюдений?

*Горизонтальные координаты небесных светил измеряют с помощью универсального инструмента, называемого также теодолитом* (рис. 15). Теодолитом называется маленькая зрительная труба, снабжённая разделёнными кругами для отсчёта высот и азимутов светил. Для удобства отсчёта указатели показывают: на вертикальном круге  $0^\circ$  при горизонтальном положении трубы (что проверяется с помощью уровня) и  $0^\circ$  на горизонтальном круге при направлении трубы в плоскости, проходящей через зенит, полюс мира и точку юга.

Горизонтальные координаты светил измеряют только для определения времени или географических координат различных пунктов на Земле, что требует переноса прибора с места на место. Поэтому теодолиты делаются портативными.

Определение экваториальных координат сложнее и производится другим прибором — меридианным кругом.

\* § 18. **Атмосферная рефракция есть преломление света в земной атмосфере, искажающее видимое положение светил на небесной сфере.** Свет небесных светил, попадая из безвоздушного пространства в земную атмосферу, преломляется в ней. Чем ближе к поверхности Земли подходит луч света, тем всё более и более плотные слои воздуха он встречает, преломляясь в них всё сильнее и сильнее и

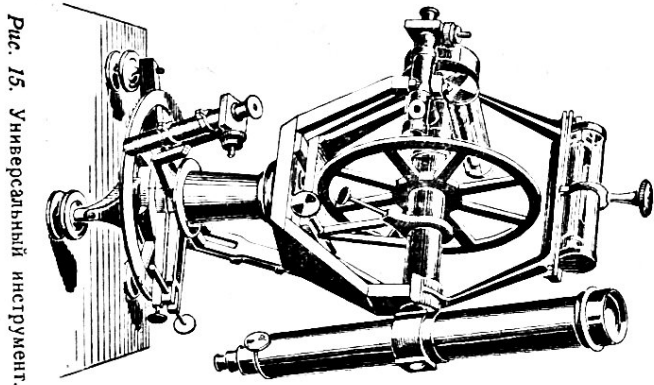


Рис. 15. Универсальный инструмент.

приближаясь при этом к отсечному направлению. В результате путь луча света в земной атмосфере оказывается искривлённым, как это показано на рисунке 16. Наблюдатель, находящийся в точке  $M$ , видит светило не по направлению  $МД$ , а по направлению, определяемому касательной к той кривой  $АМ$ , по которой идут лучи вследствие рефракции. Действительно, направление, по которому наблюдатель видит светило, — это направление, по которому лучи от светила попадают к нему в глаз, а в точке  $M$  — направление криволинейного луча есть направление касательной к этой кривой в точке  $M$ . (На нашем рисунке искривление пути показано только для одного из лучей, для наглядности — с преувеличением.)

Итак, *вследствие рефракции светил видимость ближе к зениту, чем они есть на самом деле*. У горизонта рефракция притупляет светило на  $35'$  и больше, когда оно выше.

Измеренные при наблюдениях зенитные расстояния светил надо исправлять на действие рефракции.

*Вследствие рефракции небесные светила, в том числе и Солнце, восходят немого раньше и заходят позже, чем это получается из геометрических соображений.* Под действием заметного различия в величине рефракции для верхнего и для нижнего края дисков Луны и Солнца, когда они близки к горизонту, эти диски кажутся сдвинутыми.

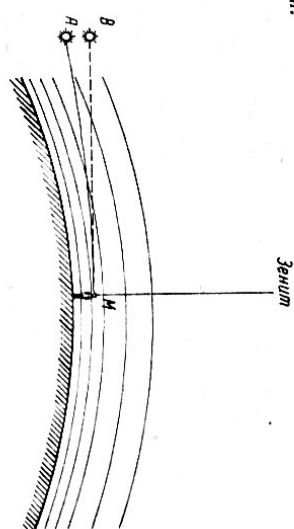


Рис. 16. Атмосферная рефракция.

**\* § 19. Сумерки и мерцание звезд.** Как утренние, так и вечерние сумерки вызваны тем, что когда для нас Солнце находится под горизонтом (неглубоко), оно все же освещает воздух над нами, а воздух, как мы уже знаем, рассеивает солнечный свет. *Рассеянный воздухом солнечный свет и воздает явление сумерек.*

В северных местностях, таких, как Карелия, Архангельская, Кировская области и даже в Ленинграде, Солнце летними ночами не погружается достаточно глубоко под горизонт, и потому утренние сумерки наступают прежде, чем кончатся вечерние сумерки. Полая темнота там в такие ночи совсем не наступает, отчего их и называют «белыми ночами». Говорят при этом, что в это время «зари с зарей встречаются».

Ночью почти всегда можно заметить мерцание звезд, более сильное вблизи горизонта. Мерцание состоит в том, что звезды как бы дрожат, то вспыхивают ярче, то ослабевают в блеске, а яркие звезды вблизи горизонта даже перебиваются всеми цветами радуги.

Причина этого явления состоит в том, что свет от звезды приходит к нам через воздух. Постоянная смена воздушных струй на его пути постоянно меняет преломление лучей. Кроме того, свет звезды при преломлении в воздухе, как и солнечный луч в стеклянной призме, разлагается на свои составные части — цвета радуги.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое географическая широта и долгота и как последнюю выражают во времени?
2. Что такое полюсы мира и ось мира?
3. Как найти на небе Полярную звезду?
4. Что такое небесный экватор и как он делит небесную сферу?
- \* 5. В чем различие между горизонтальными и экваториальными координатами?
6. Что такое небесный меридиан и полуночная линия?
- \* 7. Начертите небесную сферу с горизонтальными координатами какой-либо звезды.

8. Начертите небесную сферу с экваториальными координатами какой-нибудь звезды.

9. Какая сетка координат чертится на звездных картах?

\* 10. Чему служит универсальный инструмент или теодолит? Вокруг каких осей вращается его зрительная труба?

\* 11. В чем состоит явление атмосферной рефракции? Как оно влияет на высоту светила над горизонтом, на его восход и заход?

\* 12. Что вызывает явление сумерек?

\* 13. Почему мерцают звезды?

14. Как определить теоретически и как найти на практике (в поле) четыре основные точки горизонта?

15. Начертите небесную сферу с экватором, меридианом и полуночной линией. Расставьте на ней основные точки горизонта.

\* 16. Как практически днем и как ночью определить направление полуночной линии?

17. Что называется кульминациями? Какая из кульминаций называется верхней и какая нижней?

18. Через сколько времени одна из них следует за другой и как называются моменты кульминаций Солнца?

### Упражнения

1. Выразите долготу  $131^{\circ} 15' 54''$  во времени.
2. Переведите долготу  $7^{\circ} 30' 18''$  в градусную меру.
- \* 3. Начертите одновременно горизонтальные и экваториальные координаты одной и той же звезды на небесной сфере.
4. Отсчитайте по координатной сетке на подвижной карте неба (данной в приложении к этой книге) приближенные экваториальные координаты нескольких звезд.
5. Пользуясь списком экваториальных координат ярких звезд (см. приложение IV), найдите по этим координатам некоторые звезды на упомянутой выше карте.

**§ 20. Соотношение между Землей и небесной сферой.** В пространстве ось вращения Земли направлена к Полярной звезде. Наблюдателю, находящемуся на Земле где-либо в точке С (рис. 17) и нечувствующему вращения Земли, кажется, что все мировое пространство в виде небесной сферы вращается вокруг оси, параллельной оси вращения Земли. Ось вращения небесной сферы  $CP$  мы назвали осью мира, и теперь мы видим, что она для всякого наблюдателя параллельна оси вращения Земли.

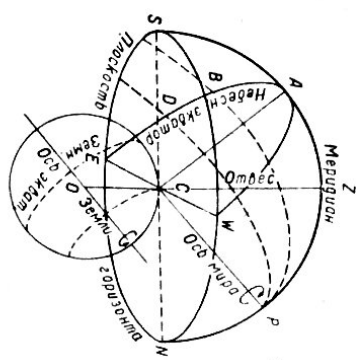


Рис. 17. Соотношение между Землей и небесной сферой.

Так как Полярная звезда находится чрезвычайно далеко от нас, то и ось мира  $CP$  и параллельная ей ось вращения Земли — обе направлены к Полярной звезде. Для наблюдателя, который расположится бы в центре Земли или на её полюсах, ось вращения Земли и ось мира совпали бы одна с другой.

Поэтому плоскость небесного экватора  $CEAW$ , как перпендикулярная к оси мира, параллельна плоскости земного экватора. Для наблюдателя в центре Земли эти плоскости совпали бы друг с другом.

Если считать Землю шаром, то отвесная линия  $CZ$  является продолжением радиуса Земли  $OC$ , проведенного из центра Земли в точку, где находится наблюдатель. Поэтому плоскость горизонта, проходящая через центр небесной сферы (через  $C$ , если в этой точке находится наблюдатель) и перпендикулярная к отвесной линии, является плоскостью касательной к земному шару в точке  $C$ . Наконец, плоскость небесного меридиана  $SACZN$  совпадает с плоскостью географического меридиана.

Таким образом, при вращении Земли вместе с ней вращается наблюдатель, а с ним — плоскости меридиана и горизонта и отвесная линия. Поэтому в разные часы суток вращающийся горизонт, ограничивающий для наблюдателя видимое пространство от невидимого (загороженного телом Земли), проходит через разные части небесной сферы. К разным светилам направляются и зенит  $Z$ . Между тем небесный экватор скользит в своей собственной плоскости, а ось мира остается параллельной самой себе. Поэтому они занимают среди звезд всегда одно и то же положение.

**§ 21. Высота полюса над горизонтом и географическая широта места. Уголювыя высота полюса над горизонтом, или, короче, высота полюса, равна географической широте места наблюдения.** В этом можно убедиться, проследив по рисунку 17, как будет меняться угол  $PCN$  (а с ним и дуга  $PN$ , т. е. высота полюса) по мере передвижения наблюдателя  $C$  от экватора Земли к полюсу Земли. При таком движении ось мира  $CP$  будет оставаться параллельной сама себе, а линия  $CN$ , лежащая в плоскости горизонта, будет образовывать с  $PC$  всё больший и больший угол.

Далее это можно усвоить с помощью рисунка 18, на котором земной шар изображен в сечении плоскостью меридиана места наблюдения. Наблюдатель в точке  $M$  увидит полюс мира по направлению оси мира  $MP$ , параллельной оси Земли  $TP$ . Касательная к земному шару плоскость горизонта изобразится на нашем чертеже прямой линией  $SMN$ , касательной в точке  $M$  к кругу, изображающему земной шар.  $AQ$  — экватор Земли,  $TZ$  — отвесная линия в точке  $M$ , и потому угол  $ATM$  представляет, согласно § 9, географическую широту  $\varphi$  точки  $M$ .

Угол  $P'MN$  между осью мира и плоскостью горизонта представляет высоту полюса.

Углы  $P'MN$  и  $ATM$  (т. е. географическая широта) равны, как углы с взаимно перпендикулярными сторонами. Действительно,  $MN$ ,

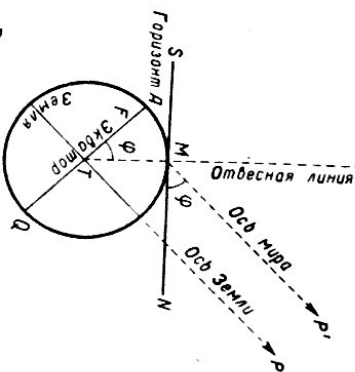


Рис. 18. Наклон оси мира к горизонту равен географической широте места наблюдения.

как горизонтальная линия, перпендикулярна к отвесной линии  $MT$ , а  $MP$ , параллельная оси Земли, перпендикулярна к экватору  $AQ$ . Мы видим, что практически можно определить географическую широту места, измерив путь наблюдений высоте полюса.

**§ 22. Вид звездного неба в зависимости от положения наблюдателя на Земле.** Как мы только что видели, наклон оси мира к горизонту (высота полюса) равен географической широте места наблюдения. Это надо иметь в виду, вычерчивая рисунок 11 для определенной местности.

Таким образом, расположение точек и линий небесной сферы относительно горизонта будет зависеть от широты.

На основании сказанного легко установить следующее.

В средних широтах, например в СССР, ось мира и небесный экватор наклонны к горизонту, поэтому и суточные пути звезд также наклонны относительно горизонта (рис. 19, а). Звезды, отстоящие от полюса мира не дальше, чем на  $\varphi$  градусов (здесь  $\varphi$  — географическая

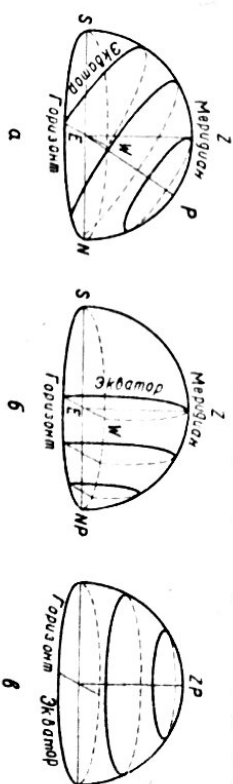


Рис. 19. Суточные пути звезд относительно горизонта для наблюдателя, находящегося: а — в средних широтах, б — на экваторе, в — на полюсе.

широта), являются незаходящими. Звезды, находящиеся от полюса дальше, чем на  $\varphi$  градусов, являются восходящими и заходящими. Часть звезд южного полушария, лежащих на небесной сфере южнее (ниже) малого круга, параллельного экватору и проходящего через точку  $S$  (рис. 19, а), никогда не восходят: они невидимы.

На экваторе Земли ось мира лежит в плоскости горизонта и совпадает с поперечной линией, а полюс мира — с точками севера и юга (рис. 19, б). Экватор становится перпендикулярным к горизонту и проходит через зенит  $Z$ . Суточные пути всех звезд перпендикулярны к горизонту, и каждая из них в течение суток бывает над горизонтом и под горизонтом. Невосходящих звезд там нет, как нет и незаходящих. В частности, знакомая нам Большая Медведица является там заходящим созвездием.

На полюсе Земли небесный экватор совпадает с горизонтом, а ось мира совпадает с отвесной линией (рис. 19, в). Полярная звезда сияет там близ зенита. Точки востока и запада, как точки пересечения экватора и горизонта, становятся неопределяемыми. Меридиан, проходящий через ось мира и отвесную линию, тоже становится неопределяемым, а вместе с ним теряют смысл и понятия точек юга, севера, востока и запада: от северного полюса Земли все направления

ведут на юг. Суточные пути звезд там параллельны горизонту, ни одна звезда не заходит и ни одна не восходит. Видны в качестве незаходящих все звезды северного полушария неба, но никогда не видно ни одной звезды южного полушария.

### Вопросы для самопроверки

1. Как ось мира расположена относительно оси Земли? При каких условиях они совпадают?
2. Как небесный экватор расположен относительно земного? Где плоскости их совпадают?
3. Почему отовсюду Полярная звезда видна почти подноса мира?
4. Какой плоскостью по отношению к земному шару является плоскость горизонта в любом месте?
5. Почему некоторые звезды у нас не восходят и не заходят?
6. Как высота полюса над горизонтом связана с географической широтой местности? Докажите это.
7. Как происходит суточное движение звезд относительно горизонта в средних широтах? Поясните это чертёжом.
8. Как происходит суточное движение светила для наблюдателя, находящегося на экваторе Земли? Поясните это чертёжом.
9. Как движется светила в течение суток для наблюдателя, находящегося на полюсе Земли? Поясните это чертёжом.

### Упражнения

1. Каково в градусах расстояние от зенита до точек востока, юга?
2. Прямое восхождение одной звезды 3 часа, другой 5 час. 18 мин. Которая из них будет кульминировать раньше и на сколько?
3. Широта местности 35°. На сколько градусов полюс отстоит там от зенита?
4. Широта местности 57°. На каком расстоянии от зенита меридиан пересечётся там с экватором?
5. Какова там же высота высшей точки экватора над горизонтом?
6. Широта Мурманска 69°. Можно ли там видеть над горизонтом звезду Сириус (азимут яркую на небе), если её склонение  $\delta = -16^\circ$ ?
7. Широта Ленинграда 60°. Можно ли там видеть обе кульминации звезды Вег, если её склонение  $+39^\circ$ ?

### ЗЕМЛЯ

**§ 23. Шарообразность Земли.** Часто в качестве доказательства шарообразности Земли приводят явления, которые в действительности доказывают лишь выпуклость или искривлённость её поверхности. Такими *доказательствами кривизны земной поверхности* являются, например, следующие:

- 1) При приближении корабля к берегу сперва показывается из-за горизонта вершина мачт, а потом уже его корпус (рис. 20 и 21).
- 2) При поднятии вверх кругозор расширяется и расстояние до предметов, видимых на горизонте, увеличивается.
- 3) После захода Солнца его лучи продолжают освещать вершины высоких зданий, вершины гор и облака, позднее — только вершины высоких гор и облака и ещё позднее — только облака.

Кругосветные путешествия подтверждают только замкнутость формы Земли, её изолированность в пространстве, отсутствие у неё краёв, где-либо смыкающихся с небом.

Доводяши в пользу шарообразности Земли можно считать два явления:



Рис. 20. Приближение корабля из-за горизонта

- 1) В любом месте Земли открытый горизонт представляется окружностью и дальность горизонта всюду одинакова.
- 2) Во время лунных затмений тень Земли, падающая на Луну, всегда имеет округлые очертания. Из всех тел только шар при любом положении отбрасывает круглую тень.



Рис. 21. Схема, поясняющая постепенное появление разных частей корабля.

**§ 24. Определение размеров Земли. Определение размеров Земли состоит в том, что мы измеряем по меридиану некоторую дугу — в линейных мерах и в градусах. Между двумя пунктами земного шара, находящимися на одном меридиане, определяют линейное расстояние, равное, положим,  $n$  километрам. Определяют также разность географических широт этих пунктов астрономическим способом (например по разности высоты Полярной звезды в этих пунктах), собор (например по разности высоты Полярной звезды в этих пунктах), равную, положим,  $m$  градусам. Тогда частное  $\frac{n}{m}$  покажет, какую часть окружности представляет собой её дуга между нашими пунктами. На этом основании находят длину всей окружности в километрах из простого соотношения:**

$$S = n \left( \frac{360}{m} \right)$$

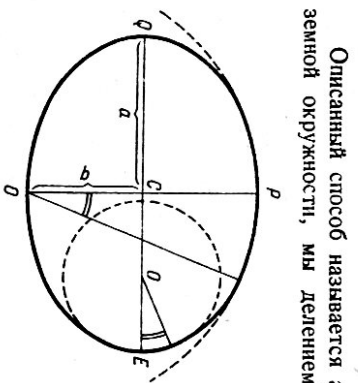


Рис. 22. Кривизна Земли у экватора больше, чем у полюсов.

Описанный способ называется *градусным измерением*. Зная длину земной окружности, мы делим её на 2π получаем длину радиуса Земли. Таким образом было установлено, что радиус Земли, если её считать шаром, равен 6371 км, а окружность почти в точности 40 000 км.

Большинство градусные измерения были выполнены русскими учёными под руководством В. Я. Струве в прошлом столетии.

**§ 25. Сжатие Земли.** Производя измерения в разных местах Земли, убедившись в том, что кривизна Земли у экватора больше, чем у полюсов (рис. 22). Это означает, что Земля не шар, она *немного сжата у полюсов*. Полярный радиус Земли короче экваториального почти на 21 км, т. е. приблизительно на 1/300 экваториального радиуса.

Сжатие Земли есть результат действия центробежной силы, развивающейся при вращении Земли вокруг оси. Оно может быть продемонстрировано вращением тонкого стального обруча на оси школьной центробежной машины. Сжатие небесного тела вследствие его вращения является общим правилом. Например, планеты Юпитер и Сатурн, тие Юпитера хорошо заметно в телескоп). Вследствие сжатия фигура Земли не шар, а эллипсоид вращения.

**\* § 26. Триангуляция.** При определении размеров Земли нужно измерить длину дуги меридиана в градусах и в линейных мерах. Первая равна разности географических широт начала и конца этой дуги меридиана. Географическую же широту можно определить, измеряя высоту полюса мира.

При измерении линейной длины дуги меридиана, в особенности если для большей точности определения размеров Земли мы возьмём эту дугу достаточно большой, мы столкнёмся с рядом практических трудностей: по дороге от начала к концу этой дуги могут встретиться овраги, горы, болота и т. п. Поэтому для измерения длины дуги меридиана и вообще для измерения больших расстояний на поверхности Земли (нужных, в частности, для построения географических карт) пользуются способом *триангуляции*.

Триангуляция состоит в следующем. Если надо измерить дугу меридиана  $AA'$  (рис. 23), выбирают линию  $AB$ , лежащую на ровной местности, и измеряют её длину со всей возможной точностью. Такая линия называется базисом. Кроме того, выбирают точку  $C$ , которая видна и из точки  $A$ , и из точки  $B$ . Затем с помощью угломерного инструмента измеряют углы при  $A$ ,  $B$  и, кроме того, угол  $K$  — между базисом и направлением меридиана  $AA'$ . Теперь уже путём вычисления находят длину сторон  $AC$ ,  $BC$  и угол  $C$ . После этого выбирают точку  $D$ , видную и из  $C$ , и из  $B$ , измеряют углы  $B$  и  $C$  с угломерным инструментом. Так как длина  $CB$  уже была вычислена, теперь можно, подобно предыдущему, вычислить длину сторон  $CD$  и  $BD$ , а кроме того, угол, образуемый линиями  $AB$  и  $AD$ .

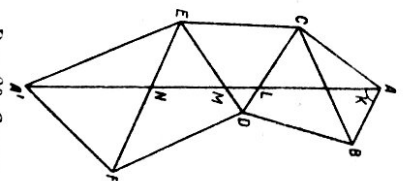


Рис. 23. Схема триангуляции.

Получая подобно описанному и дальше, мы покроем расстояние от  $A$  до  $A'$  цепью треугольников, в которых все углы измерены, а все стороны найдены вычислением. Тогда длина  $AA'$  найдётся как проекция ломаной  $ACBA'$  (или  $ABDEA'$ ) на эту прямую. Её находят вычислением.

При этом, естественно, учитывается также и то, что эти измерения производились не на плоскости, а на искривлённой поверхности Земли.

Итак, *триангуляция состоит в определении больших расстояний с помощью треугольников, в которых известны только углы и один базис, а стороны находят вычислением*. Название данного способа происходит от латинского слова "триангулум" — треугольник.

Триангуляция производится не только для определения размеров Земли, но и при составлении географических карт, когда требуется измерять большие расстояния.

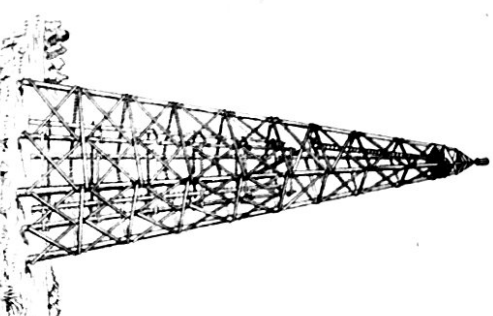


Рис. 24. Геодезический сигнал.

В 1816—1855 гг. русскими учёными под руководством академика В. Д. Струве была измерена географическая дуга меридиана в  $25^{\circ}20'$ . Для картографических работ триангуляцию производят в широких масштабах и в настоящее время.

На рисунке 24 показана деревянная вышка, называемая геодезическим сигналом и устанавливаемая в точках, избранных вершинами треугольников при триангуляции.

**§ 27. Доказательство суточного вращения Земли.** О шарообразности Земли знали ещё в древности, однако существование суточного вращения Земли впервые со всей определётельностью установили только Коперник (к середине XVI в.), а неопровержимые доказательства этого были найдены ещё позднее.

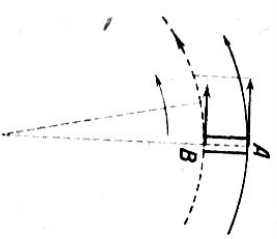


Рис. 25. Схема отклонения падающих тел к востоку.

Приведём два из них, наиболее наглядные:  
а) Отклонение падающих тел к востоку. Представим себе глубокую отвесную шахту АВ, вращающуюся вместе с Землёй (рис. 25). Вход в неё (А) имеет при вращении большую линейную скорость, чем основание (В), потому что он находится дальше от центра вращения. В данном случае от оси суточного вращения Земли. Камень, лежащий у входа в шахту, имеет при этом такую же скорость, как и этот вход. При падении вниз он по инерции будет сохранять эту скорость. Падая вниз и сохраняя при этом скорость движения к востоку (так как Земля вращается с запада на восток) быстрее, чем вращается с запада на восток) базу, чем скорость движения основания шахты, камень опередит основание шахты в его движении к востоку. Камень упадёт не в точности по направлению к центру Земли, а сместится к востоку, чего не должно было бы быть, если бы Земля не вращалась. На экваторе Земли это отклонение наибольшее, а на полюсах равно нулю.

Многочисленные подобные опыты показывают полное согласие наблюдений с расчётами, например, при падении с высоты 85 м камень в средних широтах отклоняется к востоку на 10,5 мм.

б) Маятник Фуко. В опыте, впервые проведённом в 1851 г. французским учёным Фуко, был применён маятник, представлявший собой очень длинную и тонкую проволоку с привешенным к ней тяжёлым шаром. Известно и может быть легко проверено на опыте с центробежной машиной, что всякий такой маятник сохраняет без изменения плоскость своих качаний, как бы мы ни поворачивали штатив, на котором он подвешен. (Большая длина маятника диктуется соображениями большей наглядности и необходимости достаточно длительного качания маятника.)

Если бы такой маятник качался на полюсе Земли, Земля, вращаясь, поворачивалась бы под ним со скоростью  $15^{\circ}$  в час ( $360^{\circ}:24$  часа). В результате мы заметили бы, что плоскость качания маятника относительно поверхности Земли поворачивается с той же скоростью  $15^{\circ}$

в час, в направлении, обратном вращению Земли. На экваторе Земли никаких изменений направления качаний маятника не происходило бы, а на промежуточных широтах плоскость колебаний маятника должна поворачиваться, как показывает теория, на  $15^{\circ} \sin \varphi$  в час, где  $\varphi$  — географическая широта.

Так оно и действительноности и наблюдается. Очевидно, что если бы Земля не вращалась, направление качаний маятника в любой местности оставалось бы неизменным.

В Ленинграде, в здании бывшего Исаакиевского собора, демонстрируется маятник длиной 98 м. Направление его колебаний изменяется в час на  $13^{\circ}$  — в точности так, как требуется теорией вращения Земли.

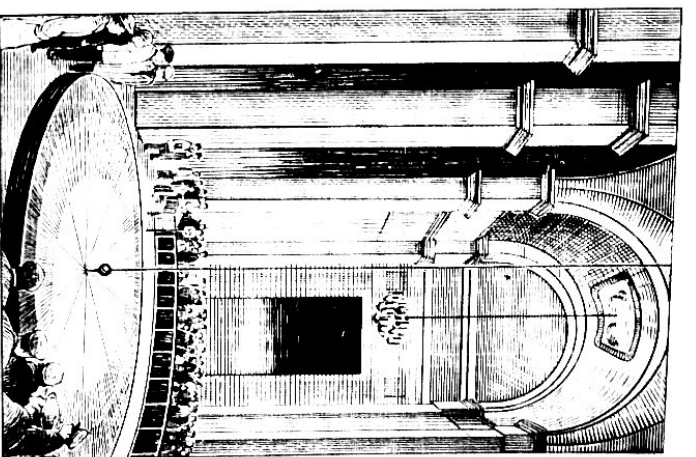


Рис. 26. Маятник Фуко, демонстрирующийся в Ленинграде.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие явления говорят не только о кривизне Земли, но и о её шарообразности?
2. В чем состоит способ определения размеров Земли?
3. Чему равны радиус и окружность Земли?
4. Что такое сжатие Земли? Как оно велико?
5. Что такое триангуляция? Зачем и как её осуществляют?
6. Какие опыты доказывают суточное вращение Земли? В чем заключается сущность этих опытов?

### Упражнения

1. Русскими учёными в первой половине XIX в. было установлено, что расстояние по меридиану между Фугленессом ( $\varphi = 70^{\circ}30'$ ) и Старо-Некрасовской ( $\varphi = 45^{\circ}20'$ ) равно 2 822 км. Определите отсюда длину четверти меридиана и радиус Земли.
2. Если представить Землю глобусом с диаметром 30 см, какой величины представляли тогда различие полярного и экваториального радиуса Земли?
3. Какова в метрах скорость точек на экваторе Земли при её суточном вращении?
4. Какова та же скорость для вашей местности (её широту определите по географической карте) и для расчёта её, сделав чертёж, воспользуйтесь тригонометрией.

# ГОДИЧНЫЙ КРУГООБОРОТ СОЛНЦА И ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

## ГОДИЧНЫЙ КРУГООБОРОТ СОЛНЦА

**§ 28. Годичные изменения поудленной высоты Солнца и вида звездного неба.** Каждому хорошо известно, что высота Солнца над горизонтом в полдень, т. е. его высота в верхней кульминации, меняется в течение года. Летом Солнце поднимается в полдень очень высоко; самое высокое положение оно занимает 22 июня. Этот день называют днем *летнего солнцестояния*. Каждый следующий день Солнце кульминирует всё ниже и ниже, и ниже всего его верхняя кульминация происходит 22 декабря; это день *зимнего солнцестояния*. Соответственно этому 22 декабря день бывает наиболее коротким, потому что в этот день путь Солнца над горизонтом всего короче; оно поздно восходит и рано заходит.

Около 21 марта и 23 сентября высота Солнца в верхней кульминации бывает промежуточной между высотами его в летнем и зимнем солнцестоянии, а день уравнивается с ночью; поэтому 21 марта называют *днем весеннего равноденствия*, а 23 сентября — *днем осеннего равноденствия*.

Если высота Солнца в кульминации меняется, значит меняется и его положение на небесной сфере по отношению к полюсу мира и небесному экватору. Действительно, звезды, которые занимают неизменное положение относительно полюса мира и небесного экватора, кульминируют каждая на определенной, всегда одной и той же высоте над горизонтом. По этой же причине каждая звезда восходит и заходит в определенной, всегда в одной и той же точке горизонта. Между тем Солнце заходит, например, летом на северо-западе, зимой — на юго-западе, а в дни равноденствия — в точке запада. Легко убедиться от горизонта на величину  $90^\circ - \varphi$ . Но как раз на этой высоте небесный экватор пересекается с меридианом (рис. 11). (Это легко проверить, помня, что экватор отстоит от полюса мира на  $90^\circ$  и что полюс мира отстоит от горизонта на  $\varphi$  градусов.)

Следовательно, в дни равноденствий Солнце находится на небесном экваторе. Это видно и из того, что в эти дни Солнце восходит в точке северо-востока и заходит в точке северо-запада, а в этих точках с горизонтом пересекается небесный экватор.

Если летом Солнце в полдень имеет высоту большую, чем  $90^\circ - \varphi$ , т. е. превосходящую высоту небесного экватора над горизонтом, значит Солнце находится в это время над экватором (в северном полушарии неба). Точно так же можно убедиться в том, что зимой Солнце находится в южном полушарии неба, под экватором. Измеряя угловым инструментом поудленные высоты Солнца, мы увидим, что наибольшее удаление Солнца от экватора к северу составляет  $23^\circ 27'$  (22 июня) и таково же наибольшее удаление его к югу от экватора (22 декабря).

Однако Солнце перемещается по небесной сфере в течение года не только по отношению к небесному экватору, но и в направлении, обратном суточному вращению небесной сферы. Это его годичное движение, очень медленное, не надо смешивать с его суточным, сравнительно быстрым движением по часовой стрелке. Годичное движение Солнца происходит навстречу его суточному движению.

Убедиться в этом можно, замечая, какие звезды бывают в верхней кульминации в полночь, т. е. какие созвездия находятся на небесной сфере в стороне, противоположной Солнцу. Эти созвездия всё время меняются в течение года. Зимой в полночь кульминируют звезды одних созвездий, а летом — других.

Кроме того, можно заметить, что если какое-либо созвездие заходит вслед за Солнцем позднее, скажем, часа на 4, то через месяц оно будет заходить уже через 2 часа после захода Солнца, а ещё позднее вовсе не будет видно, скрываясь в его лучах. Значит, за это время Солнце сместилось на небесной сфере навстречу этому созвездию с запада на восток. По прошествии ещё некоторого времени указанное созвездие будет показываться из-за горизонта, предшествуя восходу Солнца всё ранее и ранее.

**§ 29. Кажущееся движение Солнца по эклиптике.** Сопоставляя вместе все наблюдения, описанные выше, мы приходим к заключению, что Солнце в течение года перемещается на небесной сфере по большому кругу, называемому *эклиптикой*, плоскость которой наклонена к плоскости небесного экватора на  $23^\circ 27'$ . Иначе говоря, эклиптика пересекается с небесным экватором под углом в  $23^\circ 27'$  (рис. 27). В течение года Солнце совершает полный оборот по эклиптике, двигаясь против часовой стрелки. За сутки же Солнце смещается по эклиптике к востоку на  $360^\circ : 365$ , или приблизительно на  $1^\circ$ .

Точки пересечения эклиптики с небесным экватором называются *точками весеннего и осеннего равноденствия*, соответственно тому, когда в них бывает Солнце.

Точка весеннего равноденствия обозначается знаком  $\gamma$ , а точка осеннего равноденствия — знаком  $\omega$ . Точки солнцестояний на эклиптике отстоят от точек равноденствия на  $90^\circ$  и больше всего удалены от экватора.

Годичное движение Солнца по эклиптике, так же как и суточное движение Солнца относительно горизонта, явления кажущиеся. Последнее вызвано суточным вращением Земли вокруг оси, а первое — годичным обращением Земли около Солнца.

Помимо этого небесной сферы положение эклиптики относительно поверхности не времени меняется, и поэтому на чертеже небесной сферы с полярным и меридианом эклиптику не изображают.

В настоящее время точка весеннего равноденствия находится в созвездии Рыб. Осеннего — в созвездии Дева, летнего — в созвездии Стрелец, зимнего — в созвездии Близнецов, а зимнего — в созвездии Стрелеца.

Далее, чтобы определить, через какие звезды проходит эклиптика, вы можете их найти на рисунке 28.

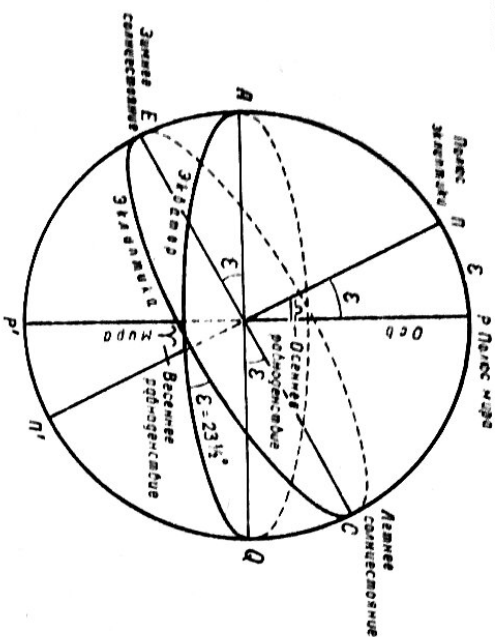


Рис. 27. Эклиптика и экватор.

**§ 30. Зодиакальные созвездия.** 12 созвездий, называемых зодиакальными, расположены по небу вдоль большого круга. Зодиаком называется совокупность этих 12 зодиакальных созвездий. Зодиаком — слово греческое, означающее «круг животных», так как большинство названий этих созвездий — это названия животных. Вот эти названия: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы.

Зодиакальные созвездия — знаки зодиака, как их называют, имеют такие символические обозначения:

Рыбы	Близнецы	Дева	Стрелец
Овен	Рак	Весы	Козерог
Телец	Лев	Скорпион	Водолей

Художественно оформленные знаки зодиака часто употребляются для украшения в качестве архитектурных элементов или как символы месяцев года, так как в каждом из этих созвездий Солнце бывает в течение одной двенадцатой части года, т. е. по одному месяцу. В виде зодиакальных рельефных фигур знаки зодиака можно видеть, например, на циферблате часов Казанского вокзала в Москве.

Около полудня в южной стороне неба всегда находится зодиакальное созвездие, которое в данном месяце противоположно Солнцу. Например, в ноябре Солнце находится в созвездии Скорпиона, и около полудня в ноябре кульминируют звезды противоположного ему созвездия Тельца. Около полудня кульминирует (но оно видно лишь во время полного солнечного затмения) то зодиакальное созвездие, в котором в это время находится Солнце.

**§ 31. Изменения суточного пути Солнца на разных широтах.** В § 22 мы видели, что пути небесных светил относительно горизонта в течение суток различны на разных географических широтах. Это относится, конечно, и к Солнцу. В течение года Солнце меняет свое положение относительно небесного экватора. Поэтому и путь его относительно горизонта одного и того же места на Земле в разное время года бывает различен. Как меняется в наших широтах суточный путь Солнца относительно горизонта от весны к лету и затем к зиме, говорилось в § 28.

Что касается изменений суточного пути Солнца на разных широтах, они в общем таковы. На земном экваторе Солнце, как и все другие небесные светила, всегда восходит и заходит относительно горизонта отвесно. Поэтому там круглый год день равен ночи (то-есть там суточный путь Солнца пополам), а сумерки бывают очень короткими. Солнце быстро опускается за горизонт. В полдень Солнце бывает там в зените два раза в год — в дни равноденствий.

На Земле есть места, где Солнце только один раз в год бывает в полдень в зените. Это происходит 22 июня на географической широте  $+23^{\circ}27'$ . Эта географическая параллель называется *тропиком Рака*. 22 декабря Солнце бывает в зените мест, расположенных на южной параллели —  $23^{\circ}27'$ , называемой *тропиком Козерога*.

Свои названия эти географические параллели получили в древности в связи с тем, что кульминация Солнца в зените происходила на тропиках в пору нахождения Солнца в созвездиях Рака и Козерога. В этих созвездиях находились в то время точки летнего и зимнего солнцестояния.

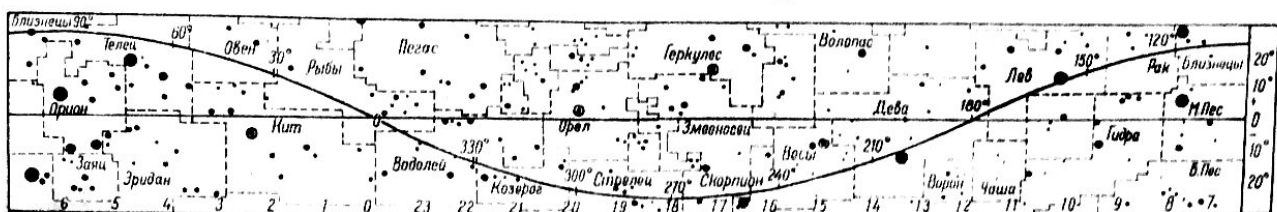


Рис. 28. Зодиакальные созвездия и положение эклиптики на звездном небе.

стояний, которые за несколько тысяч лет, прошедших с той поры, переместились к нашему времени в соседние созвездия Близнецов и Стрельца. Самое же название "тропик" происходит от греческого слова "требос", что значит "поворот". Это название связано с поворотом Солнца по отношению к небесному экватору.

На полюсах Земли Солнце описывает ежедневно круги почти параллельно горизонту, пока оно находится над горизонтом, совпадая с ним здесь с небесным экватором. Как мы уже знаем, это происходит здесь с 21 марта по 23 сентября — на северном полюсе жется полгода, с 21 марта по 22 июня Солнце непрерывно поднимается над небесным экватором к северу, мы приходим к следующему заключению.

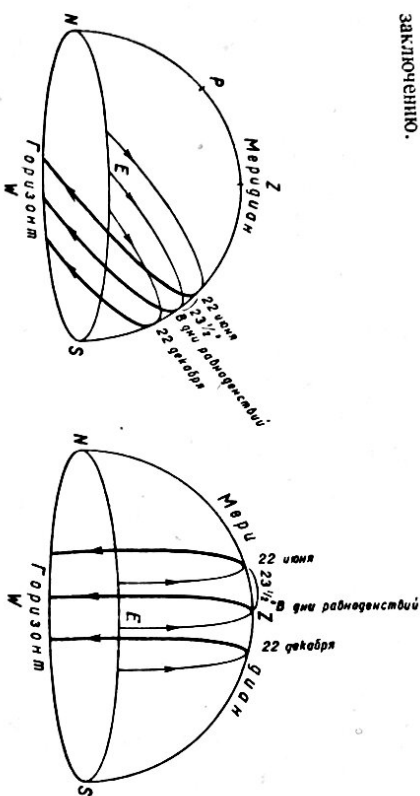


Рис. 29. Движение Солнца над горизонтом в разные времена года для наблюдателя, находящегося в средних широтах (слева) и на экваторе (справа).

На северном полюсе Земли Солнце восходит один раз в год — около 21 марта и, не заходя в течение полгода, описывает ежедневно полный круг над горизонтом, в то же время поднимаясь на всё большую высоту до 22 июня. Кружась над горизонтом, Солнце описывает витки спирали, поднимаясь вверх. С 22 июня по 23 сентября Солнце по такой же спирали постепенно опускается к горизонту и около 23 сентября заходит на полгода. Полгода тянется на полюсе ночь и полгода — день.

По мере удаления от северного полюса на юг в году появляется всё больше дней, когда Солнце восходит и заходит, но летом всё же бывает период, когда много дней подряд оно не заходит, и зимой — ряд дней, когда оно не восходит совсем. Такие явления, в частности нижнюю кульминацию Солнца в полночь, можно наблюдать в СССР в Мурманске и других пунктах, находящихся севернее полярного круга. Нетрудно убедиться в том, что на Земле есть такие места, где Солнце только один раз в году, именно 22 июня, не заходит, а только касается горизонта (в точке севера) в момент своей нижней кульмина-

ции (в полночь). 22 декабря и только в этот день в этих местах Солнце не восходит, а в полдень только касается точки юга, оставаясь под горизонтом. Эти места расположены на Земле на географической параллели  $66^{\circ}33'$ , называемой северным полярным кругом.

На южном полюсе Земли наблюдаются те же явления, что и на северном полюсе: только там полярный день тянется с 23 сентября по 21 марта, а ночь — с 21 марта по 23 сентября. На южном полярном круге ( $66^{\circ}33'$  южной широты) день без солнечного восхода бывает 22 июня, а день без солнечного захода — 22 декабря.

В местностях, расположенных несколько южнее северного полярного круга, как, например, в Ленинграде, около 22 июня Солнце ночью опускается под горизонт, но не надолго и не глубоко. Поэтому его лучи сильно освещают воздух из-под горизонта ("белые ночи").

Из всего сказанного здесь ясно, и это следует твердо запомнить, что *время восхода и захода Солнца зависит не только от дня года, но и от географической широты, на которой находится наблюдатель*. Поэтому время восхода и захода Солнца, указываемое в обычных календарях, может быть верным только для одной какой-либо широты, а не для всего СССР.

## ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ

**§ 32. Обращение Земли вокруг Солнца.** Кажущееся годичное перемещение Солнца по эклиптике и все связанные с этим явления, описанные в предыдущих параграфах этой главы, вызваны тем, что в действительности *Земля движется вокруг Солнца*.

*Путь, описываемый Землей вокруг Солнца, называется её орбитой.*

Полный оборот вокруг Солнца Земля делает за  $365\frac{1}{4}$  суток (этот промежуток времени мы называем годом). *Ось суточного вращения Земли при этом остаётся параллельной самой себе, не меняя своего наклона к плоскости земной орбиты.*

Плоскость земной орбиты пересекается с небесной сферой по линии, которая как раз и является *эклиптикой*. Иначе говоря, *эклиптика есть линия пересечения небесной сферы с плоскостью земной орбиты*. Эту плоскость называют плоскостью эклиптики.

Ось суточного вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики на  $66\frac{1}{2}^{\circ}$ , а плоскость экватора наклонена к плоскости эклиптики на  $66\frac{1}{2}^{\circ}$ , а плоскость экватора наклонена к плоскости эклиптики на  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  — более точно — на  $23^{\circ}27'$ .

Поскольку мы не чувствуем своего движения вместе с Землей, нам кажется, что мы неподвижны, а что Солнце перемещается по эклиптике. Таким образом, движение Солнца по эклиптике есть отражение движения Земли. Уяснить это себе можно, рассматривая рисунок 30, на котором изображено в плане движение Земли. Если мы мысленно будем двигаться с Землей вокруг Солнца в плоскости чертежа, мы будем видеть Солнце всё по новым и новым направлениям, в направлении различных созвездий (ср. § 30). Если, например, Солнце находится в направлении созвездия Близнецов, то с Солнца мы увидели бы Землю

в прямо противоположном созвездию, в нашем примере — в созвездии Стрельца. С Земли в это время созвездие Стрельца будет видно в южной стороне в полночь.

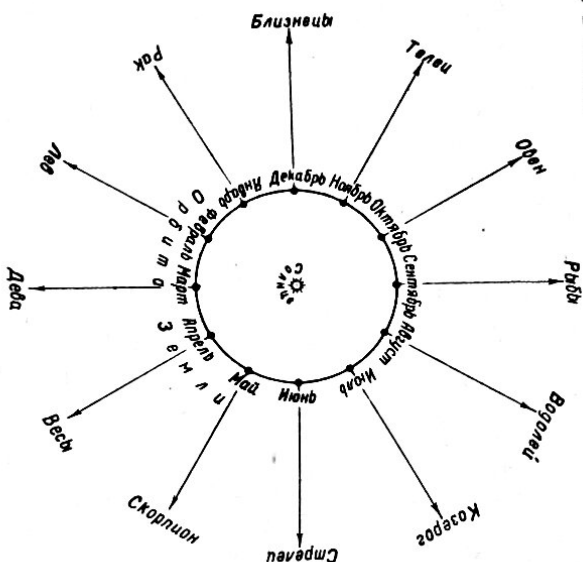


Рис. 30. Движение Солнца есть отражение движения Земли.

**§ 33. Смена дня и ночи и смена времён года при движении Земли.** Известно, что от высоты Солнца над горизонтом зависит количество тепла, попадающего на данную площадь: чем выше поднимается Солнце над горизонтом, тем жарче оно греет. Разной высотой Солнца над различными местами земного шара объясняется то, что на Земле имеются различные тепловые пояса (жаркий, умеренный и холодный). Известно также, что летом Солнце у нас поднимается на большую высоту и долго остаётся над горизонтом, т. е. дни бывают продолжительными (в Москве — до семнадцати часов). Зимой картина иная: Солнце высоко над горизонтом не поднимается, видимый дневной его путь небольшой, дни короткие.

В связи с этим в каждом году бывают холодные и тёплые сезоны, постепенно приходящие на смену один другому. Это явление природы называется *сменой времён года*.

Причина этих изменений заключается в том, что *ось Земли наклонена к плоскости земной орбиты, но не меняет своего направления при обращении Земли около Солнца*.

Обратимся к рисунку 31.

Справа на рисунке северный конец земной оси смотрит к Солнцу. Это положение Земли соответствует лету в северном полушарии Земли

и зимы — в южном полушарии. Солнечные лучи падают на северное полушарие с меньшим наклоном и поэтому сильнее нагревают Землю, подобно тому как днём они сильнее нагревают почву, чем утром, когда лучи Солнца падают более наклонно.

В таком положении северные полярные области много дней подряд освещаются незаходящим Солнцем. Равным образом в течение многих суток, т. е. в течение многих оборотов Земли вокруг оси, южные полярные области остаются без света Солнца. Там долгая полярная ночь.

В средних северных широтах при суточном вращении Земли каждая точка её поверхности описывает больший путь под лучами Солнца, т. е. день длиннее ночи. В южном же полушарии Земли обратная картина: на него солнечные лучи падают косо, с большим наклоном; дни короткие, ночи длинные (зима).

Как мы это уже описывали в § 28, летом угол между направлением к Солнцу и плоскостью экватора бывает наибольшим ( $23\frac{1}{2}^\circ$ ). В силу этого пологая высота Солнца в разгар лета в Москве достигает почти  $58^\circ (23\frac{1}{2}^\circ + 34\frac{1}{4}^\circ)$ .

Положение Земли в зимнее солнцестояние для северного полушария изображено слева. В этом положении о северном полушарии Земли можно сказать всё то же, что говорились только что о южном полушарии Земли, и наоборот.

Положение Земли в момент весеннего равноденствия изображено в нижней части рисунка 31. При таком положении Земли солнечные лучи падают отвесно на экваторе; Солнце находится на небесном экваторе. На средних широтах обоих полушарий Земли падение солнечных лучей происходит под углом, промежуточным между падением их в летний и зимний периоды. На обоих полюсах Земли Солнце видно в плоскости горизонта, так как эта плоскость касательна к земному шару и для полюсов параллельна плоскости экватора.

Солнце находится не так близко от Земли, как показано на рисунке, а чрезвычайно далеко. Поэтому лучи его идут к поверхности Земли почти параллельно друг другу. Следовательно, находясь в день равноденствия на небесном экваторе, Солнце в то же время находится в плоскости горизонта для наблюдателей, находящихся на полюсах

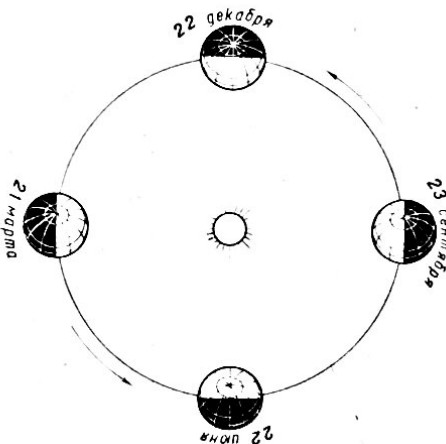


Рис. 31. Схема смены времён года.

Земли. Таково же положение Земли и в день осеннего равноденствия по отношению к солнечным лучам.

В дни равноденствий граница дня и ночи проходит через оба полюса Земли, и при вращении Земли вокруг оси любая точка Земли, описывает одинаковые пути по освещенной и по темной стороне Земли, т. е. на всей Земле день должен быть равен ночи.

### Вопросы для самопроверки

1. Назовите даты солнцестояний и равноденствий и характеризуйте дни и ночи в эти даты.
2. Если местность имеет широту  $\varphi$ , то какова там полуденная высота Солнца 22 июня, 22 декабря и в дни равноденствий?
3. Что такое эклиптика?
4. Под каким углом она пересекается с экватором?
5. В каком направлении происходит кажущееся движение Солнца по эклиптике?
6. На сколько приблизительно смещается Солнце по эклиптике за сутки?
7. Начертите небесную сферу с экватором и эклиптикой. Отметьте на чертеже 4 основные точки на эклиптике и назовите их.
8. Что такое зодиакальные созвездия? Перечислите их.
9. Как меняется в течение года суточный путь Солнца по небу для наблюдателя, находящегося в средних широтах? на экваторе Земли? на полюсе Земли?
10. Что такое тропики, как они называются и почему?
11. Чем определяется положение на Земле северного полярного круга?
12. От каких обстоятельств зависит время восхода и захода Солнца?
13. Как называется путь Земли вокруг Солнца?
14. Каково отношение его к эклиптике?
15. На какой угол ось Земли наклонена к плоскости её орбиты? Меняется ли он в течение года?
16. Чем объясняется смена времён года и сопутствующие этому изменения в продолжительности дня и ночи на разных географических широтах?

### Упражнения

1. Чему равна полуденная высота Солнца в вашей местности 23 сентября?
2. Широта Ленинграда  $60^\circ$ , Еревана  $40^\circ$ . Определите полуденные высоты Солнца в этих городах в летнее и зимнее солнцестояние и сравните их.
3. Где и когда все четыре стены дома обращены к югу, но Солнце не освещает при ясном небе ни одну из них в течение многих суток подряд.
4. Где на Земле и когда дома не отбрасывают тени?
5. августа Солнце зайдет в Москве в некоторый час. Зайдет ли оно в то же время в Тбилиси и Архангельске?
6. 21 марта Солнце зашло в Ленинграде в некотором часу. Зайдет ли оно в то же время в Минске, Алма-Ате и Новосибирске?
7. Где будет больше отклониться от московского времени захода Солнца 5 августа — во Владивостоке или Симферополе?
8. Как повлияет на смену времён года в вашем городе наклон земной оси на  $45^\circ$  вместо теперешних  $66^\circ$ ?
9. Как изменился бы климат, если бы ось Земли лежала в плоскости её орбиты?

### ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

§ 34. Истинные солнечные сутки. Распределение трудового времени людей связано со сменой дня и ночи, и потому время в обиходе определяют по положению Солнца на небе.

Истинным полднем называется момент верхней кульминации центра солнечного диска. Истинными солнечными сутками называется промежуток времени между двумя верхними кульминациями центра видимого диска Солнца. За начало истинных солнечных суток принимается полдень.

Продолжительность истинных солнечных суток меняется в течение года вследствие неравномерного движения Земли по орбите и наклонности земного экватора к этой орбите.

Под действием обеих указанных причин продолжительность истинных солнечных суток меняется в течение года очень сложно. Никакие механические часы не могут идти в точности по Солнцу.

Истинное солнечное время могут показывать только солнечные часы. Они представляют собой стержень или угольник, тень которого, играющая роль стрелки часов, перемещается на доске, играющей роль циферблата. На доске начерчены линии, вдоль которых падает тень стержня в определенные часы дня. Возле этих линий надписаны обозначения часов дня. Солнечные часы могут быть различных типов, но стержень их всегда должен быть направлен к полюсу мира.

\* § 35. Устройство солнечных часов. Экваториальные солнечные часы (рис. 32) устроены всего проще. Для этого берем доску и из её середины чертим на ней линии, расходящиеся во все стороны так, чтобы углы между соседними линиями составляли  $15^\circ$ , и отмечаем при них 12 час., 1 час., 2 часа и т. д., потому что на экваториальной плоскости тень поворачивается с равномерной скоростью. В точке пересечения этих линий перпендикулярно к доске укрепляем стержень, проходящий через доску насквозь.

Наклонив доску со стержнем к горизонту на угол, равный  $90^\circ - \varphi$ ,

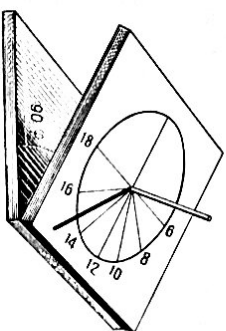


Рис. 32. Экваториальные солнечные часы.

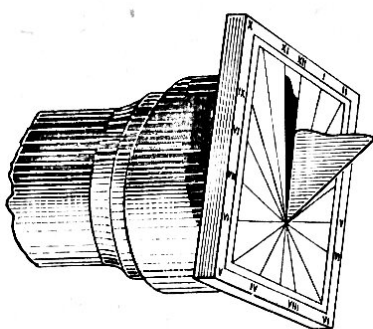


Рис. 33. Горизонтальные солнечные часы.

где  $\varphi$  — географическая широта места наблюдения, закрепим её так, чтобы линия на доске с отметкой 12 час. пришлась как раз над полуденной линией. Последнюю определяют и прочерчивают на месте установки солнечных часов заранее так, как это было описано в § 12.

Неудобство подобных часов состоит в том, что с 23 сентября по 21 марта тень стержня падает на циферблат снизу.

Горизонтальные солнечные часы (рис. 33) в этом отношении удобнее. Берём доску и устанавливаем перпендикулярно к ней треугольник с острым углом, равным широте места  $\varphi$ . Как продолжение основания треугольника чертим линию и надписываем возле неё 12 час. Линии, соответствующие другим

тим часам, проводим под углами  $x$  к этой линии, в зависимости от географической широты, вычисляя их по формуле:

$$\lg x = \sin \varphi \lg t,$$

где вместо  $t$ , равного 1 часу, 2 час., 3 час. и т. д., подставляем  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и т. д. Углы  $x$  между последовательными часами не равны  $15^\circ$ , как в экаториальных часах, потому что при равномерном вращении Солнца около оси мира тень стержня на горизонтальной плоскости перемещается неравномерно.

Полученную линию циферблата горизонтальных солнечных часов также надо установить по направлению север — юг.

**§ 36. Среднее солнечное время и уравнение времени.** Неодинаковость истинных солнечных суток в разное время года мешает пользоваться истинным солнечным временем. Поэтому на практике поль-

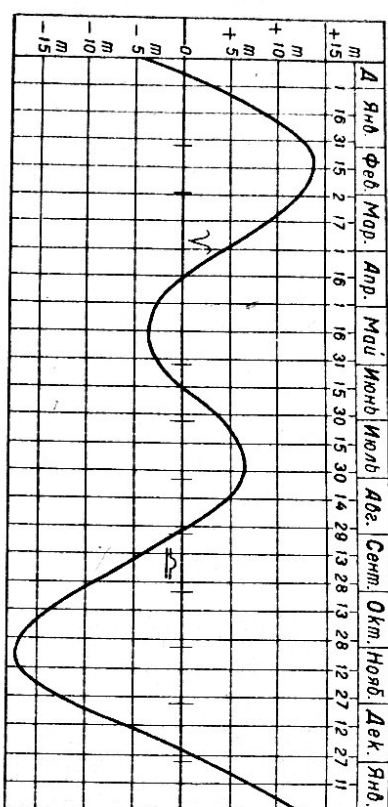


Рис. 34. График изменения уравнения времени.

зуются так называемым *средним солнечным временем*, которое течёт совершенно равномерно и соответствует часу средних суток, а *средние сутки* — это *средняя продолжительность истинных суток*.

Разность: среднее время минус истинное время называется *уравнением времени*. Иными словами, *уравнение времени есть та алгебраическая величина, которую надо прибавить (с её знаком плюс или минус) к истинному времени, чтобы получить среднее время*.

В течение года уравнение времени меняется сложным образом, как показано в виде кривой на рисунке 34. Наибольшее значение уравнения времени составляет  $16\frac{1}{2}$  минут (со знаком минус — около 3 ноября).

Для получения среднего времени к показанию солнечных часов, показывающих истинное солнечное время, надо прибавить уравнение времени на данный день года. Его величину легко отсчитать для любого дня года, пользуясь кривой на рисунке 34. Во всех астрономических календарях справочниках приводятся таблицы уравнения времени.

**§ 37. Местное время и географическая долгота.** Солнечное время, определяемое положением Солнца на небе, будет различным для мест,

лежащих на разных земных меридианах, а потому называется *местным временем*.

На рисунке 35 изображён земной шар, рассматриваемый по направлению земной оси, с северного полюса.

Предположим, что в Астрахани полдень. Через сколько времени после этого полдень наступит в Москве, если долгота Москвы  $\lambda = 2$  часа 30 мин., а долготы Астрахани  $\lambda_a = 3$  часа 12 мин.? Очевидно, полдень в Москве наступит тогда, когда Земля повернётся на угол, заключённый между меридианами Астрахани и Москвы, т. е. на угол  $\lambda - \lambda_a = 0$  час. 42 мин. Но когда полдень наступит в Москве, то в Астрахани будет уже 12 час. 42 мин. пополудни.

Следовательно, *местные времена в двух точках Земли разнятся на столько же, насколько разнятся долготы этих точек*.

**§ 38. Местный, поясной и декретный счёт времени.** В настоящее время счёт суток ведётся, как правило, от полуночи.

Если пользоваться местным счётом времени, опisanным выше, то в местах, хотя бы немного отличающихся по долготе, приходится время считать несколько различным. Это создаёт много неудобств.

Почти во всех странах принят так называемый *поясной счёт времени*, который состоит в следующем.

Вся поверхность земного шара разбита меридианами на 24 пояса (рис. 36), так что меридианам — границам каждого пояса — отстоят один от другого на  $15^\circ$ , т. е. на 1 час. Следовательно, на краях пояса местное время отличается от местного времени середины пояса на полчаса. *Средний меридиан начального пояса, названного нулевым, есть гринвичский меридиан*. Следующий к востоку пояс называется первым (I) и т. д.

Условимся внутри каждого пояса ставить часы по местному времени среднего меридиана этого пояса, а не по своему местному времени. Например, в Уфе и в Самарканде считают 12 час. дня, когда в Свердловске, лежащем почти в середине IV пояса, по местному времени 12 час. дня. Так как долгота Уфы 3 часа 44 мин., а долготы Самарканды 4 часа 28 мин., то в Уфе поясное время *впереди* местного на 4 часа — 3 часа 44 мин., т. е. на 16 мин., а в Самарканде поясное время оказывается на 4 часа 28 мин. — 4 часа = 28 мин. *позади* мест-

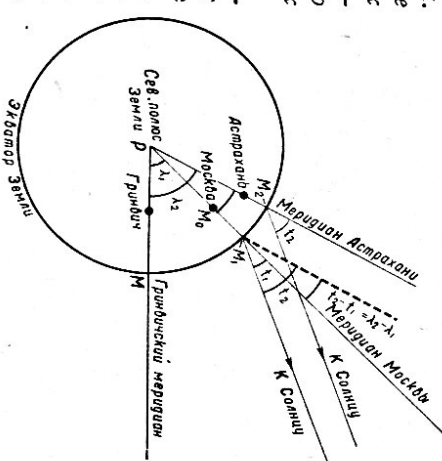


Рис. 35. Местное время на разных меридианах.

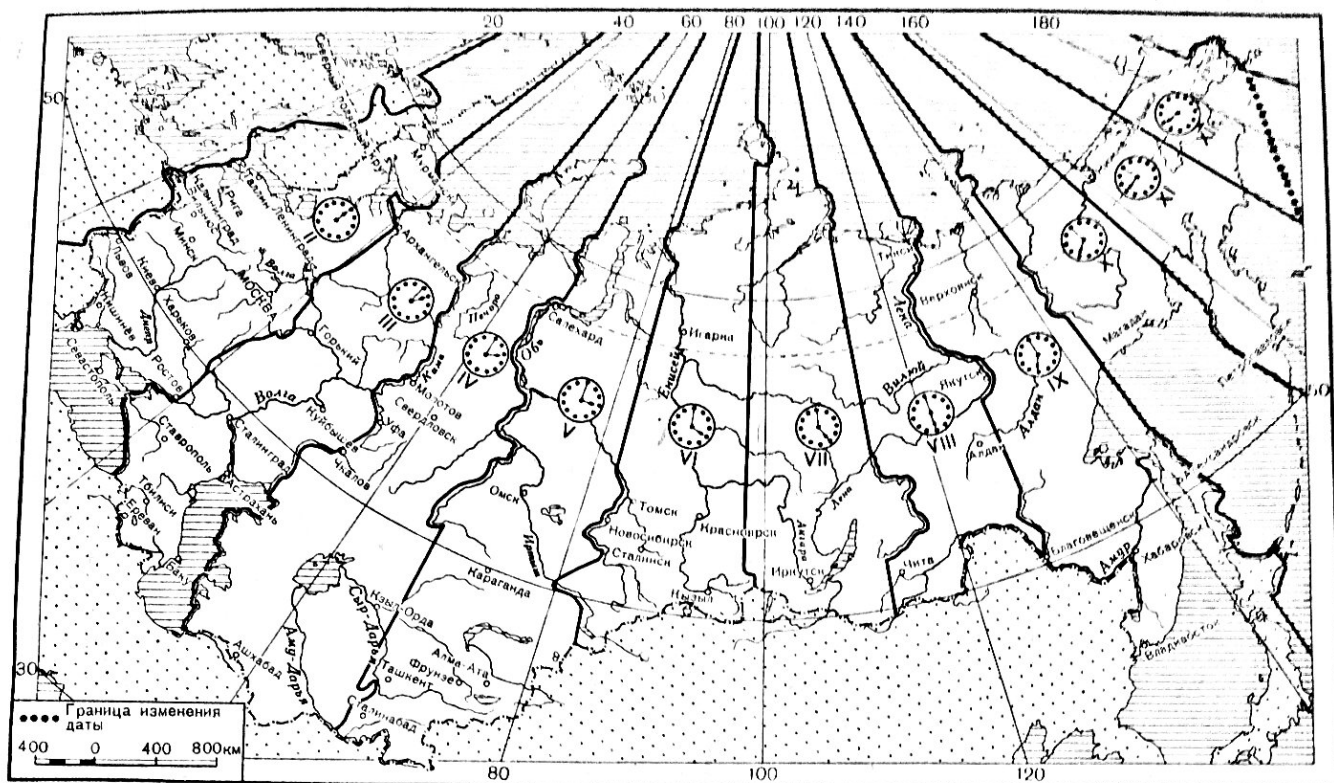


Рис. 36. Часовые пояса в СССР.

ного. Зная долготу места и номер пояса (см. таблицу V в приложениях), в котором оно находится, легко установить разность между местным и поясным временем.

В соседнем к востоку поясе везде в тот же момент считают ровно на час больше. Переезжая границу часового пояса, часы надо переводить ровно на час. *Положение минутных стрелок во всех странах, живущих по поясному времени, в один и тот же момент совпадают; отсюда можно положить часовых стрелок, соответственно поясу.*

По разным причинам границы часовых поясов условно проводились иногда не в точности по меридиану, а по естественным рубежам рек, железных дорог, областей и т. п. Например, граница II и III часовых поясов, если её вести по меридиану с долготой 2 часа 30 мин., как раз пересекала бы Москву. Поэтому граница эта отступает несколько к востоку, включая восточные районы Московской области. На железнодорожном транспорте расписания поездов по всему СССР составляются по тому времени, какое принято в Москве.

Для более рационального расходования электроэнергии и топлива, идущего на её выработку и на осветительные цели, и притом так, чтобы люди не меняли своего привычного распорядка дня, декретом СНК СССР от 16 июня 1930 г. *часовые стрелки по всей стране переводились на час вперед. Получающийся при этом счёт времени называется декретным.*

*Таким образом, декретное время равно поясному плюс один час.*

\* Иногда бывает нужно рассчитать, когда по нашим часам, идущим по декретному времени, будет истинный полдень. Покажем на примере, как это можно сделать.

Пусть надо определить момент истинного полдня 6 ноября по часам, идущим по обычному, принятому в Саратове времени и имеющим поправку на это время, равную — 4 мин. По карте узнаём, что Саратов лежит в III часовом поясе. Следовательно, принятое в Саратове декретное время на 3 часа + 1 час, т. е. на 4 часа 0 мин. вперед тринвичского. Между тем долота Саратова 3 часа 4 мин., и потому среднее местное саратовское время должно быть вперед тринвичского на 3 часа 4 мин.

Очевидно, среднее местное время в Саратове на 4 часа 0 мин. — 3 часа 4 мин., т. е. на 56 мин. позади декретного. Из календаря или из рисунка 34 узнаём, что уравнивание времени 6 ноября равно — 16 мин., т. е. столько надо прибавить (алгебраически) к истинному времени, чтобы получить среднее время.

В истинный полдень по истинному солнечному времени 12 час. 0 мин., а по среднему местному времени в данном случае 12 час. 0 мин. — 16 мин. = 11 час. 44 мин. Декретное время в Саратове вперед среднего местного на 56 мин. (см. выше), и, следовательно, часы, идущие по декретному времени, в момент истинного полдня должны показывать 11 час. 44 мин. + 56 мин. = 12 час. 40 мин. Однако наши часы в Саратове фактически идут на 4 мин. вперед декретного времени (см. выше). Значит, окончательно в истинный полдень эти часы должны показывать 12 час. 44 мин.

\* § 39. **Линия изменения даты.** Необходимо условиться, на каком из земных меридианов начинается новая дата, где, например, впервые на Земле начинается 1 января. Если такой линии не установить, то будут происходить многочисленные недоразумения.

Условимся, что каждая новая дата, новое число месяца наступает на линии, проходящей вблизи меридиана  $180^\circ$  от Гринвича, — между Азией и Америкой. Таким образом, новый день наступает сначала на Камчатке, потом в Сибири, потом в Европе и позднее всего на Аляске.

На корабле, пересекающем линию изменения даты в восточном направлении, одно и то же число месяца приписывается двум последовательным дням. Например, при пересечении этой линии в пятницу 13 апреля на нем следующий день называется опять пятницей 13 апреля. При пересечении этой линии в западном направлении на корабле один день из счета выпускают. Например, день, следующий за субботой 15 апреля, называют понедельником 17 апреля. Когда такие суда приходят в порт, их счет дат совпадает со счетом жителей порта.

Рис. 37. Местное время и долгота.

Меридианом наблюдателя  $NPZS$  в противоположность углу  $\alpha$  меняется с течением времени с равномерной скоростью вследствие вращения небесной сферы.

Дуга  $Aq$ , отсчитываемая по часовой стрелке по небесному экватору от южной части меридиана наблюдателя до круга склонения, проходящего через точку  $M$ , называется часовым углом  $t$  данной точки, он выражается часовым углом  $t$  данного момента.

Понятие о часовом угле позволяет точнее определить понятие об измерении времени: истинное солнечное время, считая его от полудня, измеряется часовым углом Солнца.

\* § 41. **Звездное время и солнечное время.** Точка весеннего равноденствия, как и всякая другая точка небесной сферы, имеет для данного наблюдателя часовой угол, равномерно меняющийся с течением времени.

Часовой угол точки весеннего равноденствия называется звездным временем (обозначается буквой  $s$ ). На рисунке 37 он изображен дугой  $Aq'$ .

Очевидно, что звездное время  $s=0$  в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия.

На астрономических обсерваториях есть часы, идущие по звездному времени и показывающие 0 час. 0 мин. 0 сек. в момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия.

Так как в момент верхней кульминации светила его часовой угол  $t=0$ , то для этого светила

$$s = \alpha,$$

т. е. звездное время равно прямому восхождению светила, находящегося в этот момент в верхней кульминации. Это важное правило необходимо помнить и в другой формулировке: каждое светило бывает в верхней кульминации в момент звездного времени, равный прямому восхождению этого светила.

Звездными сутками называется промежуток времени, протекающий между двумя последовательными верхними кульминациями точки весеннего равноденствия. Нетрудно сообразить, что это есть промежуток времени, в течение которого Земля полностью оборачивается один раз вокруг оси по отношению к звездам.

Звездное время непрерывно уходит вперед по сравнению с солнечным и за год обгоняет его ровно на один сутки.

\* § 42. **Связь солнечного и звездного времени. Момент кульминации светила по солнечному времени.** В момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия звездное время равно 0 час. 0 мин. 0 сек. 21 марта Солнце находится вблизи этой точки. Поэтому в этот день местное солнечное и звездное время почти совпадают. Поскольку звездное время опережает солнечное почти на 4 мин. (точнее на 3 мин. 56 сек.), оно за месяц в 30 дней обгонит солнечное приблизительно на 2 часа, а за год — ровно на сутки.

Легко рассчитать, что приближенно звездное время в полдень:

21 марта равно	0 час. 0 мин.
22 марта . . .	0 час. 4 мин.
23 марта . . .	0 час. 8 мин. и т. д.

Для того чтобы приближенно получить звездное время в данный час после местного полудня, надо рассчитать звездное время в полдень данного дня года и прибавить к нему промежуток времени, прошедший от полудня до данного момента.

Для примера рассчитаем звездное время в 10 час. вечера 1 мая (по местному солнечному времени). От 21 марта до 1 мая прошел 41 сутки, следовательно, звездное время в полдень 1 мая будет  $41 \times 41 = 164$  мин.  $\approx 2$  часа 44 мин. От полудня до 10 час. вечера прошло еще 10 час., следовательно, в 10 час. вечера 1 мая звездное время равно 2 час. 44 мин.  $+ 10$  час.  $\approx 12$  час. 44 мин.

Для того чтобы получить в данный день года истинное солнечное время, соответствующее данному звездному времени, надо из этого момента звездного времени вычесть звездное время, соответствующее полдню данного дня года.

Рассчитаем для примера местное солнечное время, соответствующее 20 часам звёздного времени 3 июля. От 21 марта до 3 июля прошло 104 дня; следовательно, звёздное время в полдень 3 июля будет  $104 \times 104 = 416$  мин. = 6 час. 56 мин.; 3 июля в 20 часов звёздного времени солнечное время равно 20 час. — 6 час. 56 мин. = 13 час. 04 мин. после полудня, т. е. 1 час. 04 мин. ночи.

Для перевода звёздного времени в среднее местное солнечное или декретное и обратно надо учитывать их отличие от истинного солнечного времени.

Из всего этого следует, что рассчитать момент кульминации светила с известным его прямым восхождением можно так.

*По звёздному времени момент кульминации светила равняется его прямому восхождению. Чтобы получить момент его кульминации по солнечному времени в данный день, надо этот момент звёздного времени перевести в момент солнечного времени по правилу, описанному выше.*

Прямое восхождение интересующего нас светила можно узнать по какому-либо справочнику или определить, его по звёздной карте или по звёздному глобусу, пользуясь начерченной на них координатной сеткой.

Пользуясь числовыми данными предыдущего примера, можно было бы, например, рассчитать, что звезда с прямым восхождением  $\alpha = 20$  час. 3 июля будет кульминировать в 1 час 06 мин. ночи. Более точные расчёты требуют различать звёздное время в истинный и в средний полдень и учитывать, что звёздное время течёт быстрее солнечного; например, за 6 солнечных часов, протекающих от полудня, пройдёт 6 час. 1 мин. звёздного времени.

**\* § 43. Служба точного времени.** Знать точное время нужно всем учреждениям, заводам, телеграфу, транспорту и отдельным гражданам. Из-за неточности и несогласованности часов на разных станциях железной дороги могут происходить столкновения поездов. Названные «потребители точного времени» должны знать время с точностью до минут, и с этой точностью они обычно проверяют свои часы. Некоторые виды производства и транспорта требуют знания времени с точностью до секунд, а часто и до сотых долей секунды. Например, разведка полезных ископаемых путём измерения силы тяжести в разных местах Земли, составление географических карт, вождение судов в открытом море требуют наиболее точной проверки часов и притом по несколько раз в сутки, потому что любые часы хотя бы немного могут уходить вперёд или отставать.

*Для этой цели и в СССР и в международном масштабе организована «служба точного времени». Её задачей является определение, хранение и передача точного времени.*

Точное звёздное время определяется на астрономических обсерваториях путём наблюдения звёзд.

Звёздное время легко перевести в солнечное. (Определение времени из наблюдений самого Солнца менее точно, а о недостаточной точности солнечных часов и говорить не приходится.)

Хранение точного времени состоит в возможно более частой проверке одних и тех же (главных) часов обсерватории и в изучении поведения часов — насколько эти часы уходят вперёд или отстают в течение суток.

Передача точного времени производится через радиостанции автоматически, путём замыкания электрического тока в звукоподателе с помощью маятника часов обсерватории. Эти передачи времени производятся разными радиостанциями СССР и других стран в определённые часы. Время с точностью примерно до 0,1 сек. передаётся широко-вещательными радиостанциями в СССР в форме двух предварительных долгих звуков и одного короткого звука, отмечающего определённый момент времени. С большей точностью сигналы времени передаются радиотелеграфными станциями по более сложным правилам.

**§ 44. Главные практические применения астрономии.** *Главные практические применения астрономии состоят в точном измерении времени и в разных способах ориентировки.*

В точном времени нуждаются отдельные граждане, учреждения (в особенности железные дороги и учреждения связи), многие производства, искатели полезных ископаемых. Советская Армия и Флот, а также все те, кто нуждается в способах астрономической ориентировки, т. е. геодезисты-картографы, моряки, лётчики, путешественники — исследователи новых стран и местностей и др.

Астрономическая ориентировка состоит в определении нужного направления (севера, юга и т. д.), а также в определении местоположения наблюдателя на земном шаре, т. е. в определении географической широты и долготы. *Широту и долготу можно определить только из астрономических наблюдений.*

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

**§ 45. Определение географической долготы и широты.** *Определение долготы основано на сравнении в данный момент местного времени данного пункта с местным временем на начальной меридиане (или в пункте, долгота которого уже известна), так как разность географических долгот двух пунктов равна разности их местных времён в один и тот же момент (см. § 37).*

Таким образом, задавая определение географической долготы, распадётся на две: на определение местного времени в данном пункте и на установление местного времени пункта с известной географической долготой.

Узнать местное время пункта с известной географической долготой можно, принимая по радио сигналы точного времени, подаваемые из этого пункта. В момент приёма сигнала времени по радио надо отметить показание своих часов, поставленных по местному времени.

Например, известно, что Московская радиостанция даёт сигнал точного декретного времени ровно в 19 час. 00 мин. Это будет сигнал по времени II пояса — 1 час, т. е. по времени меридиана, имеющего долготу 3 часа 00 мин. 00 сек.

*Определение географической широты* производится путём измерения высоты Полярной звезды над горизонтом во время её верхней или нижней кульминации с учётом её расстояния от полюса мира. Сущес-

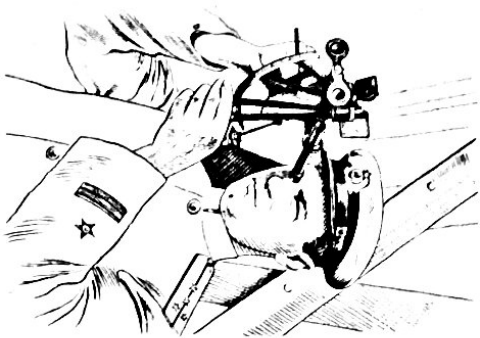


Рис. 38. Наблюдение секстаном.

от горизонта, удерживаемый в руках при наблюдении (рис. 38). Он состоит из сектора окружности, имеющего угол  $60^\circ$ , и с помощью рукоятки удерживается вертикально.

В горизонтальную трубу наблюдатель видит горизонт. Вращая линейку с зеркалом, надо её поставить так, чтобы луч от светила, отразившись от вращающегося зеркала, упал на другое зеркало, а от него в глаз наблюдателя. Тогда наблюдатель увидит изображение светила на дуге линии горизонта. Соответствующий отсчёт указатели линейки на дуге сектора покажет высоту над горизонтом в момент наблюдения.

Кроме секстана, в воздушном флоте для определения курса самолёта применяют и другие астрономические приборы.

Для вождения морских судов (для штурманов) в СССР вычисляются и издаются "Морской астрономический ежегодник" и "Авиационный астрономический ежегодник", содержащие различные нужные сведения о небесных светилах, относящиеся к данному году, и специальные таблицы для вычислений.

Астрономические способы ориентировки обусловили возможность беспримерных перелётов наших лётчиков на северный полюс, через

ной широты производится путём измерения над горизонтом во время её верхней или её расстояния от полюса мира. Сущест-  
ствуют и другие более сложные способы определения широты. Определение широты и долгот является основой всей картографии нашей родины, других стран и земного шара.

\* § 46. Астрономические наблюдения в морском и воздушном флотах. Для морских судов и самолётов, независимо находящихся в движении, определение географических координат представляет насущную и повседневную задачу, решаемую зачастую по много раз за сутки. Качка пароходов и самолётов не позволяет пользоваться инструментами, устанавливаемыми по уровню. Для измерения высоты светил, что необходимо для определения широты и долготы, в этих условиях используются секстаном.

Секстаном называется прибор для

измерения условий растояний светил от горизонта, удерживаемый в руках при наблюдении (рис. 38). Он состоит

щего угол  $60^\circ$ , и с помощью рулетки

В горизонтальную трубу

В горизонтальную трубу наблюдатель видит горизонт. Вращая линейку с зеркалом, надо её поставить так, чтобы луч от светила, отразившись от вращающегося зеркала, упал на другое зеркало, а от него в глаз наблюдателя. Тогда наблюдатель увидит изображение светила на линии горизонта. Соответствующий отсчет указателя линейки на дуге сектора покажет высоту светила над горизонтом в момент наблюдения.

Кроме секстана, в воздушном флоте для определения курса самолёта применяют и другие астрономические приборы.

Для вождения морских судов (для штурманов) в СССР вычисляются и издаются "Морской астрономический ежегодник" и "Авиационный астрономический ежегодник", содержащие различные нужные сведения о небесных светилах, относящиеся к данному году, и специальные таблицы для вычислений.

Астрономические способы ориентировки обусловили возможность беспримерных перелётов наших лётчиков на северный полюс, через

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое истинный полдень и как определяется продолжительность истинных солнечных суток?
2. Почему продолжительность истинных солнечных суток меняется?
3. Как устроены солнечные часы и какое время они показывают?
4. Какие есть виды солнечных часов и чем они различаются?
5. Что такое среднее солнечное время?
6. Что такое „уравнение времени“ и в каких пределах оно меняется?
7. Какое время называется местным?
8. Как различаются местное время в двух городах, имеющих разную долготу?
9. В чем состоит поясной счет времени?
10. Что такое декретное время?
11. Что такое линии изменения даты и где она проходит?
12. Что такое часовой угол?
13. Какова связь между часовым углом Солнца и истинным солнечным временем?
14. Что такое звездное время?
15. В какой момент звездного времени кульминирует светило с прямым восходящим  $\alpha$ ?
16. Что такое звездные сутки?
17. Что короче: солнечные сутки или звездные, и на сколько?
18. Как рассчитать звездное время в полдень данного дня?
19. Как рассчитать звездное время в данный час данного дня года?
20. Кто и почему нуждается в знании точного времени?
21. В чем состоят главные практические применения астрономии?
22. На чем основано определение географической долготы?
23. На какие две задачи распадается эта задача?
24. Как узнать местное время в другом городе?
25. Что такое секстан, где и зачем он нужен?
26. Как определить географическую широту местности?

## Упражнения

1. Солнечные часы показывают 8 час. 10 мин. утра, 5 час. 59 мин. полудни. Пользуясь рисунком 34, определите соответствующее среднее время 15 февраля, 15 июня, 3 ноября.
2. Какое это будет время: местное или поское?
3. Какое местное время впереди и на сколько: куйбышевское или свердловское (см. приложение V)? томское или иркутское? мурманское или таинженское?
4. Пользуясь приложением V, определите в каждом из тех же городов, какое там время впереди: местное или поское и на сколько? декретное или местное и на сколько?
5. Определите местное время в Риге, когда в Чите по декретному времени полдень.
6. В Харькове солнечные часы показывают 7 час. 19 мин. утра. Какое сейчас декретное время? То же для Львова, Горького, Красноярска.
7. Падает ли по погнутой линии тень столба в декретный полдень?
8. По декретному времени в Туле и Риге одновременно 6 час. вечера. Одновременно ли там и местное время? (см. приложение V).
- \* 9. Сойдутся ли в счете для два путешественника, одновременно выходящие из Москвы 1 мая, один на запад, другой на восток, и проезжающие

- ше по  $15^\circ$  по долоте за сутки? Что они сделают, пересекая линию изменения даты?
- \* 10. Прямые восхождения двух звезд 3 часа и 7 час. Когда они кульминируют по звездному времени?
- \* 11. Рассчитайте звездное время в полдень и в 6 час. вечера 1 мая, 1 августа, 1 марта.
- \* 12. Когда по местному солнечному времени будут в верхней кульминации 1 мая, 1 августа и 1 марта звезды с прямым восхождением 3 час., 7 час., 23 час.? Все ли эти кульминации можно будет видеть фактически?
13. Часы, идущие по местному времени, показывали 9 час. 13 мин. вечера, когда по радио раздался сигнал, что в Гринвиче полдень. Чему равна долгота местности?
14. По радио слышали из Москвы сигнал, что там 7 час. вечера (по декретному времени), в то время как часы, идущие по местному времени, показывали 13 час. 43 мин. Какова долгота местности от Гринвича?
15. Можно ли, имея солнечные часы и радиоприёмник, грубо определить долготу места?
16. Можно ли определить долготу места, сравнивая показания уличных городских часов с сигналами по радио?
17. Полярная звезда отстоит от полюса на  $1^\circ$ . Когда нужно измерять её высоту над горизонтом и какую нужно внести поправку в результат, чтобы определить правильно широту местности?

## ДВИЖЕНИЕ ЛУНЫ И КАЛЕНДАРЬ

**§ 47. Движение Луны и месяц.** Луна — единственное небесное тело, которое обращается вокруг Земли.

Промежуток времени, в течение которого Луна совершает полный оборот вокруг Земли, называется *звёздным* (или *сидерическим*) *месяцем*; он составляет  $27\frac{1}{8}$  суток.

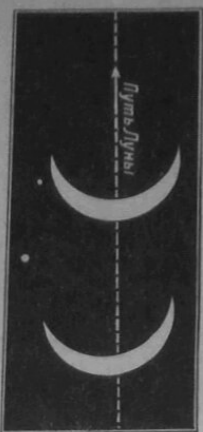


Рис. 39. Смещение Луны среди звезд за 1 час. 20 мин.

Проследите за тем, как Луна по отношению к какой-нибудь звезде уже на следующий день значительно сместится влево, к востоку (приблизительно на  $13^\circ$  за сутки). Легко заметить, что по звездному небу Луна перемещается непрерывно и через  $27\frac{1}{8}$  суток возвращается к тем же звездам, описав по небесной сфере полный круг. Поэтому-то период обращения Луны (по отношению к звездам) и называется *звёздным* (сидерическим). За один час Луна успевает сместиться по небесной сфере (к востоку) на  $\frac{27\frac{1}{8} \times 360^\circ}{24}$ , т. е. на  $1\frac{1}{2}^\circ$ , — приблизительно на величину своего видимого поперечника.

При своём движении Луна нередко на время затмевается от нас звезды и планеты. Это показывает, что Луна находится к нам ближе, чем звезды и планеты.

Видное движение Луны по небесной сфере происходит вблизи эклиптики, но *плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости*

земной орбиты (к плоскости эклиптики) на  $5^\circ$ . Точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой называются узлами лунной орбиты. Среднее расстояние Луны от Земли составляет 384 400 км, или приблизительно 30 земных диаметров. Так как Луна движется вокруг Земли не в точности по кругу, её расстояние изменяется в пределах около 20 000 км в обе стороны. Ближайшая к Земле точка лунной орбиты называется *перигеем*, наиболее далёкой — *апогеем*.

**§ 48. Фазы Луны и непостоянный свет.** Изменение вида Луны — смена её фаз — происходит оттого, что Луна занимает различные положения относительно Земли и освещающего её Солнца.

Луна является шарообразным тёмным телом. Когда Луна находится между Землей и Солнцем, обращённое к нам её полушарие не освещается Солнцем, и мы Луны не видим. Эта фаза Луны называется *новолунием*. Когда Луна находится как раз против Солнца, т. е. Земля находится между Солнцем и Луной, всё обращённое к нам полушарие Луны ярко освещено Солнцем. Эта фаза называется *полнолунием*. В промежуточных положениях мы видим те или иные части её освещённого полушария сбоку, отчего Луна имеет вид полудиска (*первая четверть и последняя четверть*), более или менее узкого серпа и др. Рисунок 40 поясняет связь лунных фаз с положениями Луны на её орбите; солнечные лучи падают сверху, в плоскости чертежа.

Легко видеть, что верхняя кульминация Луны происходит при новолунии в полдень, при полнолунии — в полночь, при первой четверти — около 18 часов и при последней четверти — около 6 часов (по солнечному времени).

Промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми фазами Луны называется *сидерическим месяцем*, он равен  $29\frac{1}{2}$  суток.

Период лунных фаз, или синодический месяц, больше сидерического месяца. Это происходит оттого, что одинаковые фазы Луны наступают при одинаковых положениях Луны относительно Солнца и Земли. На рисунке 41 Луна в точке L изображена в положении новолуния — между Землей T и Солнцем S. За время полного оборота Луны

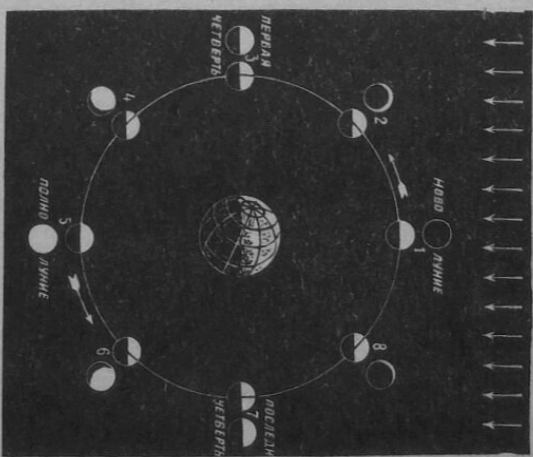


Рис. 40. Схема, поясняющая смену фаз Луны.

вокруг Земли. Земля вместе с Лунной успеет пройти  $1\frac{1}{12}$  часть своей орбиты относительно Солнца и окажется в точке  $T_1$ . Луна, двигаясь по орбите относительно Земли, окажется в положении  $L_1$ , которое, как мы видим, не будет соответствовать новолунию. Чтобы прийти в положение  $L_1$ , Луне надо повернуться ещё на угол  $ST_1L_1$ , на что потребуется около двух суток.

Для наблюдателя, находящегося на Луне, Земля также занимает различные положения относительно Солнца. Поэтому Земля, освещаемая Солнцем, при наблюдении с Луны должна также менять фазы и с тем же периодом, с той только разницей, что когда на Земле наблюдается, например, полнолуние, на Луне должно наблюдаться "новолуние", и наоборот. Это легко понять, исходя из того же рисунка 40. Надо только представить себе, что наблюдатель движется вместе с Луной и с нею смотрит на Землю.

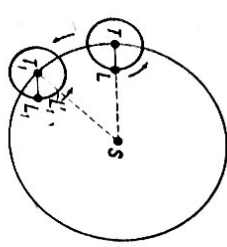


Рис. 41. Синодический месяц

Возлеженное свечение неосвещённой Солнцем части лунного диска незаметно до и вскоре после новолуния, когда Луна видна как узкий серп. В это время Земля ярко освещает лунную поверхность.

**§ 49. Тропический и календарный годы. Календарь и называемая система исчисления больших промежутков времени.** В настоящее время почти все страны пользуются солнечным календарём, т. е. календарём, основанным на годичном кругообороте Солнца по эклиптике и потому связанным с периодической сменой времён года.

Во всяком солнечном календаре за основу берётся тропический год. Тропический год называется промежутком времени между двумя последовательными прохождением центра Солнца через точку весеннего равноденствия.

Тропический год равен 365 сут. 5 час. 48 мин. 46,1 сек. Это и создаёт трудность в построении календаря, так как каждый календарный год должен для удобства заключать в себе целое число суток. В зависимости от того, как согласуется календарь с тропическим годом и как он это согласие осуществляет, могут быть разные календари.

**§ 50. Старый и новый календарные стили. До Великой Октябрьской социалистической революции в России был принят календарь, называемый старым стилем.**

В старом стиле для простоты счёта принято, что тропический год составляет ровно 365 дней 6 часов, т. е.  $365\frac{1}{4}$  суток. Чтобы календарный год содержал всегда целое число суток, было принято

3 года подряд считать по 365 суток, а следующую (четвёртую) год в 366 суток, после чего опять три года считать по 365 суток и т. д. Тогда средняя продолжительность года будет равна  $(365 + 365 + 365 + 366) : 4 = 365\frac{1}{4}$  суток, т. е. равна принятой продолжительности тропического года.

Лишний день в году вставляется в конце февраля (29 февраля), и такой год называется високосным. Условились считать високосными (по 366 суток) те годы, номера которых без остатка делятся на 4, например годы 1944, 1948, 1952.

Старый стиль отстаёт от действительного течения времени, так как считает в среднем год более длинным, чем он есть в действительности (на 11 мин. 14 сек.). За каждые 400 лет (точнее — за 384 года) старый стиль отстаёт от природы на 3 дня.

Принятый в СССР и в большинстве стран новый стиль календаря, введенный в некоторых странах ещё в 1582 г., почти свободен от упомянутого недостатка: он называется новым стилем.

В XVI в. старый стиль отстал от природы уже на 10 дней. Календарь этот был введён в обиход стран, принявших христианскую религию, в 325 г.) Чтобы аннулировать это отставание, 5 октября 1582 г. посчитали 15-м октября. А чтобы ошибка снова не накопилась, три лишних дня, накапливавшиеся в старом календаре приблизительно за каждые 400 лет, устраняются тем, что три високосных года каждого такого периода в 400 лет считаются простыми. Условившись, что простыми будут те столетие високосные годы старого календаря, число сотен которых без остатка не делится на 4. Таким образом, 600 г. в обоих календарях был високосным, и в XVII в. разница между новым и старым стилем осталась в 10 дней. 1700 г. по новому стилю был простым, а не високосным, и потому разница между этими календарями достигла 11 дней. После 1800 г. разница достигла 12 дней, после 1900 г. 13 дней, но после 2000 г. она будет всё ещё 13 дней. Новый стиль тоже ещё не совершенно точен, но его расхождение с природой в целые сутки накапливается только за 3000 лет. Практического значения такая ошибка, естественно, не имеет.

**\* § 51. Пронскохождение месяца и недели. Календарная эра.** В древности в странах, более связанных с охотой и со скотоводством, чем с земледелием, был принят календарь, построенный на смене лунных фаз, т. е. на синодическом месяце (29,2 суток). Месяцы календарные чередовались по 29 и по 30 дней. В нашем солнечном календаре двенадцатая часть года сохраняется название месяца, но она никакого отношения к Луне уже не имеет: со сменой лунных фаз календарные месяцы, имеющие разную продолжительность от 28 до 31 дня, никак не связаны.

Семилетняя неделя возникла тысячу лет назад в связи с астрономическим верованием во влияние планет. Каждой из пяти планет, известных тогда, а также Солнцу и Луне посвящались отдельные дни в определённом порядке: суббота — Сатурну (день Сатурна), воскресенье — Солнцу, понедельник — Луне и т. д. На немецком языке до сих пор, например, воскресенье называется Sonntag (Sonnen Tag — день Солнца), понедельник — Montag (день Луны), по-английски суббота — Saturday (день Сатурна), воскресенье — Sunday (день Солнца), по-французски вторник — mardi (с латинского Martis dies — день Марса), среда — mercredi (день Меркурия) и т. д.

Календарной эрой называется начало счёта лет. Римляне долго вели счёт лет от основания своей столицы — города Рима. Сопоставление всяких дат ар между собой и переход от одной из них к другой неудобен. Пото́ры тысяч лет назад было предложено вести счёт лет от так называемого «рождества христового». Дата этого мифического события, конечно, не могла быть установлена, и «расчитали» её произвольно. Однако позднее эта «эра от р. х.» распространилась по многим странам и в настоящее время является почти общепринятой; мы её часто называем «нашей эрой» (н. э.). Мы её сохранили, потому что удобно, чтобы у всех народов на тысячу лет была принята одна и та же эра.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое звездный (сидерический) месяц и чему он равен?
2. На сколько перемещается на фоне звездного неба Луна за час? За сутки?
3. Совпадает ли плоскость лунной орбиты с эклиптикой?
4. Чему равно среднее расстояние Луны от Земли?
5. Как называется ближайшая к Земле и наиболее от неё удаленная точки лунной орбиты?
6. Сделайте чертёж и по нему объясните, почему и как происходит смена лунных фаз.
7. В каком часу бывает верхняя кульминация Луны, когда она в первой четверти? в полнолунии? в последней четверти?
8. Что такое пеленный свет Луны?
9. Как называется период полной смены лунных фаз и чему он равен?
10. Что называется календарём?
11. Что называется тропическим годом? чему он равен?
12. Как чередуются простые и високосные годы при старом календарном стиле?
13. Чему равна средняя продолжительность года при старом стиле? В чём её неточность?
14. Как чередуются простые и високосные годы при новом стиле? Когда он введён в СССР?
15. Как переводятся в разных столетиях даты старого стиля на новый стиль и обратно?
- \* 16. Откуда в нашем календаре появились месяцы?
- \* 17. Когда и почему возникла семидневная неделя?
- \* 18. Что такое календарная эра?

### Упражнения

1. Луна в фазе первой четверти видна у горизонта. Который час (приближительно)? В какой стороне горизонта она находится?
2. Сегодня Луна взошла в полночь. Когда приблизительно она взойдёт завтра?
3. Луна около полнолуния. Как в это время выглядит Земля при наблюдении её с Луны?
4. Серп Луны обращён выпуклостью направо и находится у горизонта. В какую сторону горизонта вы смотрите?
- \* 5. Почему в тропических странах восходящий серп убывающей Луны на море выглядит, как ладья, плывущая по воде?
6. Почему головина Великой Октябрьской социалистической революции празднуется в ноябре?
7. Когда произошло восстание декабристов в 1825 г. по новому стилю?
8. М. В. Ломоносов родился 8 ноября 1711 г. старого стиля. В какой день теперь надо отмечать его рождение?
- \* 9. Как и когда должен курсировать корабль между Азией и Аляской, чтобы у его команды в течение февраля было 10 воскресений?

### ЗАТМЕНИЯ

**§ 52. Затмения.** Если бы плоскость лунной орбиты совпала с плоскостью эклиптики, то ежемесячно происходили бы затмения. В каждое новолуние Луна оказывалась бы как раз на прямой линии между Землёй и Солнцем и затмевалась бы его своим непрозрачным телом. Вследствие этого всякий раз наблюдалось бы явление, которое мы называем *солнечным затмением*. Совершенно так же в каждое полнолуние Луна попадала бы в тень, отбрасываемую Землёй в сторону, противоположную Солнцу, вследствие чего происходило бы *лунное затмение*. Ввиду наклона лунной орбиты к эклиптике Луна в

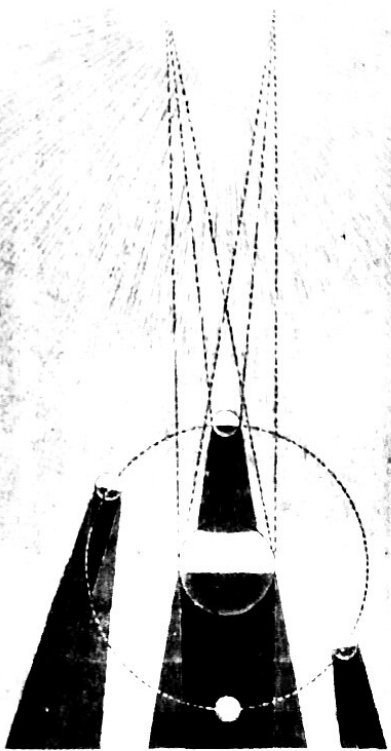


Рис. 42. Схема затмений Луны и Солнца.

новолуние и в полнолуние большей частью проходит выше или ниже эклиптики, и затмений не происходит.

Затмения могут произойти только тогда, когда новолуние или полнолуние случается вблизи одного из двух узлов лунной орбиты, т. е. вблизи точек пересечения лунной орбиты с плоскостью эклиптики (§ 47). Иными словами, Солнце и Луна должны одновременно находиться вблизи узлов лунной орбиты.

Так как этих узлов два, а Солнце проходит полный круг по эклиптике в течение года, то ежегодно бывают два периода (разделённых промежутком в полгода), когда могут происходить затмения. Местоположение узлов лунной орбиты все время перемещается, поэтому периоды наступления затмений ежегодно меняются. Более точные подсчёты показывают, что ежегодно должно происходить не менее двух и не более пяти солнечных затмений и не более трёх лунных;

но лунных может и не быть вовсе. Чаще всего в году бывает два солнечных и два лунных затмения.

**§ 53. Лунные затмения.** Земля отбрасывает тень в форме конуса в сторону, противоположную Солнцу; если полное лунное происходит достаточно близко от узла лунной орбиты, то Луна при этой фазе частично или полностью погружается в земную тень, почему и происходит лунное затмение — частное или полное.

Лунное затмение бывает одновременно на всём полушарии Земли, обращённом во время затмения к Луне.

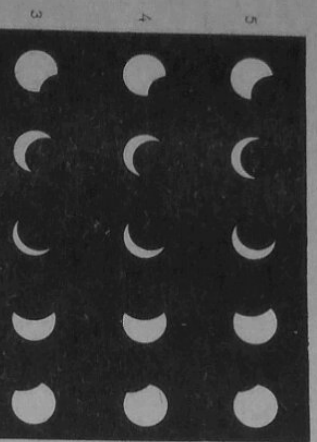


Рис. 43. Различные фазы частного затмения Солнца (последовательность слева, вверх, вертикальными рядами).

атмосфера сильно поглощает голубые и соседние с ними лучи, а пропускает внутрь этого конуса те, преимущественно красные, лучи, которые она поглощает слабее. Эти лучи и озаряют Луну во время затмения. Сильное поглощение атмосферой голубых лучей обнаруживается также при восходе и заходе Солнца. При косом ходе лучей через толщину воздуха, чем среди дня, и синеголубые лучи поглощаются сильнее. Поэтому земной воздух имеет синеголубой цвет, а Солнце при восходе и заходе кажется красным.

**§ 54. Солнечные затмения.** Луна меньше Земли; поэтому поперечник отбрасываемого Луной конуса тени меньше поперечника Земли. Тень Луны не может одновременно покрывать не только всю Землю, но даже и значительную её часть. *Полное затмение Солнца* наблю-

Диаметр тени Земли на расстоянии Луны почти в  $2\frac{1}{2}$  раза больше диаметра Луны. Если Луна при этом пройдет через середину тени, полное лунное затмение будет длиться до 1 часа 40 мин., не считая времени, в течение которого Луна постепенно погружается в тень Земли и постепенно же выйдет из неё, что происходит на протяжении ещё двух часов.

Во время затмений Луна обычно не исчезает совершенно, а продолжает быть видимой, хотя и слабо. При этом она приобретает красноватобурый цвет более или менее тёмного или светлого оттенка. Причина этого заключается в том, что солнечные лучи, преломляясь в атмосфере, окружающей Землю, попадают внутрь конуса земной тени. Однако из всех цветов радуги, составляющих белый солнечный свет,

дается только внутри того сравнительно небольшого пятна, которое лунная тень образует на поверхности Земли. Это теневое пятно, имеющее форму эллипса, никогда не достигает даже 300 км в диаметре, обычно бывая много меньше. Вне этого пятна, в области, куда падает лунная полутень, радиусом до 4 000 км, наблюдается *частное затмение*, т. е. закрывается Луной только часть солнечного диска (рис. 43). В остальных местах Земли, вне тени и полутени, затмения Солнца не происходят.

Вследствие того, что Земля вращается вокруг оси, а Луна движется вокруг Земли, тень Луны перемещается по поверхности Земли, и последовательно (в разные моменты) солнечное затмение наблюдается в различных местах земной поверхности. Это происходит в так называемой полосе полного затмения, тянущейся по поверхности Земли. В обе стороны от неё наблюдается лишь частное затмение, и тем меньшее (с тем меньшей фазой), чем дальше находится местность от полосы полного затмения.

*Фазой затмения называется отношение отрезка диаметра Солнца, наиболее закрытого Луной, ко всему диаметру.* Она выражается в долях диаметра Солнца.

Вследствие эллиптичности как лунной, так и земной орбит видимый (угловой) диаметр Луны бывает то больше, то равен, то меньше солнечного. В первом случае полное затмение Солнца длится некоторое время (не свыше 7 мин. 40 сек.), во втором только одно мгновение, а в последнем случае Луна вообще не покрывает Солнца целиком; его края остаются видны вокруг тёмного диска Луны — происходит *кольцеобразное затмение* (рис. 44).

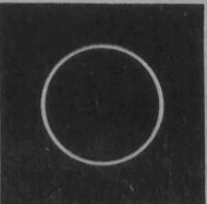


Рис. 44. Кольцеобразное затмение Солнца.

Картина солнечного затмения протекает так. Сперва на западном (правом) крае диска Солнца появляется маленькая чёрная выемка. Постепенно она растёт, и Солнце всё больше и больше закрывается Луной. Так проходит около часа.

До наступления полного затмения солнечный свет ослабевает постепенно, а потому и не очень заметно. С наступлением полного затмения картина сразу меняется: становится довольно темно, и на небе делаются видными наиболее яркие звёзды и планеты. Вокруг Солнца становятся видны яркие огненные выступы (протуберанцы) в виде небольших розоватых язычков, вытягивающихся от Солнца. Кругом затмившегося Солнца вслываювет солнечная корона, представляющая собой наружные части солнечной атмосферы. После окончания полного затмения из-за правого края Луны появляется узкий солнечный серпик, люющий яркий свет, и сразу исчезают корона, протуберанцы и звёзды. Серпик постепенно растёт, и Луна сходит с солнечного диска приблизительно в течение одного часа.

Хотя солнечные затмения происходят чаще лунных, но в одном и том же месте Земли солнечные затмения, в особенности полные, наблюдаются гораздо

роже лунных. Полные солнечные затмения наблюдаются в каком-либо пункте в среднем один раз приблизительно в 300 лет, с возможными, конечно, отклонениями. В пределах СССР полные солнечные затмения наблюдались в 1914, в 1936, в 1941 и в 1945 гг. Ближайшее следующее затмение, видимое в СССР, приходится 12 сентября 1950 года (полоса проходит с севера на юг, в Чукотском и Корьякском национальных округах), а видимое в Европейской части СССР — 30 июня 1954 г.

Во время полных затмений удаётся наблюдать такие явления, какие в другое время невозможно увидеть. Поэтому для наблюдения их в подлунной полосе затмения стараются специально экспедиции.

Солнечное затмение 1936 г. было видно почти на всей территории СССР (рис. 45) и как полное — в длинной полосе от Черного моря до Тихого океана. Это дало возможность организовать ряд экспедиций для решения специальных астрономических и физических вопросов. Многие советские экспедиции получили ценные результаты. В 1941 и в 1945 гг., несмотря на военные обстоятельства, в СССР также были проведены обширные наблюдения затмений.

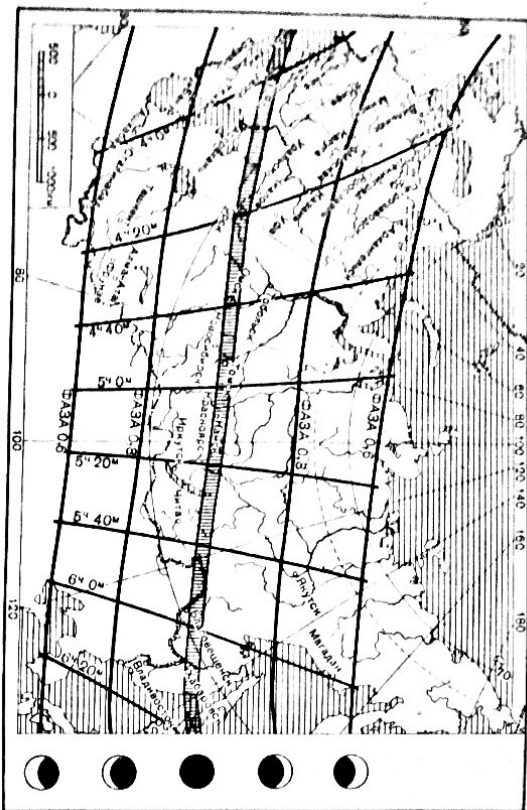


Рис. 45. Карта видимости солнечного затмения 1936 г.

Продольные линии соединены точки, в которых фаза затмения одинакова (изофазы). Поперечные линии соединены точки, в которых затмение происходило одновременно (указано единое время). Средней заштрихованной полосой отмечены места, в которых затмение было полным.

Было время, когда люди затмений очень боялись, считая их дурным предзнаменованием или выражением божьего гнева. Часто такие суеверия поддерживались служителями культа для запугивания трудящихся масс. Теперь учёные заранее вычисляют время наступления каждого затмения с точностью до десятых долей секунды, зная теорию движения Луны (наблюдаемые небольшие отклонения вычислений от наблюдений ведут к дальнейшему уточнению теории лунного движения).

Для солнечных затмений составляются карты, на которых вычерчивается путь лунной тени по Земле и проводятся линии — изофазы (линии одинаковых моментов начала, середины и конца затмения) и изофазы (линии одинаковых наибольших фаз частного затмения). Особо точно такие карты вычисляются в СССР под руководством проф. А. А. Михайлова.

### Вопросы для самопроверки

1. Отчего происходит затмение Солнца? затмение Луны?
2. При каких условиях Луна падает в тень Земли и тень Луны падает на Землю?
3. Почему затмения не бывают ежемесячно?
4. Что такое узлы лунной орбиты и постоянно ли их положение?
5. Почему затмения не происходят всегда в одно и то же время года?
6. Сколько и каких затмений может быть в году?
7. Как происходит лунное затмение? Почему Луна при затмении бывает красной?
8. Какие бывают виды солнечных затмений?
9. Везде ли солнечное затмение видно одновременно и одинаково?
10. Почему вид солнечных и лунных затмений бывает разным?
11. Что такое фаза затмения?
12. Что необычное видно во время полных солнечных затмений?

### Упражнения

1. Вчера было полнолуние. Может ли быть через неделю затмение Солнца?
2. Послезавтра будет солнечное затмение. Будет ли сегодня лунная ночь?
3. Может ли быть кольцеобразное затмение Луны?
4. Почему лунные затмения иногда бывают невидимы в данной местности?
5. Можно ли с северного полюса Земли наблюдать солнечное затмение 15 ноября?
6. Можно ли наблюдать с северного полюса Земли лунные затмения, происходящие в июне и в ноябре?
7. Как отличить обычный ущерб Луны от частного фазы её затмения?

## РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

## АСТРОНОМИЯ В ДРЕВНОСТИ

**§ 55. Култ небесных светила и астрология.** Когда человек не знал ещё законов природы, он на каждом шагу чувствовал свою зависимость от окружающей среды. Он слепо преклонялся перед силами природы, обожествлял их. Обожествлялись молния, гром, ветер и небесные светила, в первую очередь Солнце и Луна. Больше всего было развито поклонение Солнцу (култ Солнца). Наблюдая живительное действие солнечных лучей на всю природу, но не умев разгадать их источник и способ их воздействия, люди представляли себе Солнце добрым и могучим богом. Так из незнания законов природы родилась вера в сверхъестественные силы и возникло поклонение им, складывались религиозные верования и представления.

Поклонение Солнцу и его изображением существовало у многих народов древности. У славян бог Солнца назывался Ярило. Описания в носкаательной форме приключений бога-света, т. е. путешествия Солнца по эклипке, составляют содержание солнечных мифов у различных народов.

Свое отражение солнечные мифы нашли в религиях, в частности в христианской религии. Например, праздник „рождества Христова“, приуроченный ко времени зимнего солнцестояния, является одним из древнейших пережитков — праздником рождения бога Солнца.

Христианско-языческий праздник Ивана Купала — святого Иоанна Крестителя (24 июня), сопровождавшийся в деревнях дороволуционной России прыганием через горящие костры, связан с древним поклонением солнечному жару (который и знаменовался костром). Он связан с летним солнцестоянием.

Поклонение Луне сохраняло свои следы в мусульманской (иначе — магометанской) религии, в которой серп Луны („полумесяц“) является религиозным символом. Его изображение устанавливалось на мечетях, помещалось на флагах, используют для украшения одежды и оружия. На основе религиозных заблуждений, почитания небесных светил и непонимания причины социальных явлений возникли фантастические представления о том, что небесные светила влияют на земные события. Ложное учение об этом влиянии и о возможности предсказывать события по положению небесных светил получило название *астрологии*.

Люди, занимавшиеся такими предсказаниями, назывались астрологами. В древности и в средние века папы, короли, князья, правители и полководцы имели своих придворных постоянных астрологов, к которым они и обращались за предсказаниями при управлении государством, при ведении войн и в личных делах.

Благоприятную почву для развития астрологии создавало непонимание причины сложных петлеобразных движений планет. Вера в небожителей, будто бы управляющих всем миром, вызвала обоготворение этих светил. Отсюда и их названия именами богов, вестниками которых планеты считались. Не зная, что любые явления природы и общественные события определяются вполне закономерными естественными причинами, что они не зависят от воли каких бы то ни было духов или божеств, люди верили астрологам. На этой основе возникла и вера в „счастливые звёзды“ и „несчастливые планеты“ (планеты).

Развитие правильных научных представлений всё более и более ограничивало область суеверий. Однако и до сих пор подобные народные предрассудки живут ещё среди отсталых людей (таджан, вера в судьбу, в приметы и т. п.).

Чтобы держать народные массы в покорности и безнаказанно эксплуатировать трудящихся, угнетающие классы всячески насаждают темноту и различные суеверия. Они поощряют и астрологию, как один из способов одурачивания неосведомлённых людей сказками о нечистой силе таинственной судьбы. Это особенно ярко проявляется в США, где под видом так называемых „демократических свобод“ имеет место развал самых длинных суеверий и предрассудков.

**\* § 56. Астрономия у древних народов.** Астрономические познания древних кочевых народов возникли в результате потребности определять время суток и находить правильное направление ночью в степи или в пустыне.

С переходом человека к земледелию потребность в астрономии возросла. Земледельцу необходимо иметь календарь, чтобы регулировать заранее сельскохозяйственные работы в соответствии с временами года.

Мореплавателям постоянно приходилось ориентироваться по звёздам. Знанием блуждающих светил — планет и их видимых петлеобразных движений — располагали уже древние египтяне и вавилоняне.

И у вавилонян, и у египтян наука использовалась жрецами — служителями религии — в их собственных кастовых целях. Жрецы хранили в строжайшей тайне свои знания, чтобы поддерживать свой авторитет и власть. Установление календарных дат, в том числе религиозных праздников, связанных с почитанием небесных светил, укрепляло власть жрецов, обладавших астрономическими знаниями. Жрецы накопили много фактических данных о небесных явлениях, но не умели их правильно объяснить. Вместо изучения природы небесных тел жрецы развинули астрологию и таким образом держали в суеверном страхе не только народ, но и его правителей.

По древневавилонской легенде, замешивавной евреями у своих прародителей — вавилонян и попавшей в „священную“ Библию, небо представляется собой твёрдый купол („твёрдь небесная“), опирающийся на

края плоской Земли. Небо есть место обитания „неожителеев“, создавших мир. На основе таких взглядов выросло представление о глубоким различии между земным и небесным, „земным“ и „потусторонним“, естественным и сверхъестественным, материальным и духовным, познаваемым и будто бы непознаваемым. Отсюда и сохранявшаяся до наших дней потоворка о различии, „как между небом и Землей“.

После того как центр политической и культурной жизни из Вавилона и Египта переместился в древнюю Грецию, накопленные астрономические сведения стали достоянием греческих мыслителей. Астрономия получила у них дальнейшее развитие, так как греки, будучи отвлеченными мореплавателями, особенно нуждались в этой науке и с успехом применили к ней свои математические познания.

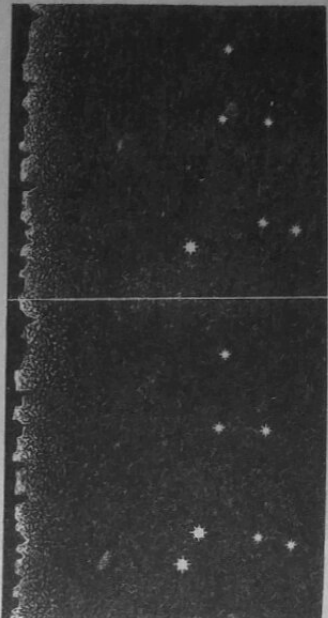


Рис. 46. Созвездие Льва (стена). Справа — вид того же созвездия, когда в нем находится яркая планета.

**§ 57. Планеты и их видимые движения.** Неворужённым глазом можно видеть пять планет: Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Они светят, как самые яркие звёзды. Поэтому можно обозначить планету, как „лишнюю“ яркую звезду в каком-либо созвездии (рис. 46). Помочь этому может сравнение неба со звёздной картой, на которой планеты как светила, постоянно меняющие своё положение на небе, конечно, не помечены.

Наблюдения показывают, что некоторую часть года каждая планета проводит вблизи Солнца, и тогда она тонет в его лучах. Следовательно, нельзя рассчитывать в любой вечер увидеть сразу все планеты. Мало того, может оказаться, что какая-либо планета восходит только под утро или заходит уже в самом начале вечера. Так что может случиться, что в данный момент ни одной планеты не будет видно.

Наблюдая светила, люди убедились в том, что тогда как Марс, Юпитер и Сатурн могут быть видны, вообще говоря, в любой час ночи, планеты Венера, а в особенности Меркурий, никогда не отходят далеко от Солнца. Меркурий и Венера могут наблюдаться только в двух случаях — либо вечером на западе, вскоре после захода Солнца, либо утром на востоке, незадолго до его восхода. При этом

Меркурий даже в период своего наибольшего видимого, т. е. углового, удаления от Солнца бывает видим с трудом в лучах зари и близко к горизонту. Таким образом, и Меркурий и Венера наблюдаются то как „утреннее“, то как „вечернее“ звёзды и никогда не бывают видны среди ночи. Они видны только в западной или восточной стороне неба. Венера светит гораздо ярче всех других планет и звезд и имеет белый цвет. Юпитер слабее Венеры, но много ярче звезд первой величины и других планет; он желтоватого цвета. Марс имеет красновато-оранжевый цвет и иногда бывает почти так же ярк, как и Юпитер, но чаще светит, как звезда первой величины. Сатурн мало отличается от звезд первой величины и желтоват.

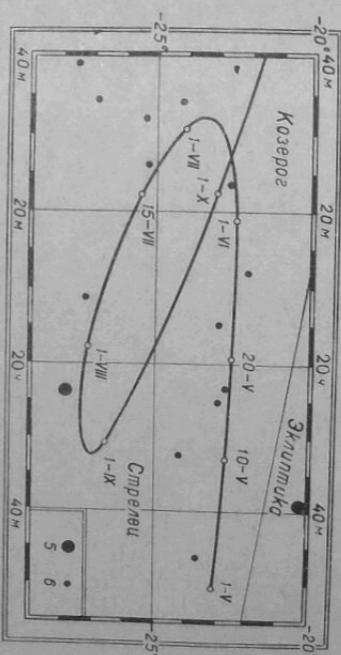


Рис. 47. Видимый путь планеты Марс на фоне звёздного неба в 1939 г.

За перемещением планет по отношению к звёздам следить очень интересно и полезно, делая по временам отметку их положения на звёздной карте. Неворужённым глазом движение скорее всего можно заметить у планеты Марс. Однако для всех планет лишь через несколько месяцев наблюдения выясняется планная особенность их видимых перемещений. Особенность движения каждой планеты состоит в том, что она перемещается то быстрее, то медленнее, то в сторону суживающегося небесной сферы, то в противоположную сторону и раз в год на фоне звёздного неба как бы выплывает петлю. На рисунке 47 изображена часть звёздной карты и тот петлеобразный путь, который в течение 1939 г. проделал Марс. На этом рисунке указано, в каких местах своего пути находился Марс в некоторые дни года.

Скорость движения и размер петли (в градусах) больше всего у Марса, меньше у Юпитера и ещё меньше у Сатурна. Описав петлю, каждая планета продолжает смещаться на фоне звёздного неба навстречу его суточному вращению.

О движениях Меркурия и Венеры подробнее мы не говорим, потому что следить за ними на светлом фоне зари, в которой слабый свет звёзд теряется, труднее, но они тоже описывают подобные петли.

**§ 58. Системы мира Аристотеля и Птолемея.** Обобщение всех достижений древнегреческой науки дал в IV в. до нашей эры один из величайших ученых древнего мира — Аристотель (384—322 до н. э.). Однако представления о мироздании у большинства греческих ученых были еще далеки от действительности.

По Аристотелю, каждая планета, Солнце и Луна укреплены на прозрачных твердых небесных сферах — каждое светило на своей сфере. На самой далекой из таких сфер помещались все звезды. Все эти сферы концентрически вложены одна в другую, и в центре их находится неподвижный земной шар. Небесные сферы вращаются вокруг Земли с различными скоростями, частично увлекая одна другую, отчего, как говорил Аристотель, и происходят все видимые движения небесных светил.



Рис. 48. Система мира по Птолемею.

Предельно достижений древнегреческой астрономии являлась система мира, изложенная во II в. нашей эры александрийским ученым Клавдием Птолемеем. Он также исходил из геоцентрических представлений. Для объяснения петлеобразных движений планет Птолемей предположил, что каждая планета равномерно движется по малому кругу (называемому эпициклом), в то время как центр этого круга в свою очередь движется по большой окружности около Земли. Сочетание этих двух движений, происходящих в разных плоскостях, и создаёт при наблюдении с Земли петлеобразное движение планет — то вперед, то назад.

**\* § 59. Средневековые представления о мироздании.** После падения греческих государств и их культуры началось развитие государств Западной Европы. Однако там в средние века существовало весьма примитивное хозяйство, еще мало заинтересованное в науке. Мореплавание было слабо развито, а христианская церковь, выдвигавшая умом и обладавшая такой же властью, как древнее жречество, запрещала изучение природы как греховное занятие.

В эту пору существовали представления о вселенной еще более наивные и грубые, чем у египтян и греков. Даже шарообразность Земли отвергалась, в соответствии с религиозными представлениями, изображали плоским диском, вогнутым в небесный свод, или лампадами, зажигаемыми ангелами.

В эпоху великих географических открытий, когда европейцы отбрасывали неважно приходившие к астрономии. Были изложены на свет теории Птолемея и Аристотеля — наследие греков. Произведения древнегреческих писателей средневековые арабы уверили от гибели в пору фанатических преследований христианской церковью всего противного религии. От арабов,

развивавших мореплавание, а потому ценящих астрономию и занимавшихся ею, сохранились в астрономии многие названия и астрономические термины. Сами заинтересованные в прибылях от заморских путешествий, церковные владыки решили допустить изучение теории Птолемея с некоторыми оговорками и дополнениями в духе своих религиозных учений.

## РЕВОЛЮЦИЯ В МИРОВОЗЗРЕНИИ

**§ 60. Революционное открытие Коперника.** Развитие морских связей требовало всё большей точности астрономических расчетов. Теория Птолемея этого не давала, хотя для согласования с повиравшейся точностью наблюдений её и пришлось сильно усложнить. Теория Птолемея стала неудобной и громоздкой для вычислений, а вместе с тем стала казаться и малоправдоподобной.

Установить истинное строение вселенной и тем самым открыть людям глаза на их истинное место в природе вышло на долю талантливого славянина — Николая Коперника (1473—1543).

Коперник пришел к убеждению в том, что Земля движется, и к выводу, что наблюдаемые движения небесных светил можно проще и лучше объяснить, если исходить из движений Земли.

Став на эту точку зрения, Коперник объяснил восход и заход светил суточным вращением Земли, а видимое движение Солнца по эклиптике — годичным обращением Земли около Солнца. Согласно Копернику, и все другие планеты также движутся вокруг Солнца, а не вокруг Земли.

**Планеты собственного света не имеют: их, как и Землю, освещает Солнце.** Только поэтому мы их и видим.

Таким образом, Земля, по теории Коперника, стала одной из планет, занимаая третье место по расстоянию от Солнца. Порядок расположения планет от Солнца такой: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн.

Видимые петлеобразные движения планет Коперник объяснил сочетанием движений Земли с движением каждой планеты. Так как у разных планет один оборот вокруг Солнца занимает неодинаковое время, то бывает, что, например, Земля как бы обгоняет планету, и тогда планета кажется смещающейся относительно звезд к западу. Когда же



Рис. 49. Николай Коперник (1473—1543).

Земля будет двигаться как бы ей навстречу (обращаясь вокруг Солнца), планета видимо перемещается к востоку.

Коперник определил периоды (или времена) обращения планет и их относительные расстояния от Солнца, приняв расстояние Земли от Солнца за единицу.

Коперник испытал немало тревоги за свое открытие и решился на его опубликование лишь после долгих мучительных сомнений. Он понимал, что его открытие влечет за собой огромные последствия, противореча самым существующим основам религиозного мировоззрения. В его научном дерзании выдвигается существенная основа подлинной науки, которая не признает уступок и компромиссов и смело ломает устаревшие нормы и установившиеся, хотя бы они казались общепринятыми.

Своим учением Коперник положил начало развитию астрономии на совершенно новых основах и побудил человечество взглянуть за изучение природы без оглядки на устаревшие церковные учения, основанные на невежестве древности. До Коперника церковные учения или учения, поддерживавшиеся церковью, как, например, учение Птолемея, не противоречившие Библии, задерживали развитие не только астрономии, но и других наук. Открытие Коперника произвело революцию в мировоззрении людей, в их понимании природы и в способах ее познания. Поэтому с тех пор и другие науки стали развиваться быстрее и привлекательнее.

Ф. Энгельс говорит об этом так: "Чем в религиозной области было сожжение Люттером папской буллы, тем в естественном было великое творение Коперника, в котором он, — хотя и робко, после 36-летних колебаний и, так сказать, на смертном одре, — бросил вызов церковному суеверию. С этого времени исследование природы по существу освобождено от религии, хотя окончательное выяснение всех подробностей затянулось до настоящего времени... Но с тех пор развитие науки пошло гигантскими шагами..." ("Диалектика природы", Партиздат, 1948, стр. 155).

Надо заметить, что и в настоящее время, наряду с развитием передовой науки у нас в Советском Союзе, где развиваются материалистические теории, как, например, учение Мичурина в области биологии, в зарубежных странах существуют и поддерживаются в интересах имущих классов разные реакционные теории. Так, например, там встречаются попытки отвергнуть существо открытия Коперника и в замаскированной форме вернуться к антинаучным представлениям средневековья, восстанавливая авторитет религии в воззрениях на природу.

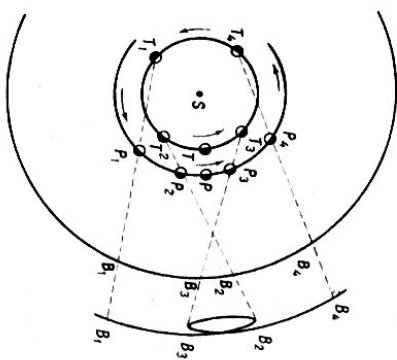
Таким образом, борьба с религиозной идеологией нужна и сейчас, так как мировоззрение загнивающего капитализма всечески поддерживает подобие суеверия.

**\* § 61. Объяснение видимого движения планет по теории Коперника.** Чтобы яснее представить себе причину видимого петлеобразного движения планет по небесной сфере (на фоне звезд), рассмотрим рисунок 50. На рисунке  $S$  изображает Солнце, окружность  $T_1 T_2 T_3$  — годичный путь Земли, а окружность  $P_1 P_2 P_3$  — путь, по которому кака-либо планета, например Марс, движется вокруг

Солнца. Чем дальше от Солнца находится планета, тем меньше и угловая, и линейная скорости ее движения. Буквами  $T$  и  $P$  с одинаковыми значками отмечены одновременные положения Земли и Марса. Часть окружности  $B_1 B_2 B_3$  представляет собой часть небесной сферы, и на ней мы, наблюдая с Земли, проектируем планету.

Когда Земля находится в точке  $T_1$ , Марс находится в точке  $P_1$ , и мы видим его по направлению  $T_1 P_1$  — в точке  $B_1$  небесной сферы. Через некоторое время Земля перейдет в  $T_2$ , Марс — в  $P_2$ , а его проекция на небесной сфере — в точку  $B_2$ . Продолжая подобное построение и следя за тем, как движется при этом проекция Марса на небесной сфере, мы убедимся в том, что сначала Марс двигался на фоне звездного неба налево, к востоку (так называемое "прямое движение" от точки  $B_1$  до точки  $B_2$ ), потом он как бы остановился, а от точки  $B_2$  он двинулся к точке  $B_3$ , т. е. к западу, вправо (так называемое "петлятое движение"). Это движение было видимым, кажущимся, вызванным сочетанием движений наблюдателя в пространстве вместе с Землей и истинного движения планеты около Солнца.

Рис. 50. Объяснение видимых петлеобразных движений планет по Копернику.



Видимое движение планеты

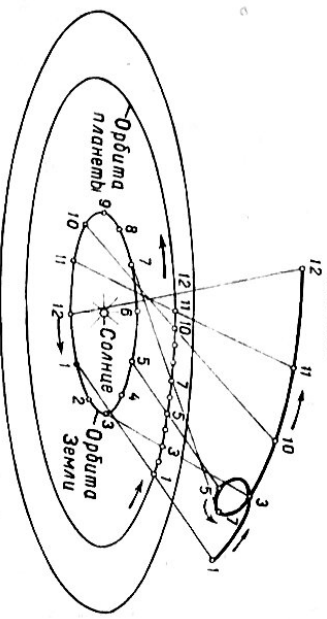


Рис. 51. Образование петли планеты.

Более или менее раскрывая петлю, вместо колебания планеты по некоторой линии на небесной сфере, происходит оттого, что плоскости движения Земли и планеты не совпадают.

Получившееся видимое движение планеты по петле показано на рисунке 50. Этот рисунок изображает путь Земли и планеты в плане.

Рисунок 51 изображает то же самое в пространстве. Подобные чертежи можно построить и для планеты более близкой к Солнцу, чем Земля.

**\* § 62. Конфигурация планет.** *Путь планеты, описываемый ею в мировом пространстве, называется её орбитой. Планеты, орбиты которых лежат внутри орбиты Земли, называются внутренними. Планеты, более далёкие от Солнца, чем Земля, называются внешними.*

В каждый данный момент любая планета занимает определённое положение на своей орбите. *Положение планеты относительно Земли и Солнца называется её конфигурацией.*

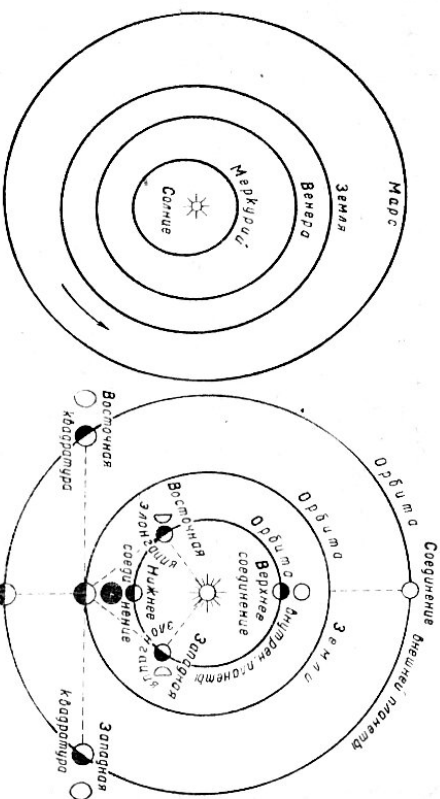


Рис. 52. Орбиты четырёх планет, ближайших к Солнцу.

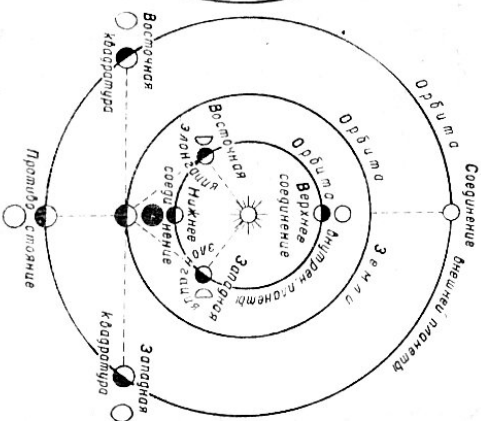


Рис. 53. Планетные конфигурации.

Конфигурации внутренних и внешних планет различны: они изображены на рисунке 53.

Для внутренних планет (т. е. для Меркурия и Венеры) характерны конфигурации: *верхнее и нижнее соединения и элонгации*. В соседних планета находится на одной прямой с Солнцем.

Близн верхнего соединения планета с Земли невидима, так как она, находясь за Солнцем, скрывается в его освещённых лучах. Находясь в нижнем соединении, планета бывает в наибольшей близости к Земле, времени нижнего соединения, планета в телескоп имеет вид серпа.

Иногда внутренне планета, находясь в нижнем соединении, проектируется прямо на диск Солнца как маленькая чёрная кружочка. При этом они перемещаются по диску Солнца, отчего эти явления называются *прохождениями по диску Солнца*. С Меркурием это бывает чаще (обычно один раз в 13 лет), с Венерой же очень редко (последнее её прохождение было в 1882 г., а следующее произойдёт только в 2004 г.).

При наибольших видимых угловых удалениях от Солнца, называемых *элонгациями*, внутренние планеты имеют вид светлых полудисков. В зависимости от того, в какой стороне от Солнца нам видна планета, различают *элонгации западные и восточные*. Наибольшая элонгация для Меркурия составляет 28° и для Венеры 47°.

Изменения видимого углового диаметра и видимой формы (смена фаз) внутренней планеты изображены на рисунке 54. Наилучшим периодом для наблюдения внутренних планет является время близки их элонгаций, когда они бывают видны в исходе ночи или вечером и находятся достаточно высоко над горизонтом.

Для внешней планеты (Марса, Юпитера и т. д.) характерны *соединение с Солнцем и противостояние*. В первом случае планета не видна (она находится за Солнцем), во втором случае она прямо противоположна Солнцу, если смотреть с Земли. Противостояние — наилучшая пора для наблюдений внешней планеты, так как при этом она находится в наибольшей близости к Земле и кульминировать в полночь. Т. е. видна всю ночь или большую её часть.

Конфигурации, при которой направление с Земли на планету составляет с направлением к Солнцу прямой угол, называется *квадратурой*. В квадратуре планета видна только половиной ночи (с вечера или после полуночи).

На условиях видимости планеты сказывается также и то, в котором из зодиакальных созвездий она находится. Например, в наших широтах созвездия Скорпиона и Стрельца не поднимаются высоко над горизонтом и видны над ним недолго, что значительно ухудшает условия наблюдения находящихся в них планеты.

**\* § 63. Сидерические и синодические периоды обращения планет.** *Сидерический (или звездный) период планет называется промежутком времени, в течение которого она совершает один полный оборот вокруг Солнца.* Чем дальше планета от Солнца, тем больше её сидерический период. Непосредственно из наблюдений его определить нельзя. Его можно вычислить, определив сначала из наблюдений синодический период планеты. Впервые так поступил Коперник.

*Синодическим периодом планеты называется промежуток времени, протекающий между двумя одинаковыми конфигурациями планеты.* Например между двумя последовательными противостояниями. В противостоянии планета кульминировать в полночь. По этому признаку можно определить синодический период, а по нему и сидерический.

Связь между длиной сидерического периода  $S$  и длиной синодического периода  $P$  какой-либо планеты устанавливается так. Обозначим длину сидерического периода Земли, т. е. год, через  $T$ . Тогда за сутки Земля проходит по своему пути дугу  $360^\circ : T$ , а планета  $360^\circ : S$ .

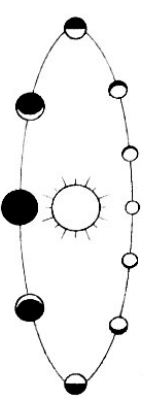


Рис. 54. Изменения фаз и видимого диаметра внутренней планеты в зависимости от её положения относительно Земли и Солнца.

Если взять внешнюю планету, обгоняющуюся около Солнца медленнее, чем Земля, то за каждые сутки Земля будет её обгонять на величину  $(360^\circ : T) - (360^\circ : S)$ . Если в некоторый момент планета была в противостоянии, то через  $P$  суток планета снова будет находиться в противостоянии, так как  $P$  — синодический период. За это время Земли должна обогнать планету на  $360^\circ$ . Следовательно,

$$\left( \frac{360^\circ}{T} - \frac{360^\circ}{S} \right) P = 360^\circ.$$

Сократив на  $360^\circ$  и перенос  $P$  в правую часть уравнения, получаем:

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{S} = \frac{1}{P}.$$

Эта формула позволяет определить сидерический период  $S$  планеты, зная из наблюдений величины  $T$  и  $P$ . Подобным же образом для внутренней планеты можно вывести формулу:

$$\frac{1}{S} - \frac{1}{T} = \frac{1}{P}.$$

Отсюда

$$P = \frac{ST}{T - S}.$$

Величины  $S$  и  $P$  для всех планет приведены в таблице VI в конце учебника.

**§ 64. Законы Кеплера.** Коперник установил, что центром движения Земли и планет является Солнце, но истинной формы орбит планет он в точности установить не мог. Так же, как и все учёные и философы древности, Коперник был убеждён, что в небесах все движения должны быть равномерны и должны происходить по окружностям. Поэтому теория Коперника соответствовала точным наблюдениям движений планет едва ли лучше, чем теория Птолемея.

Причину этого несоответствия выяснил в начале XVII в. Иоганн Кеплер (1571—1630).

Кеплер установил три закона планетных движений, которые оказались в полном согласии с наблюдаемым перемещением планет по небесной сфере.

Первый закон. *Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.*

Эллипсом называется замкнутая плоская кривая, обладающая тем свойством, что сумма расстояний каждой её точки от двух точек, называемых фокусами, остаётся постоянной. На рисунке 56  $O$  — центр эллипса,  $DA$  — большая ось,  $K$  и  $S$  — фокусы эллипса, так что  $KM + SM = DA =$  большая ось эллипса. Чем больше расстояние между фокусами, тем более вытянут эллипс при заданной величине его большой оси. Степень вытянутости эллипса характеризуется величиной его эксцентриситета. Эксцентриситетом эллипса называется отношение расстояния центра эллипса от одного из фокусов к длине большой полуоси.

Эксцентриситет

$$e = \frac{OS}{OA}.$$

Эллиптические орбиты планет мало отличаются от окружности, и их эксцентриситеты немногим более нуля (см. таблицу VI, 5). Из первого закона Кеплера следует, что *расстояние планеты от Солнца на их орбитах меняется.*

*Ближайшая к Солнцу точка орбиты называется перигелием, а наиболее далёкая — афелием.*

Орбита Земли также является эллипсом. В перигелии Земля бывает около 1 января, в афелии — около 1 июля. Хотя таким образом зима в северном полушарии Земли бывает на кратчайшем расстоянии от Солнца, однако различия в угле падения солнечных лучей и в продолжительности дня сказываются сильнее, чем небольшие изменения в расстоянии от Солнца при движении по орбите, мало отличающейся от круга.

Второй закон или закон площадей. *Радиус-вектор планеты в равные времена описывает равные площади.*

Радиусом-вектором планеты называется отрезок прямой линии, соединяющий её с Солнцем. Скорость планеты при её движении меняется так, что площадь, описанная радиусом-вектором за какое-либо время, скажем, за неделю, — одна и та же, в какой бы части своей орбиты ни находилась планета. На рисунке 56 площади  $SDC$ ,  $ESF$  и  $ASH$  равны, если дуги  $DC$ ,  $EF$  и  $AH$  описаны планетой за равные промежутки времени. Таким образом, *близ перигелия скорость планеты наибольшая, близ афелия — наименьшая.*

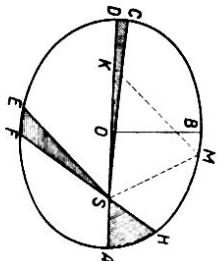


Рис. 56. Закон площадей (второй закон Кеплера).

получить орбиты одной планеты обозначить через  $T_1$  и  $a_1$ , а другой планеты — через  $T_2$  и  $a_2$ , то третий закон Кеплера выражается формулой

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Третий закон. *Квадраты сидерических периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.*

Если сидерический период и большую полуось планеты обозначить через  $T_1$  и  $a_1$ , а другой планеты — через  $T_2$  и  $a_2$ , то третий закон Кеплера выражается формулой

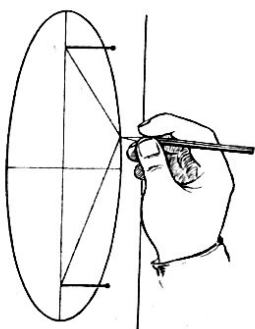


Рис. 55. Способ вычерчивания эллипса: на две воткнутые в стол булавки накинута нитяная петля, с равномерным натяжением нити чертится непрерывная линия. Фокусами эллипса в данном случае являются точки, в которых воткнуты булавки.

Определяя уже известным нам способом сидерические периоды планет, можно по формуле этого закона определить большие полуоси орбит планет по отношению к большой полуоси орбит Земли, принимая последнее за единицу. Заметим, что большая полуось орбиты планеты есть среднее расстояние её от Солнца. (Полусумма расстояний планеты от Солнца в афелии и в перигелии равна большой полуоси орбиты планеты; на рис. 56  $\frac{DS+SA}{2} = OD$ .)

Так как с помощью третьего закона Кеплера все расстояния в солнечной системе можно выразить

Солнца, дадут большую полуоси земной орбиты единицей в астрономической единице расстояний и назовут её астрономической единицей; она составляет 149 500 000 км.

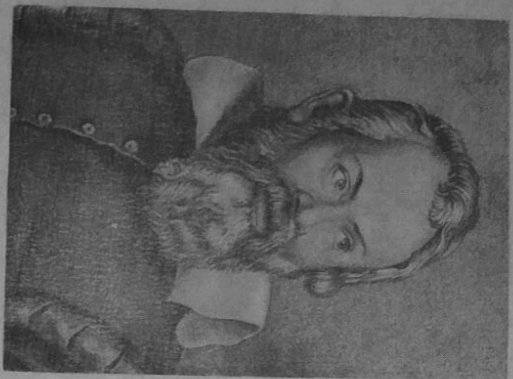


Рис. 57. Галилео Галилей (1564—1642).

**§ 65. Изобретение телескопа и открытия Галилея.** Узнав, что в Голландии изобретена зрительная труба, или телескоп, итальянский учёный Галилей (1564—1642) в 1609 г. сам смастерил такой телескоп и использовал его для наблюдения небесных светил. С помощью телескопа Галилей сделал много замечательнейших открытий. Правильно им истолкованные, они послужили блестящим подтверждением истинности теории Коперника.

Прежде всего Галилей открыл существование гор на Луне. Это подтверждало, что небесные тела похожи на Землю и что представления о глубоком различии между земным и небесным ошибочны.

Затем Галилей открыл, что вокруг планеты Юпитер обращаются четыре спутника, так же как Луна вокруг Земли. Это воочию показывало ошибочность тогдашних представлений о том, что только Земли является центром движения небесных тел. Это обещало также дополнение того, что планеты обращаются около Солнца, а не вокруг Земли. Далее Галилей открыл фазы Венеры, т. е. установил, что она меняет свой вид подобно Луне. Это доказывало, что Венера светит отражённым солнечным светом и обращается именно вокруг Солнца, а не вокруг Земли.

На Солнце, которое по религиозным представлениям считалось символом незапятнанной небесной чистоты, Галилей в свой телескоп увидел тёмные пятна. Из их видного перемещения по диску Солнца Галилей заключил, что Солнце вращается вокруг оси. Убедившись во враще-

нии небесного тела вокруг оси, легче было допустить, что и Земля вращается так же.

Наконец, Галилей обнаружил в телескоп, что Млечный Путь — эта светящаяся полоса на звёздном небе — является скоплением слабых звёздок. Это доказывало, что вселенная гораздо грандиознее, чем её считали раньше. После этого труднее становилось допустить, чтобы такая колоссальная вселенная за один сутки делала оборот вокруг Земли.

Этими открытиями и рядом других остроумных доводов Галилей подтверждал истинность открытий Коперника.

В доступной широким кругам читателей форме он пропаландировал учение Коперника. Между тем до Галилея сочинение Коперника, написанное по-латыни, трудным математическим языком, было мало кому доступно и известно. Действительность Галилей способствовал тому, что открытие Коперника стало распространяться.

**§ 66. Борьба церкви против науки.** Распространению идей Коперника, противоречивших «священному писанию», в котором говорилось о неподвижности Земли, содействовал другой племянник и современник Галилея, писатель и философ Джордано Бруно (год его рождения точно неизвестен). Он утверждал, кроме того, что звёзды — это очень далёкие от нас солнца, что вселенная бесконечна и миров в ней — звёзд и планет — бесчисленное множество и что на других планетах, на других мирах тоже должна существовать жизнь, как и на Земле, являющейся планетой. Это также противоречило «священному писанию» и подвигало авторитет церкви. Озлоблённые представители церкви предали Бруно суду инквизиции, учредённому для борьбы с инакомыслием. У Бруно требовали отречения от его убеждений. Так как Бруно не пошёл на это, его предали мучительной казни — сожгли живым на костре в Риме в 1600 г.

Галилей в 1616 г. вызвали к римскому папе и предупредили о запрещении защищать и распространять учение Коперника, но преданный научным истинам Галилей мужественно продолжал борьбу за трибуналом и приговорён к пожизненному заключению, которое ему было заменено запрещением выезжать из своего дома в связи с выражением Галилеем показным «раскаянием».



Рис. 58. Джордано Бруно.

Деятельность Коперника, Бруно и Галилея вызвала полную революцию в мировоззрении и показала антинаучность религиозного утверждения об особом месте, будто бы занимаемом Землей и человечеством в мироздании. Материалистическая наука подтвердила правильность взглядов этих ученых.

### Вопросы для самопроверки

1. Как возникло обожествление небесных светил?
2. Что такое астрология и как она возникла?
3. Какова особенность видимости Меркурия и Венеры?
4. Чем перемещение планет на фоне звездного неба отличается от перемещения Луны и Солнца?
5. Как представлял себе вселенную Аристотель?
6. Как описывал устройство вселенной Птолема и как он объяснял петлеобразное движение планет?
7. Как представляли себе вселенную в средние века?
8. Почему система Птолема в XVI в. вызвала сомнения?
9. В чем состояло открытие Коперника и когда оно было?
10. Как Коперник объяснил петлеобразное видимое движение планет?
11. Какие планеты называются внутренними и какие внешними?
12. Что такое прохождение Меркурия и Венеры по диску Солнца?
13. Что называется элонгациями планет? У каких планет они бывают?
14. Что такое нижнее соединение? У каких планет оно бывает?
15. Что такое верхнее соединение?
16. Что такое противостояние планет? Чем оно характерно?
17. Что такое квадратура планет?
18. Как отличить восточные квадратуры и элонгации от западных?
19. Какие конфигурации благоприятны для наблюдения планет и какие нет?
20. Что называется звездным или сидерическим периодом планет?
21. Что называется синодическим периодом планет?
22. Как эти два периода связаны друг с другом? Докажите это.
23. Сформулируйте третий закон Кеплера.
24. Что такое большая полуось орбиты?
25. Как называются точки орбиты, ближайшая к Солнцу и наиболее удаленная?
26. В какой части орбиты движение планеты быстрее всего?
27. Кто и когда применил впервые телескоп к наблюдениям светил?
28. Какие телескопические открытия и почему подтвердили открытие Коперника?
29. Почему церковь не могла примириться с открытиями Коперника, Галилея и с учением Бруно?

### Упражнения

- \* 1. Звездный период Юпитера равен 12 годам. Через сколько времени повторяются его противостояния?
- \* 2. Замена, что противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года. Каково время её обращения около Солнца? Чему равна большая полуось её орбиты?
3. Марс дальше от Солнца, чем Земля, в  $1\frac{1}{2}$  раза. Чему равен год Марса?
4. Период обращения Плутона 250 лет. Чему равна большая полуось его орбиты?

## ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ

**§ 67. Закон всемирного тяготения.** Коперник установил, что центром планетных движений является Солнце, а Кеплер открыл законы движения планет. Но причина этих движений оставалась неизвестной до конца XVII в., когда английский учёный Ньютон (1643—1727) открыл закон всемирного тяготения. Этот закон состоит в том, что все тела во вселенной (как и все вообще частицы материи) притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. В виде формулы это можно записать так:

$$F = f \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где  $m_1$  и  $m_2$  — массы двух рассматриваемых тел,  $r$  — расстояние между ними, а  $f$  — некоторый коэффициент, численная величина которого зависит от единиц, в которых выражены массы и расстояния. Известно из опыта, что две массы, каждая по одному грамму, притягиваются одна к другой на расстоянии 1 см с силой, равной  $15\,000\,000$  динам. Поэтому, выражая массы в граммах, а  $r$  — в сантиметрах, мы должны (чтобы получить  $F$  в динах) положить

$$f = \frac{1}{15\,000\,000}.$$



Рис. 59. Исаак Ньютон (1643—1727).

Ньютон доказал, что притяжение Земли, под действием которого все предметы падают на Землю, распространяется и дальше, простираясь до Луны и ослабевая пропорционально квадрату расстояния от центра Земли. Это значит, что действие тяготения, или силы земной тяжести, распространяется в бесконечность. Сила земной тяжести удерживает и Луну на её орбите, иначе Луна оторвалась бы от Земли и унеслась бы по касательной своей орбите.

Это притяжение Луны к Земле и является той центростремительной силой, которая характеризует наблюдаемым центростремительным ускорением в движении Луны. Действительно, без воздействия сил, направленной к центру (т. е. к Земле), не было бы центростремительного ускорения в движении Луны, т. е. её путь не искривился бы непрерывно, а представлял бы прямую линию. Без действия притягивающей силы всякое тело, как мы знаем, движется по инерции, прямолинейно и равномерно.

С другой стороны, если бы Луна не имела скорости движения, которая у неё появилась при её образовании, то вследствие тяготения к Земле Луна упала бы на Землю так же, как падает, например, камень.

Масса Солнца также не только гораздо больше массы любой из планет, но в 750 раз больше массы всех планет, вместе взятых. Поэтому все планеты и обращаются около Солнца, испытывая к нему центростремительное ускорение. Действие тяготения к Солнцу всё время искривляет путь Земли и планет. Строго говоря, все планеты и Солнце обращаются вокруг их общего центра тяжести.

Спутники планет обращаются вокруг своих планет под действием тяготения к ним так же, как Луна обращается под действием тяготения к Земле.

За пределами солнечной системы встречаются системы двойных звезд, где каждая из двух звезд данной пары обращается вокруг их общего центра тяжести.

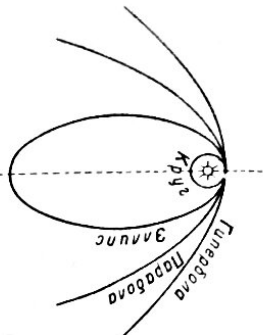


Рис. 60. Формы орбит.

Парабола — это разомкнутая кривая, ветви которой по мере удаления стремятся стать параллельными друг другу. Гипербола — это ещё более разомкнутая кривая (рис. 60).

Затем Ньютон доказал, что третий закон Кеплера не вполне точен и должен быть заменён законом:

$$\frac{T_1^2(M+m_1)}{T_2^2(M+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где  $M$  — масса Солнца, а  $m_1$  и  $m_2$  — массы двух планет. Так как массы планет крайне малы в сравнении с массой Солнца (рис. 61), то отношение  $(M+m_1):(M+m_2)$  очень мало отличается от единицы. Если это отношение заменить единицей, мы и получим третий закон Кеплера в такой форме, в которой он был найден самим Кеплером. Этот закон очень важен, так как он позволяет определять массы небесных тел.

В самом деле, из приведённой формулы видно, что выражение

$$\frac{T^2(M+m)}{a^3}$$

есть постоянная величина для любой системы, состоящей из массы  $M$  и обращающейся вокруг неё массы  $m$  с периодом  $T$  на расстоянии  $a$ . Зная для таких систем  $T$  и  $a$ , например для Юпитера и его спутника, можно найти сумму их масс по сравнению с суммой масс Земли и Луны.

Законом всемирного тяготения Ньютон смог объяснить не только движение планет и их спутников, но и много других явлений природы, которые до этого невозможно было правильно объяснить.

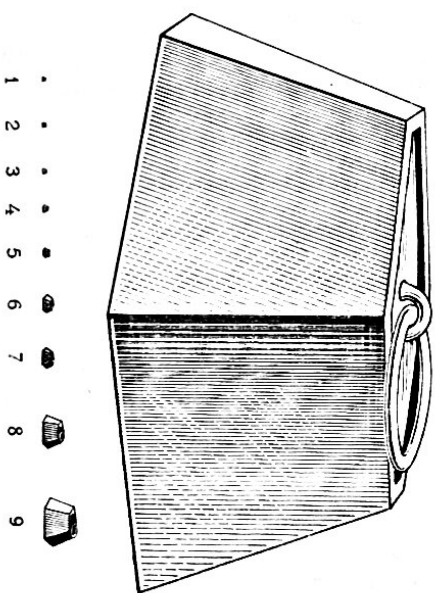


Рис. 61. Сравнение масс Солнца и планет.

1 — Меркурий, 2 — Марс, 3 — Плутон, 4 — Венера, 5 — Земля, 6 — Уран, 7 — Нептун, 8 — Сатурн, 9 — Юпитер.

\* § 68. Тожество тяготения и силы тяжести. Величайшей заслугой Ньютона явилось ещё и то, что он доказал тождество открытой им силы тяготения между мировыми телами с силой земной тяжести, давно знакомой людям из опыта. Ньютон доказал, что и та и другая силы меняются обратно пропорционально квадрату расстояния и что, в частности, ускорение, с которым Луна падает к Земле, в точности равняется ускорению, с которым падал бы камень, если бы мы его поместили на расстоянии Луны от Земли.

Легко подчитать, что первое из этих ускорений (являющееся, как уже говорилось, в то же время центростремительным ускорением) равно  $0,27 \text{ см/сек}^2$ . Оно вычисляется по известной формуле:

$$J = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R,$$

где  $R$  — расстояние Луны от центра Земли ( $380\,000 \text{ км}$ ), а  $T$  — период обращения Луны, составляющий 27,3 суток.

Ускорение силы тяжести на поверхности Земли составляет  $981 \text{ см/сек}^2$ . На расстоянии Луны оно должно быть в  $(60)^2 = 3\,600$  раз меньше, так как расстояние до Луны в 60 раз больше радиуса Земли.  $981:3\,600 = 0,27 \text{ см/сек}^2$ , т. е. действительно вычисленное ускорение силы зем-

ной тяжести там, где находится Луна, равно наблюдаемому нами центростремительному ускорению в движении Луны.

\* § 69. **Определение масс небесных тел.** Массу небесного тела, вокруг которого движется спутник, можно определить, пользуясь формулой третьего закона Кеплера в его точной форме:

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Например, чтобы определить массу Солнца, значки 2 мы отнесём к движению Луны вокруг Земли, причём тогда под  $M_2$  надо будет понимать массу Земли, а под  $m_2$  — массу Луны. Значки 1 мы отнесём к движению Земли вокруг Солнца, и тогда под  $M_1$  надо будет понимать массу Солнца, а под  $m_1$  в этом случае массу Земли. Так как масса Луны гораздо (в 81 раз) меньше массы Земли, а масса Земли ничтожна в сравнении с массой Солнца, то в числителе формулы мы, не сделав большой ошибки, можем вычеркнуть  $m_1$ , а в знаменателе вычеркнуть  $m_2$ . Тогда мы получим

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{M_1}{M_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

откуда следует:

$$M_1 = \left( \frac{a_1^3}{a_2^3} \right) : \left( \frac{T_1^2}{T_2^2} \right) \cdot M_2.$$

Это и есть искомая масса Солнца, выраженная в единицах массы Земли. В этих же единицах можно определить и массы планет. Тогда в исходной формуле значки 1 надо отнести к движению спутника вокруг своей планеты, причём под  $M_1$  надо будет понимать искомую массу планеты, а под  $m_1$  — массу её спутника, которой мы опять пренебрежём, как очень малой в сравнении с  $M_1$ . Тогда мы получим отношение массы планеты к массе Земли.

Массу планеты, не имеющей спутника, можно определить по отклонениям, которые она вызывает своим притяжением в движении других планет. Массы планет и Солнца приведены в таблице VI в конце учебника.

Чтобы узнать массы планет и Солнца в абсолютных единицах, например в граммах, надо как-либо определить массу Земли.

\* § 70. **Определение массы Земли.** Наиболее наглядный способ определения массы Земли состоит в том, что наблюдают отклонение отвеса от вертикальной линии, вызванное притяжением его массой горы, находящейся поблизости. Расстояние до горы можно измерить, а её массу можно определить, умножив её объём на среднюю плотность пород, из которых сложена гора. Угол отклонения отвеса зависит от отношения массы Земли к известной массе горы.

Гораздо точнее, но менее наглядны другие способы. Один из них состоит в том, что из формулы для силы тяготения

$$F = f \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

следует, что ускорение силы тяжести на Земле

$$981 \text{ см/сек}^2 = f \frac{m_1}{r^2},$$

если под  $m_1$  понимать массу Земли, так как ускорение, как мы знаем, равно силе, действующей на тело, делённой на массу этого тела. В этой формуле  $r$  — радиус Земли — известен, известен и коэффициент  $f$ , определённый лабораторными опытами: он равен  $\frac{1}{15\,000\,000}$ .

Следовательно, масса Земли

$$m_1 = \frac{981 \cdot 637\,000\,000^2}{1 : 15\,000\,000} = 6 \cdot 10^{27} \text{ граммов.}$$

Вот как, определив в лаборатории величину  $f$ , тем самым удалось «взвесить» земной шар!

§ 71. **Возмущения в движениях планет.** Если бы вокруг Солнца обращалась только одна планета, то она двигалась бы в точности по законам Кеплера. В действительности же существуют и другие планеты; они взаимно притягивают одна другую. Поэтому движения планет отклоняются от движений по законам Кеплера. Эти, вообще говоря, очень небольшие отклонения в движениях планет от движений по законам Кеплера называются *возмущениями*.

Вследствие возмущений планеты движутся то быстрее, то медленнее, чем по второму закону Кеплера; орбиты их также не являются правильными эллипсами и постепенно изменяются. Современной наукой возмущения учитываются очень точно на основании теории всемирного тяготения и знания массы Солнца и планет, а также расстояний между ними.

§ 72. **Открытие планет Нептуна и Плутона.** В конце XVIII столетия (в 1781 г.) английский астроном Вильям Гершель (1738—1822), в ту пору ещё совершенно безвестный любитель астрономии, в телескоп, построенный им собственноручно, открыл никому до этого не известную планету — седьмую по расстоянию от Солнца. Планета получила название Уран.

В начале XIX в. выяснилось, что движение планеты Уран немного не согласуется с её движением, вычисленным заранее на основании учёта притяжения её как Солнцем, так и всеми остальными известными тогда планетами. Как ни ничтожны были эти отклонения наблюдений от теории, астрономы не могли с ними помириться. Было предложено, что отклонения в движении Урана происходят под действием притяжения ещё неизвестной планеты, находящейся от Солнца ещё дальше, чем Уран. Французский учёный Лавуази (1811—1877) вычислил положение этой планеты на небе, и по его указанию в 1846 г. эта не извест-

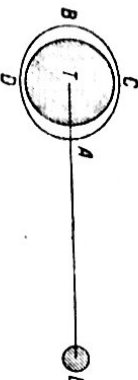
над до той поры планета действительно была найдена. Её назвали Нептуном.

Открытие планеты, сделанное, как говорят, „кончиком пера“, в кабине, является одним из величайших достижений человеческой мысли и блестяще доказывает познаваемость природы могучими методами науки.

В 1930 г. за орбитой Нептуна была найдена ещё одна большая планета, названная Плутоном. Существование и этой планеты также предвидели на основе изучения ничтожнейших неуровновностей в движении Урана, оставшихся необъяснёнными и после открытия Нептуна, но фактически открытие Плутона было сделано лишь после длительных поисков этой планеты на фотоснимках звёздного неба.

**§ 73. Приливы и отливы.** У берегов открытых морей и океанов каждые сутки наблюдается колебание уровня воды. Два раза в сутки уровень воды поднимается, и вода заливает прибрежные отдели — это приливы („полная вода“). И два раза в сутки вода отливает от берега, уровень её падает — это отливы („малая вода“). Отлив („малая вода“) наступает приблизительно через 6 час. после прилива („полной воды“), а ещё через 6 час. опять наступает прилив, так что от одного прилива до другого — 12 час. 25 мин.). Таким образом, в среднем за 24 часа 50 мин. бывает два прилива и два отлива. Но как раз такой же в общем промежутке времени происходит между двумя соседними одноимёнными кульминациями Луны. Ньютон доказал, что приливы и отливы действительно связаны с Луной, с её притяжением.

Рис. 62. Прилив и отлив в океане (схема).



Представим себе для простоты, что весь земной шар равномерно покрыт водной оболочкой. Частицы воды на обращённой к Луне части земной поверхности притягиваются ею сильнее, чем центр Земли, так как они находятся к ней ближе. Вследствие такого различия в силе притяжения эти частицы воды будут смещаться относительно центра Земли в направлении к Луне. Частицы воды на стороне Земли, противоположной Луне, притягиваются ею слабее, чем центр Земли. Эти частицы как бы отстанут от центра Земли. В результате — водная оболочка Земли растянется вдоль линии, соединяющей Землю и Луну. В земных океанах образуются два водных горба (рис. 62) или две приливные волны. Уровень воды по берегам, окаймляющим эти места океанов, и на берегах островов будет наивысший („полная вода“). В областях Земли, расположенных на 90° от областей приливов, уровень воды (стекающей отсюда в приливные места) понизится. Там будет наблюдаться отлив („малая вода“). Но Земля вращается вокруг оси (на рис. 62 в плоскости чертежа). Так как приливный выступ по движению воды океана всегда направлен к Луне, то через 6 час. то место Земли, которое находилось в поясе прилива, выйдет в пояс

отлива. Ещё через 6 час. те же части земной поверхности выйдут в пояс второго прилива, находящегося на той стороне Земли, которая обращена от Луны. Вот почему приливы и отливы следуют друг за другом через 6 час.

Однако Луна не остаётся неподвижной относительно Земли, а обращается около неё в ту же сторону, в которую Земля вращается вокруг оси. Поэтому через 24 часа какое-либо место Земли, бывшее в области „полной воды“, до этой области ещё не дойдёт, потому что за это время приливной выступ сместился вперёд, вслед за Луной. Потребуется ещё около 50 мин. для того, чтобы данное место Земли, вследствие её вращения, достигло область наивысшего подъёма воды. Вот почему приливы повторяются не точно через 12 час., а через 12 час. 25 мин.

Солнце, так же как и Луна, вызывает в океанах приливы и отливы, но они вдвое меньше по величине, чем приливы и отливы, вызываемые Луной. Когда Солнце и Луна „растягивают“ водную оболочку Земли в одну сторону (в новолуние и в полнолуние), оба прилива (лунный и солнечный) складываются: тогда прилив бывает особенно высоким. Картина приливов и отливов усложняется тем, что на Земле имеются материк и острова, большие или меньше глубины морей с изменчивым рельефом морского дна.

Знать время наступления и высоту прилива очень важно для мореплавателей, так как в устья некоторых рек и в мелководные гавани океанские пароходы могут заходить только во время прилива. Энергию приливов можно использовать на гидроэлектростанциях. В настоящее время уже делаются попытки использования космической энергии, которую несёт с собой масса воды, образующей прилив. Построив, например, плотину в Гибралтарском проливе, можно было бы черпать из приливов огромное количество энергии и пока существуют капиталистические страны с их конкуренцией и войнами осуществление такой идеи невозможно.

В СССР приливы наблюдаются на северном побережье, например в Мурманске, и на Дальнем Востоке. В некоторых местах Земли высота прилива достигает полутора-двух десятков метров.

**\* § 74. Прецессия, или предварение равноденствий.** Ещё 2 000 лет назад греческий учёный Гиппарх обнаружил, что *точка весеннего равноденствия медленно перемещается среди звёзд с востока на запад. За 26 000 лет она должна совершить полный оборот по небу.* Около 2 000 лет назад она находилась не в созвездии Рыб, как сейчас, а в созвездии Овна. Тогда точки летнего и зимнего солнцестояния находились в созвездиях Рака и Козерога.

Вместе с перемещением небесного экватора, определяющего положение точек равноденствия и солнцестояния, *перемещаются среди звёзд и полюс мира. За 26 000 лет он совершает по небу полный оборот*, как показано на рисунке 63. Сейчас полюс мира находится вблизи звезды  $\alpha$  Малой Медведицы, но через 6 000 лет полюсной звездой будет  $\alpha$  Цефея, а через 13 000 лет ею станет звезда первой величины Вега в созвездии Лиры. Наряду с этими изменениями, некоторые созвездия, например Орион, станут невидимыми в Европе

и появляясь над нашим горизонтом другие созвездия южного полушария неба, например Южный Крест.

Уже конярыну было ясно, что перемещение полюса мира среди звёзд названо тем, что в мировом пространстве медленно меняет свой наклонение ось Земли. За 26 000 лет ось Земли описывает полный конус, не меняя своего наклонения к эклиптике.

Остатки выше изложенной называемся *прецессией*, или *предварением равноденствий*, потому что из-за смещения точки весеннего

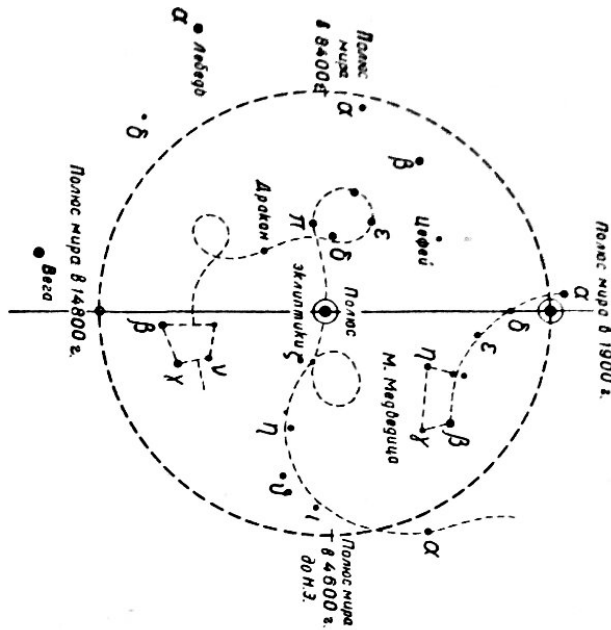


Рис. 63. Перемещение полюса мира среди звёзд вследствие прецессии.

равноденствия навстречу годичному движению Солнца по эклиптике. Солнце возвращается в эту точку раньше, чем оно успеет сделать полный оборот по небу по отношению к звёздам. Равноденствия, таким образом, предваряются, наступают раньше, чем по прошествии полного оборота Земли вокруг Солнца.

Сидерический период обращения Земли вокруг Солнца, или, что то же, период видимого оборота Солнца по отношению к звёздам, называется *звёздным годом* и составляет 365 дней 6 час. 9 мин. 10 сек.

Период между двумя прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия вследствие прецессии короче звёздного года на 20 мин. 23 сек. и называется *тропическим годом*. Тропический год равен

365 дней 5 час. 48 мин. 46 сек. Смена времён года определяется *длинной тропического года*, и потому он лежит в основе календаря. Ньютон объяснил явление прецессии тем, что притяжение Солнцем и Луной того выступа, который имеется вдоль экватора Земли, вследствие его силлощенности у полюсов, стремится повернуть ось Земли. (Если бы Земля была правильным шаром, не было бы этого стремления и не было бы прецессии.) Инерция вращения Земли этому препятствует, и в результате сочетания этих двух вращательных движений ось

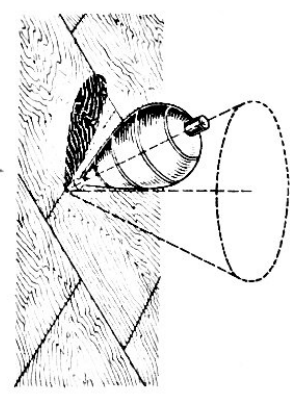
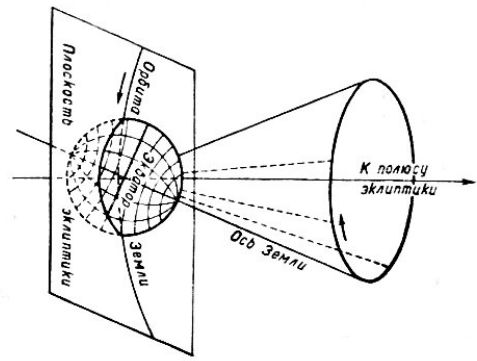


Рис. 64. Прецессия вызывается движением земной оси по конусу.

Рис. 65. Конусообразное движение оси волчка.

§ 75. Зависимость формы орбиты от начальной скорости. Теория тяготения показывает, что орбита, которую будет описывать одно тело, подвергшись действию притяжения другого тела, зависит от массы этих тел и скорости на заданном расстоянии. Оказывается, например, что скорость движения Земли по её орбите (30 км/сек) близка к скорости, при которой тело должно описывать окружность около Солнца. При большей скорости на том же расстоянии от Солнца тело описало бы витнутый эллипс, а при скорости в 42 км/сек оно описало бы параболу и, обогнув Солнце, уже никогда бы к нему не вернулось. При ещё большей скорости оно описало бы гиперболу и тоже никогда бы к нему не вернулось.

Точно так же на Земле при малой скорости снаряда, выпущенного из пушки по горизонтальному направлению, снаряд упадёт на Землю. При скорости 8 км/сек (в несколько раз превосходящей скорость артиллерийского снаряда) тело уже не упало бы на поверхность Земли, а обошло бы вокруг неё, напоминая маленького спутника, описывая круговую орбиту. При большей скорости тело описало бы эллипс, а при скорости более 11 км/сек оно бы описало параболу и навсегда удалилось от Земли в бесконечность. Сопоставление воздуха во всех описанных случаях заставило бы дать телу скорости немного больше, чем указано.

\* § 76. Межпланетные путешествия. Осуществление идеи межпланетных путешествий, т. е. полётов на другие планеты и на Луну,

требует преодоления земного тяготения. Двигательному аппарату для межпланетных путешествий в форме снаряда должна быть сообщена скорость не менее  $11 \text{ км/сек}$ , для того, чтобы, преодолев притяжение Земли, он мог двигаться в любом направлении. Разработаны способы сообщения снаряду такой большой скорости, причём наилучшим из них является устройство снаряда, подобного ракете, движущейся с помощью отдачи.

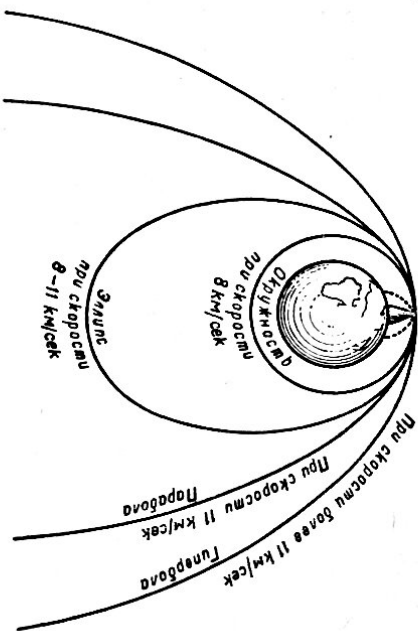


Рис. 66. Траектории снарядов около Земли при различных начальных скоростях их вылета.

В вопросе о межпланетных путешествиях и ракетных двигателях многое сделал замечательный русский изобретатель К. Э. Циолковский (1857—1935).

Полное разрешение задачи межпланетных путешествий является вопросом ближайших десятилетий, а может быть, только нескольких лет. Использование атомной энергии для межпланетных перелётов даёт эту заветную мечту многих изобретателей гораздо более реальной и близкой к осуществлению. Но следует помнить, что расстояния между планетами очень велики (см. таблицу VI в конце книги) и что межпланетные перелёты по времени будут занимать годы.

### Вопросы для самопроверки

1. Кем и когда открыт закон всемирного тяготения?
2. Сформулируйте этот закон.
3. С какой силой притягиваются тела с массами в 1 и 2 каждая на расстоянии 1 см друг от друга?
4. Отчего Луна движется не по прямой линии?
5. Какие орбиты может описывать тело по закону тяготения?
6. Напишите третий закон Кеплера в точной форме.
- \* 7. Как применить этот закон к определению масс планет, имеющих спутников?
- \* 8. Как было доказано тождество тяготения и силы тяжести?

9. Что такое возмущения в движениях планет?
10. Как и когда был открыт Нептун?
11. Как происходит явление приливов и отливов? Как они чередуются?
12. Чем объясняется существование приливов? Почему они чередуются через 12 час. 25 мин.?
- \* 13. Неподвижна ли среди звезд точка весеннего равноденствия?
- \* 14. Как перемещается по небу полюс мира и с каким периодом?
- \* 15. Отчего это происходит, т. е. что на самом деле происходит при этом с Землей?
- \* 16. Что такое прецессия? Как ещё иначе и почему она так называется?
- \* 17. В чём различие между тропическим и звездным годом?
- \* 18. Как форма орбиты тела зависит от его скорости на данном расстоянии от центра притяжения?
- \* 19. В чём состоит основное требование для осуществления межпланетных путешествий?

### Упражнения

- \* 1. Определите массу Юпитера сравнением его с системой Земля—Луна, если первый спутник Юпитера отстоит от него на  $422\,000 \text{ км}$  и имеет период обращения 1,77 суток. Данные для Луны должны быть вам известны.
- \* 2. Как объяснить с точки зрения существования прецессии то, что точка весеннего равноденствия, находящаяся сейчас в созвездии Рыб, обозначается тем же знаком, что и созвездие Овна?
- \* 3. Почему северный и южный тропики на земном шаре были названы тропиками Рака и Козерога?
4. Вычислить, на каком расстоянии от Земли находится та точка, в которой притяжения Земли и Лунной одинаковы, зная, что расстояние между Луной и Землей равно 60 радиусам Земли, а массы Земли и Луны относятся как 81 : 1.

## ГЛАВА IV

### ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТОЯНИЙ И РАЗМЕРОВ СВЕТИЛ

**§ 77. Параллактическое смещение.** Для определения расстояний до небесных светил используется явление параллактического смещения. *Параллактическое смещение есть кажущееся смещение предмета, вызванное перемещением наблюдателя.* Иначе говоря, параллактическое смещение состоит в изменении направления, по которому виден предмет в зависимости от перемещения наблюдателя.

Поясним это следующим примером. Если вы посмотрите на лампу, подвешенную к потолку, то увидите её в определённом направлении на фоне потолка. Если теперь вы отойдете в сторону и опять взглянете на лампу, то увидите её уже в другом направлении: она будет видна на фоне потолка в другом его месте.

*Расстояние по прямой линии между теми двумя точками, из которых наблюдатель определяет направление к предмету, называется базисом.*

*Параллактическое смещение увеличивается с увеличением базиса и с уменьшением расстояния до наблюдаемого предмета.* В этом легко убедиться, перемещаясь по комнате на большое расстояние. Лампа будет при этом больше смещаться на фоне потолка. С другой стороны, параллактическое смещение близкого к вам телерадионого стола или дерева на фоне далёкого леса, когда вы идёте или едете мимо него, будет больше, чем смещение более далёкого от вас столба или дерева. *Зная длину базиса и измерив угол между ним и направлением к предмету от концов базиса, можно определить расстояние до предмета путём вычисления, не прибегая к измерению самого расстояния непосредственно.* Этой возможностью широко пользуются при землемерных работах или на войне, когда надо определить расстояние до цели, и в астрономии — для определения расстояния до небесных тел.

Пусть, например, надо определить расстояние  $AB$  до дерева  $A$  (рис. 67), находящегося на другом берегу реки. Для этой цели выберем точку  $C$  на нашем берегу так, чтобы линия  $BC$  служила базисом, длину которого можно было бы измерить удобно и точно. Затем с помощью угломерного инструмента, находясь в точке  $B$ , мы измерим угол  $ABC$ , для чего наводим инструмент сначала на предмет, а потом на точку  $C$  (для обычно бывающей погрешности). Затем переносим наш инструмент в точку  $C$  и точно так же измеряем угол  $ACB$ . У нас получается треугольник, в котором известны одна сторона

(длина базиса  $BC$ ) и два прилежащих к ней угла. В таком случае, по правилу тригонометрии, можно вычислить длину двух других сторон —  $BA$  и  $CA$ , т. е. расстояние до предмета.

В возможности определить длину двух сторон треугольника при известной длине третьей стороны и двух прилежащих к ней углов можно убедиться оценкой расстояний «на глазок» основана на том же явлении параллактического смещения и опирается на практику. Удачный предмет наблюдения — правый и левый глаз, а базисом является расстояние между ними. Люди, потерявшие зрение на один глаз, с трудом оценивают расстояние до предметов. Дальномёры, употребляемые в военном деле для определения расстояния до цели, также основаны на описанном явлении. Расстояние между двумя объектами дальномёра больше, чем расстояние между глазами, и потому в дальномёре параллактическое смещение заметнее.

Заметим ещё, что на рисунке 67 параллактическое смещение представляется углом  $ACD$ , равным углу между  $CA$  (направлением к предмету  $A$  от точки  $C$ ) и  $CD$  (направлением, параллельным направлению к предмету из точки  $B$ ).

*Параллаксом называется угол, под которым от предмета виден базис наблюдателя.* На рисунке 67 параллаксом будет угол  $BAC$ . Параллакс и параллактическое смещение равны. Параллакс будет тем больше, чем короче расстояние до базиса и чем больше сам базис. При данном расстоянии увеличение базиса увеличивает точность измерения параллаксом, а следовательно, повышает точность определения этого расстояния.

**§ 78. Определение расстояний до небесных светил.** Основным способом определения расстояний до небесных светил является определение их параллакса. Однако при этом базис приходится брать различный в случае тел солнечной системы и в случае тел, лежащих далеко за её пределами.

Для тел солнечной системы, сравнительно близких к нам, например для Солнца, Луны и планет, достаточным базисом является радиус Земли.

Для наблюдателя, для одного из которых светило находится на горизонте, а для другого в зените, одновременно наблюдаются это светило. Угол между этими направлениями (что то же параллактическое смещение светила) и есть горизонтальный параллакс этого светила.

*Горизонтальным параллаксом называется угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный к лучу зрения* (на рис. 68 угол  $ASB$ ).

При определении горизонтального параллакса Луны, Солнца или планет надо, чтобы два наблюдателя одновременно наблюдали светило. Например, на рисунке 68 один из наблюдателей мог бы поместиться в точке  $A$ , а другой в точке  $B$ . В действительности, однако, наблюдателям приходится располагаться иначе, и тогда вычисление параллакса, исходя из наблюдений, делается несколько более сложным способом.

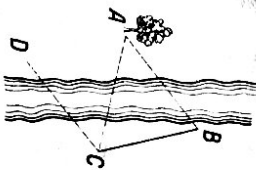


Рис. 67. Измерение расстояния до недоступного предмета.

Для светил, лежащих далеко за пределами солнечной системы, т. е. для звезд, радиус и диаметр Земли в качестве базиса являются слишком малыми. Для звезд в качестве базиса берут большую полуось земной орбиты, но для многих особенно далеких звезд и этот базис оказывается слишком малым.

*Годичным параллаксом называется угол, под которым со светила видна большая полуось земной орбиты, предположенная перпендикулярной к лучу зрения.*

Если путем точных и кропотливых измерений параллакс  $P$  светила измерен, то расстояние до него  $D$  находится простым вычислением.

На рисунке 68 видно, что  $D = \frac{r}{\sin p}$ , где  $R$  — принятый базис ( $AC$ ), а  $p$  — горизонтальный параллакс ( $\angle ASC$ ). Принят  $R$  — радиус Земли — за длину  $D$ , выраженное в радиусах Земли.

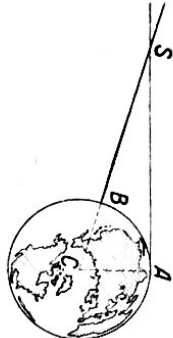


Рис. 68. Схема горизонтального параллакса светила.

Недавно для определения расстояния до Луны был применен способ, разработанный советским ученым Н. Д. Папалекси. Он состоял в том, что определялось время, в течение которого радиоволны, посланные к Луне и отраженные от нее, дойдут до Луны и вернутся обратно. Результат оказался в полном согласии с расстоянием, выводимым из астрономического определения параллакса Луны.

Вот важнейшие параллаксы и соответствующие им расстояния. Горизонтальный параллакс Луны  $57'$ , среднее расстояние от Земли  $384\,000$  км (кругло  $400\,000$  км), горизонтальный параллакс Солнца  $8''.80$ , расстояние от Земли  $149\,500\,000$  км (кругло  $150$  млн. км).

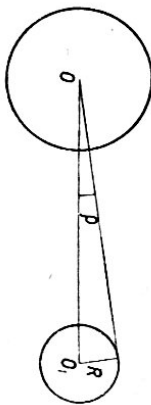
*Расстояние от Земли до Солнца называется астрономической единицей расстояний.*

**§ 79. Определение размеров небесных светил.** Чтобы определить линейный размер небесного светила, надо измерить угол, под которым мы видим его радиус, и зная расстояние до него. На рисунке 69 наблюдатель из центра Земли  $O$  видит бы линейный радиус светила  $R$  под углом  $p$ .

Расстояние от центра Земли до центра светила обозначим буквой  $D$ . Тогда

$$R = D \cdot \sin p.$$

Рис. 69. Схема определения линейного радиуса светила.



$R$  получается в тех же единицах, в каких выражено  $D$ . Если  $D$  выразить в радиусах Земли, то и  $R$  мы найдём в радиусах Земли. Если  $D$  выразить в километрах, то и  $R$  получится в километрах.

Например, расстояние до Луны  $D = 60$  земным радиусам, а радиус Луны мы видим под углом  $16'$ . Для Луны

$$R = 60 \cdot \sin 16' = 0,27 \text{ радиуса Земли.}$$

**§ 80. Годичный параллакс как доказательство обращения Земли вокруг Солнца.** Что Земля в действительности движется вокруг Солнца, Коперник не мог доказать вполне строго. В настоящее время существует много таких доказательств.

Мы приведём лишь одно из доказательств обращения Земли около Солнца, а именно: *существование годичного параллакса звезд*. Если бы Земля была неподвижна, то с Земли наблюдатель видел бы каждую звезду всегда по одному и тому же направлению, всегда в одной и той же точке небесной сферы. Однако Земля движется, и вместе с ней меняется положение наблюдателя в мировом пространстве. Поскольку наблюдатель смещается, звезды должны испытывать параллактическое смещение. Если бы наблюдатель вместе с Землей смещался по прямой линии, параллактическое смещение непрерывно действовало бы всё в одну и ту же сторону и какая-либо звезда от месяца к месяцу и от года к году смещалась бы на небе в одну и ту же сторону.

Так как наблюдатель вместе с Землей движется около Солнца в течение года почти по окружности и через год повторяет такой же путь снова, звезды должны показывать параллактическое смещение с периодом в один год. Каждый год это кажущееся смещение звезд должно повториться снова; оно должно быть периодическим. Кроме того, параллактическое смещение, как мы уже знаем, зависит от расстояния. Поэтому более близкие к нам звезды должны испытывать большее параллактическое смещение, а более далекие — меньше.

С помощью следующего опыта легко усилить себе годичное параллактическое смещение звезд.

Будем следить за тем, какие места на фоне потолка занимает лампа по мере движения наблюдателя вокруг стола, стоящего под лампой. На фоне потолка лампа, как нам покажется, опишет некоторый замкнутый путь.

На рисунке 70 схематически показано параллактическое смещение звезд при движении Земли вокруг Солнца при разных расстояниях до этих звезд и при разных направлениях, по которым они видны.

*Явление годичного параллакса состоит в том, что каждая звезда в течение года описывает на небе замкнутую кривую, форма которой зависит от направления к звезде, а угловые размеры — от расстояния до нее.*

Коперник правильно считал, что годичный параллакс звезд должен существовать. Однако расстояния звезд от Земли так велики, что параллактические их смещения совсем ничтожны. Поэтому ни Коперник, ни астрономы XVII и XVIII столетий не могли заметить параллактическое смещение звезд, так как не имели приборов нужной точности. Только около ста лет назад с помощью точнейших приборов русского учёного В. Я. Струве удалось впервые обнаружить и измерить параллакс одной из ближайших звезд.

Наибольший параллакс имеет ближайшая к нам звезда, называемая "Проксима Центавра" (по-латыни "проксима" значит "ближайшая", в СССР созвездие Центавра не видно). Различие между её крайними, наибольшими смещениями на небесной сфере (в моменты времени, разделённые полугодом) составляет всего  $1\frac{1}{2}''$ . Под таким углом видна толщина спички с расстояния в 130 м. Как велики должны быть точность изготовления телескопов и искусство наблюдателей, чтобы заметить такие ничтожные смещения звёзд!

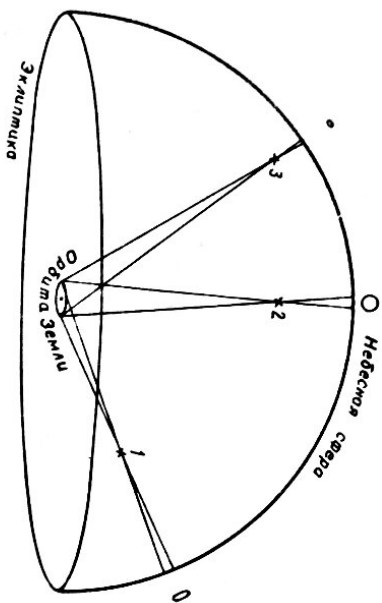


Рис. 70. Годичные параллактические смещения звёзд в зависимости от расстояния до них и от их положений относительно эклиптики.

Проксима Центавра невидна невооружённым глазом, и поэтому ближайшей иногда называют соседнюю с ней звезду первой величины  $\alpha$  Центавра, которая лишь чуть-чуть дальше от нас, чем Проксима.

Заметим, что к светилам, подобно Земле обращающимся около Солнца, например к планетам и кометам, понятие годичного параллакса неприменимо.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое параллактическое смещение?
2. Что такое базис?
3. Что такое параллакс?
4. Что такое горизонтальный параллакс? Поясните это чертежом.
5. Как вычислить расстояние до светила, если его горизонтальный параллакс известен?
6. Для каких светил возможно измерение горизонтального параллакса?
7. Что такое "астрономическая единица" и чему она равна в километрах?
8. Чему равны горизонтальные параллаксы Луны и Солнца?
9. Чему равно среднее расстояние до Луны?
10. Как определяют линейные размеры планет?
11. Какое явление доказывает обращение Земли около Солнца?
12. В чём состоит явление годичного параллакса звёзд?
13. Кто и когда впервые обнаружил годичный параллакс звёзд?

### Упрощения

1. Параллакс Солнца  $8''.80$ , а его видимый угловой радиус  $16'1''$ . Во сколько раз Солнце больше Земли по диаметру?
2. Горизонтальный параллакс Луны составляет  $57'$ . Под каким углом с Луны виден диаметр земного шара?
3. Насколько изменится очертания созвездий, если их наблюдать не с Земли, а с Плутона?
4. На каком наибольшем угловом расстоянии от  $\alpha$  Центавра должна быть видна с Земли планета, которая, допустим, обращается вокруг этой звезды на расстоянии 150 000 000 км?

### ТЕЛЕСКОПЫ И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

§ 81. Устройство телескопов. Телескопы предназначены для того, чтобы давать изображения небесных светил, которые можно было бы рассматривать в увеличенном виде, фотографировать или изучать иначе. Свет от небесных светил в телескопе-рефракторе собирается выпуклым круглым стеклом (объективом), а в телескопе-рефлекторе вогнутым круглым зеркалом (рис. 71).

Чем больше диаметр объектива или зеркала, тем больше света соберёт телескоп и тем более слабые звёзды в него видны. Как известно из физики, увеличение телескопа тем больше, чем больше его фокусное расстояние  $F$ , т. е. расстояние от объектива или зеркала до того места, где они дают изображение светила. Это изображение рассматривают в окуляр (усовершенствованное увеличительное стекло), который имеет собственное фокусное расстояние  $f$ .

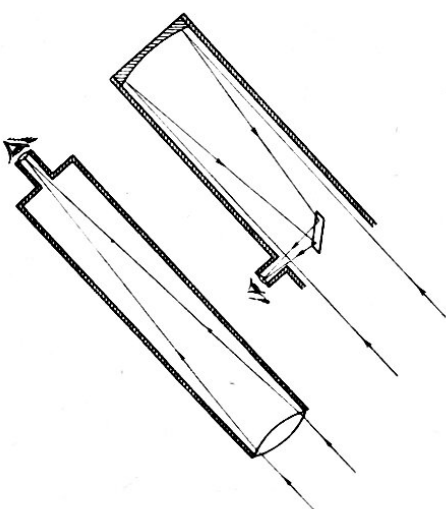


Рис. 71. Схемы рефрактора и рефлектора.

Увеличение телескопа  $w = F : f$ , так что, имея несколько разных окуляров, можно получать с ними разные увеличения. Советский учёный Д. Д. Макутов в 1941 г. изобрёл новый тип телескопа, соединяющего достоинства рефракторов и рефлекторов. По его системе устройства современные школьные телескопы.

Для изучения физической природы небесных светил применяются различные телескопы. В один из них светина наблюдают непосредственно глазом, с помощью других светина фотографируют. Телескопы, предназначенные для фотографирования звёзд, называются *астрографами*. Они, так же как и все большие телескопы, после установки на выбранную звезду приводятся в движение с помощью часового

механизма вокруг оси, направленной к полюсу мира. Вследствие этого наблюдатель, несмотря на суточное вращение неба, видит светило неизменно в поле зрения своего телескопа, а изображения звезд падают всё время на одни и те же места фотографической пластинки.

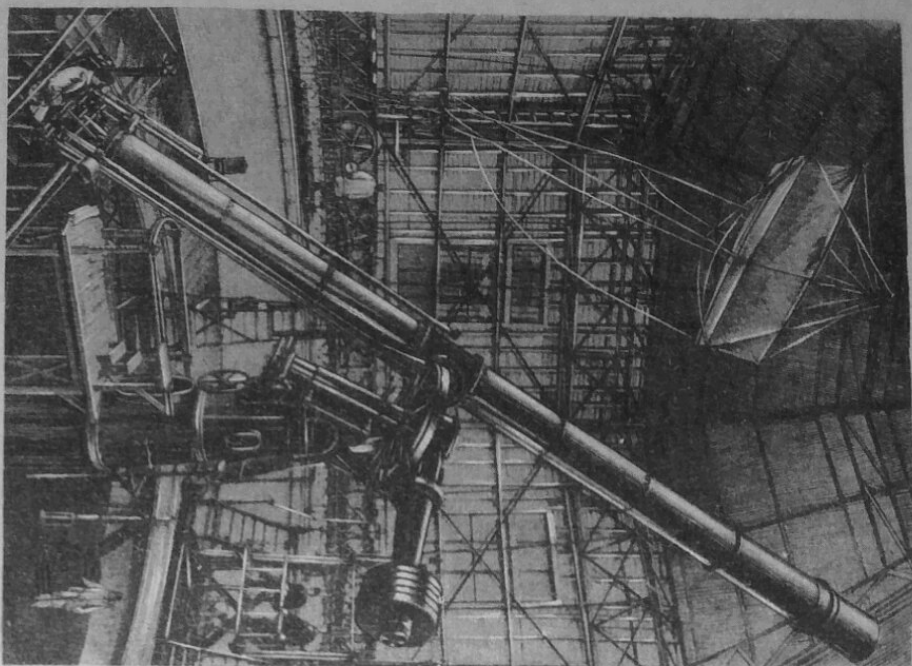


Рис. 72. Большой рефрактор Пулковской обсерватории с объективом в 76 см.

В настоящее время фотографии, благодаря множеству своих преимуществ, всё больше и больше вытесняют непосредственные наблюдения глазом. Получаемые фотографии неба и небесных светил документально запечатлевают их состояние в момент съёмки. Фотоснимки, беспрерывно пополняющие хранилища, затем с удобством изучаются в лабораториях, где все измерения, сделанные по фотографиям, можно

проверить и в любое время повторить. Измерение фотографий, производя связь с ними подсчётов и изучение полученных результатов занимает у астрономов больше времени, чем производство самих наблюдений.

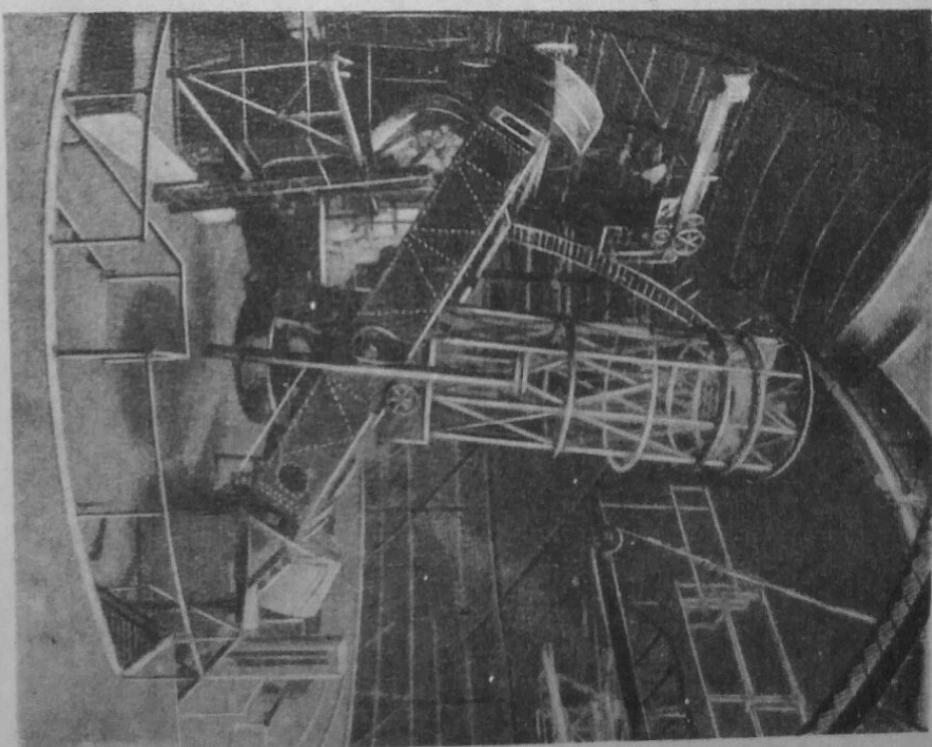


Рис. 73. Рефлектор с зеркалом диаметром в 2,5 м.

Многие телескопы снабжаются вспомогательными приборами, служащими для изучения силы и свойств света небесных светил.

Не надо думать, что стремление к постройке больших телескопов вызвано исключительно желанием рассматривать небесные светила с большим увеличением. В телескоп все воздушные течения становятся более заметными, так что постоянно существующие волнения воздуха ставят предел практически применимому увеличению. При наблюдениях

В телескоп редко используются увеличения свыше 500 раз, хотя сами по себе большие телескопы могут давать увеличения в тысячи раз. При таких больших увеличениях подробности на светилых по причине более заметных волнений воздуха делаются видимыми хуже, менее ясно, чем при малых увеличениях.

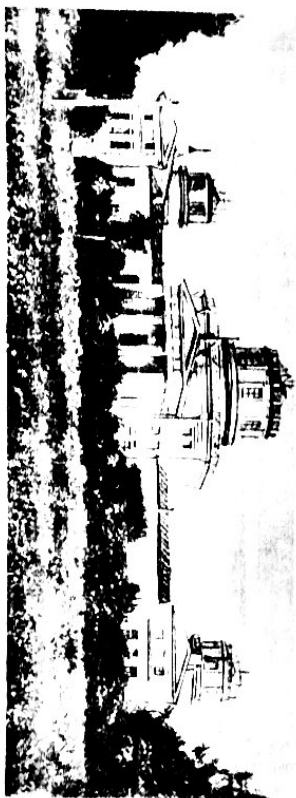
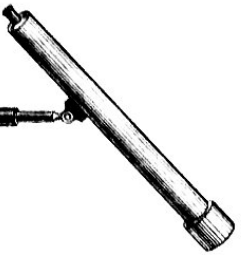


Рис. 74. Главное здание Пулковской обсерватории (до ее разрушения германскими фашистами).

Зато большие телескопы позволяют видеть более слабые светила, а значит, и более от нас далекие, позволяют проникать глубже в бездны мирового пространства. Фотографии светил с такими телескопами получается быстрее и с большими подробностями.

В СССР наиболее крупные обсерватории имеются в Москве, в Ташкенте, в Казани, в Абас-Тумани, в Крыму. Немецкие фашисты во время войны разрушили обсерватории в Пулковке и Симеизе, расплававшие самыми крупными в СССР телескопами. Восстановление этих обсерваторий почти закончено, а также строятся новые. Пулковская обсерватория, основанная в 1839 г. В. Я. Струве, была признана за ру-



бежом в качестве „астрономической столицы мира“, так как она была прекрасно оборудована и заслужила большую славу продуманностью и исключительной точностью своих научных работ. В ней прилежали совершенствоваться учёные разных стран.

\* § 82. Два способа установки телескопов и обращение с ними. Существуют два способа установки телескопов на штативах.

*Штатив с азимутальной установкой* (рис. 75) позволяет поворачивать трубу на шарнире вверх и вниз, т. е. по высоте (в вертикальной плоскости), и вокруг вертикальной оси вправо и влево, т. е. по азимуту. Поэтому такая установка и называется азимутальной.

Так как небесные светила движутся наклонно относительно горизонта и при этом непрерывно

Рис. 75. Азимутальная установка телескопа.

меняется и их высота, и их азимут, то телескоп на азимутальной установке при наблюдении какого-нибудь светила приходится перемещать почти непрерывно и по высоте, и по азимуту, т. е. совершать им два движения почти одновременно, чтобы светлого всё время продолжало оставаться в поле зрения телескопа. Это очень неудобно, особенно, если в телескоп хотят смотреть по очереди несколько человек.

Поэтому для рассматривания небесных светил удобнее пользоваться экваториальной установкой, а для фотографирования их она является необходимой.

*Штатив с экваториальной установкой* позволяет телескопу поворачиваться около оси, направленной по оси мира (называемой *часовой осью*), и около оси, к ней перпендикулярной (называемой *осью склонения*). Такая установка изображена на рисунке 76, и в принципе её можно получить из азимутальной, если ось последней наклонить к горизонту так, чтобы она была направлена к полюсу мира. Тогда при повороте телескопа около часовой оси (в которую при этом наклонно превратится вертикальная ось) он будет двигаться в плоскости, параллельной экватору, т. е. будет описывать суточную параллель светила.

Если при такой установке телескоп направить на какое-либо светило, то поворачивать его около оси склонения больше уже не придётся, а останется его поворачивать лишь около одной часовой оси и притом с равномерной скоростью. Для удобства и придания плавности этому медленному вращению пользуются особым винтом, носившим название *микрометрического*.

Вращение больших телескопов осуществляется часовым механизмом. Часовой механизм поворачивает телескоп со скоростью одного оборота в сутки (15° в час), так что светило всё время остаётся в поле зрения окуляра. Наблюдателю приходится лишь изредка регулировать ход часового механизма или исправлять неровности его действия с помощью микрометрического винта.

Обычно при каждом хорошем телескопе бывает несколько окуляров. Привинчивая к нему тот или другой из них, можно получить большее или меньшее увеличение. Хороший телескоп, при наличии наиболее сильного окуляра (с фокусным расстоянием около 5 мм), позво-

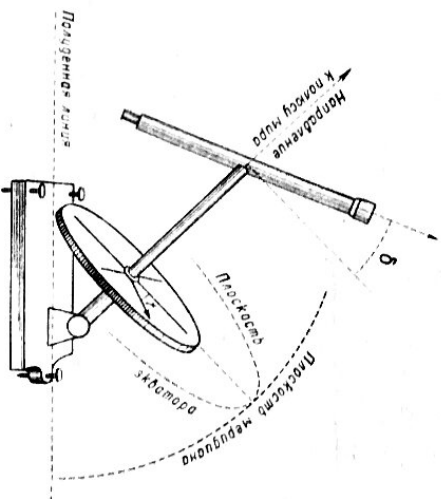


Рис. 76. Экваториальная установка телескопа.

даст подычь наибольшее увеличение, равное удвоенному или утроенному диаметру объектива, выраженному в миллиметрах.

Например, телескоп с объективом в 50 мм может дать наибольшее увеличение от 100 до 150 раз.

Легко заметить, что чем сильнее окуляр и чем больше даваемое им увеличение, тем меньше видимое в него поле зрения. При увеличении в 30—50 раз Луна видна в поле зрения целиком. При увеличении в 150 раз в поле зрения умещается лишь кусочек Луны, но видны уже большие подробности. Чем больше увеличение, тем заметнее делаются несовершенства изотопения объектива и воздушные течения в атмосфере.

В результате подробности на бесчисленных светлых становятся видны хуже, чем при меньшем увеличении, и поэтому за большим увеличением телескопа гнаться не следует.

Чтобы убедиться в увеличении, даваемом телескопом, рекомендуем одновременно посмотреть на Луну — одним глазом непосредственно, а другим в телескоп.

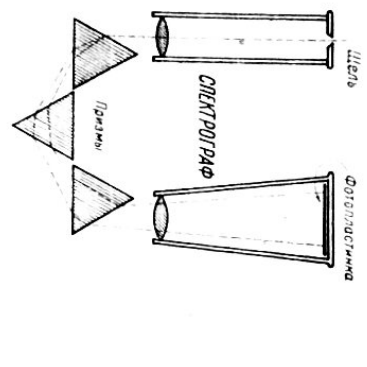


Рис. 77. Схемы устройства спектроскопа и спектрографа.

наилучшее из увеличений, возможных в данных условиях. Надо твердо помнить, что иногда состояние земного воздуха не позволяет ясно рассмотреть небесные светила даже при умеренных увеличениях.

Кометы, туманности и даже слабые звезды при свете Луны видны плохо или даже совсем не видны.

**§ 83. Спектральный анализ.** В середине прошлого столетия был открыт особый способ изучения света, называемый спектральным анализом. Он основан на том, что при переходе из одной среды в другую, например при переходе из воздуха в стекло, лучи разного цвета, составляющие в общей смеси белый свет, преломляются различно. С тех пор метод был усовершенствован и получил разнообразнейшие применения. Ему мы обязаны большинством наших сведений о физической природе и химическом составе небесных тел.

Спектральный анализ производится с помощью прибора, называемого *спектроскопом* (рис. 77). Спектроскоп состоит из одной или нескольких стеклянных призм и двух трубок. Одна из них (на рисунке — левая), называемая коллиматором, имеет на переднем конце узкую щель,

через которую проходит свет изучаемого светила. На другом ее конце находится объектив, в фокусе которого и помещена щель. Поэтому лучи света от щели, являющиеся как бы источником света для спектроскопа, выходят из щели параллельным пучком и падают на призму все под одинаковым углом падения. В этом и состоит назначение коллиматора.

В призме сложный свет, состоящий из лучей разного цвета, разлагается на свои составные части. Лучи разных цветов расходятся, потому что они преломляются призмой по-разному. Разошедшиеся лучи попадают в зрительную трубу. Если вместо окуляра в фокусе зрительной трубы поместить фотографическую пластинку, мы получим фотографический состав частей изучаемого света, называемую *спектрограммой*. В этом случае прибор называется *спектрографом*.

Обнаружено, что раскаленные твердые и жидкие тела, а также раскаленные мало прозрачные наэлектризованные или сильно сжатые

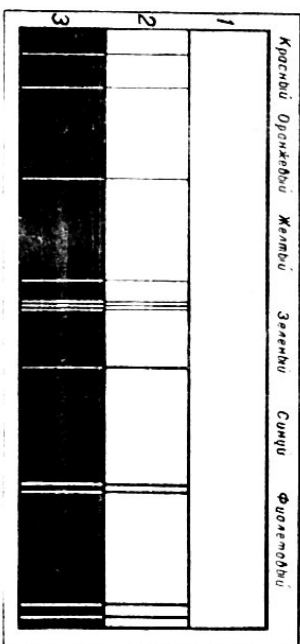


Рис. 78. Вид спектров.

газы дают так называемый *линейный спектр* в виде радужной полоски (рис. 78, 1). В таком спектре последовательно переходят друг к другу цвета красный, оранжевый, желтый, голубой, синий и фиолетовый. Белый солнечный свет состоит из смеси всех цветов радуги. Как известно, свет распространяется в виде волн, и каждый цвет спектра имеет свою длину волны. Точнее говоря, каждой точке спектра соответствует своя длина волны. Она одинакова лишь для точек одной линии, перпендикулярной к протяжению спектра, т. е. для линии, расположенной поперек спектра. Например, две соседние желтые полоски спектра, по цвету на глаз не отличимые друг от друга, имеют разные длины волн.

Прозрачные газы и пары, когда они находятся в разреженном состоянии и светятся, будучи накалимы или под действием электрического разряда (как, например, в электрической искре), дают спектр, состоящий из ярких цветных линий на темном фоне (рис. 78, 2 и 79, внизу). Расположение линий в таком спектре соответственно длинам волн зависит от того, каков химический состав данного газа. Один и тот же газ, находясь в более или менее одинаковых условиях свечения, дает в спектре одни и те же линии. Таким образом, по линиям спектра можно определить химический состав светящегося газа.

Если перед источником света, дающим сплошной спектр, поместить пары или газы с более низкой температурой, они поглотят часть света источника. В этом случае в спекрокопе будет виден сплошной спектр, пререзанный темными линиями (рис. 78, 2 и 79 верхний). Темные линии будут находиться в тех самых местах спектра (они имеют ту же длину волны), в каких именно эти пары или газы сами дают яркие линии спектра, когда они находятся в состоянии свечения.

(К учебнику приложена цветная таблица спектров.)

**§ 84. Определение химического состава, скорости и температуры небесных светил.** Химический состав можно определить с помощью спектрального анализа только в случае газов либо самосветящихся, либо поглощающих свет источника, дающего сплошной спектр, и вызывающих этим появление в сплошном спектре темных линий.

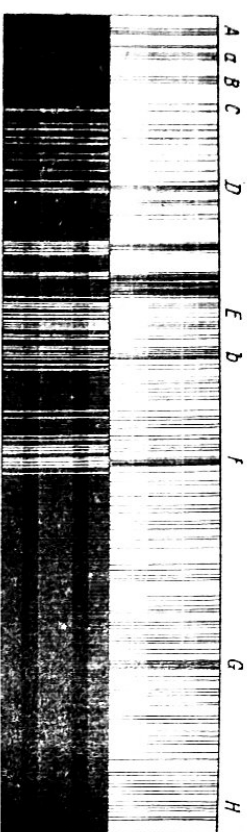


Рис. 79. Сравнение спектра Солнца (вверху) со спектром железа (внизу).

Последнее относится к атмосферам, окружающим такие небесные тела, как Солнце и звезды. *Спектры звезд и Солнца сплошные, пререзанные темными линиями.* Сопоставляя эти линии с линиями спектров известных нам химических элементов, мы узнаём химический состав наружных, менее горячих слоев Солнца и звезд. На этих светлках найдены только те химические элементы, которые есть и на Земле, а это подтверждает материальное единство всеобщей и опровергает лжеучения о непознаваемости природы.

Луна и планеты светят отраженным светом Солнца, и потому химический состав их самих при помощи спектрального анализа определить нельзя. Но прежде чем от поверхности планеты отражится солнечный свет, он пронизывает её атмосферу, а опрашившись, по дороге к нам он пронизывает её ещё раз. В атмосфере планеты солнечный свет при этом поглощается, и потому в спектрах планет появляются дополнительные темные линии (по сравнению со спектром Солнца). Это позволяет определить состав атмосфер планет.

*Скорости движения небесных светил относительно Земли по лучу зрения (к нам или от нас) определяют с помощью спектрального анализа на основании так называемого принципа Доплера-Физо. Принцип Доплера-Физо состоит в том, что при сближении источника света и наблюдателя все линии спектра смещаются к его фиоле-*

*товому концу, а при взаимном удалении наблюдателя и источника света линии его спектра смещаются к красному концу.* (Это аналогично тому, что наблюдается в случае приближения или удаления источника звука: учащение или разрежение звуковой волны укорачивает её или удлиняет, что сказывается на тоне звука. Световые волны подчиняются тому же правилу.)

Безличина смещения линии зависит от скорости движения и может быть измерена. Справедливость всего этого была на опыте показана впервые академиком А. А. Белопольским (1854—1934) в Пулковской обсерватории (рис. 91).

Истинную скорость движения светил по направлению, перпендикулярному к лучу зрения, можно определить, зная видимую угловую скорость перемещения светила по небесной сфере и его расстояние от нас.

*Температуры самосветящихся небесных тел, таких, как Солнце и звезды, определяются изучением распределения яркости по разным частям спектра.* Самосветящееся тело с меньшей температурой имеет красный цвет, потому что самым ярким местом в его спектре является именно красный цвет. Более горячее тело испускает желтый свет, потому что самыми яркими местами в его спектре являются желтый и красный цвета. Ещё более накалённое тело имеет белый цвет, потому что яркость цветов в его спектре такова, что при смешении они дают белый цвет. Ещё более горячее тело имеет наиболее яркой уже голубую часть спектра, отчетливо и его цвет кажется голубоватым. Теория излучения света, проверенная опытами, показывает, как распределение яркости между различными цветами спектра зависит от температуры тела. Изучив распределение яркости в спектрах Солнца и звезд, мы можем определить, какой температуре оно соответствует.

Температуры планет и Луны, светящихся отраженным солнечным светом, определяются с помощью спая двух очень тонких проволок из разных металлов: это так называемый *термоэлемент*. При нагревании такого спая в нём возникает электрический ток. В астрономии применяются в соединении с телескопами столь чувствительные термоэлементы, что они могут уловить тепло свечи, горющей на расстоянии

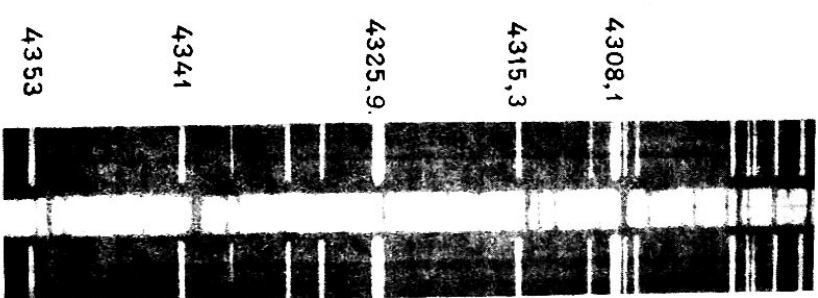


Рис. 80. Смещение линий в спектре звезд, движущейся по лучу зрения (средняя полоса); боковые полосы — земной спектр сравнения).

многих километров. Такой термозоомент помещают в фокусе объектива телескопа в том месте, где получается изображение планеты. Ничтожное тепловое излучение планеты всё же нагревает термозоомент, и в нём возникает слабый электрический ток, который и измеряется чувствительным гальванометром. Зная силу тока, можно определить количество тепла, дошедшее от этой планеты до Земли, а зная расстояние планеты от Земли, можно по этим данным высчитать её температуру.

Мы видим, что современная наука обладает рядом могучих способов для изучения вселенной. Эти способы позволяют совершенно уверенно изучать физическую природу небесных тел, их движение, химический состав и температуру. Таким образом, современные данные о небесных телах не являются простыми предположениями, а являются достоверным результатом измерений и применения законов, многократно проверенных на опыте.

### Вопросы для самопроверки

1. Зачем нужны телескопы?
2. В чём состоит различие между рефрактором и рефлектором? Начертите их схемы.
3. От чего и как зависит увеличение, даваемое телескопом?
4. Что такое астрограф?
5. Можно ли практически рассматривать светила с увеличением в тысячи раз?
- \* 6. Какие существуют два главных способа установки телескопов?
- \* 7. Какие выгоды и неудобства приносит пользование большим увеличением?
8. Начертите схему устройства спектроскопа и объясните её.
9. Что такое спектрограмм?
10. Какие виды спектров вы знаете?
11. Какой вид имеют спектры Солнца и звезд?
12. Почему в этих спектрах видны темные линии?
13. Как определяют химический состав светящихся газов и химический состав атмосферы Солнца и звезд?
14. Можно ли при помощи спектрального анализа определить химический состав поверхности планет и их атмосфер?
15. В чём состоит принцип Доплера-физоз? Как определяют скорости и направления движения небесных тел?
16. Какими способами и приборами определяют температуру небесных тел?

## ГЛАВА V СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

### ЛУНА

**§ 85. Вращение Луны вокруг оси.** *Луна всегда повернута к Земле одной и той же полушарием*, и мы наблюдаем одну и ту же её сторону. На первый взгляд представляется, что если Луна обращена к Земле всегда одной стороной, значит она не вращается вокруг оси. Нетрудно понять ошибочность такого заключения: обходя какой-нибудь предмет (например стул) кругом и не вращаясь при этом, т. е. смотря лицом все время в одну сторону (например на классную доску), мы последовательно будем обращать к предмету разные стороны своего тела. Наоборот, чтобы всё время смотреть на стул, обращаясь к нему лицом, надо во время оборота поворачиваться относительно окружающей обстановки, т. е. вращаться вокруг оси.

*Период вращения Луны вокруг оси в точности равняется периоду её обращения вокруг Земли.* Вращаясь вокруг оси, Луна попеременно обращает к Солнцу разные свои стороны. Следовательно, на Луне происходит смена дня и ночи, но сутки на Луне равны синодическому месяцу, т. е. день длится почти 15 земных суток, и столько же там длится ночь.

Хотя Луна обращена к Земле всегда одной и той же стороной, обозрепно с Земли доступна не половина её поверхности, а несколько больше. Дело в том, что Луна, двигаясь вокруг Земли, как бы покачивается немного вокруг своей оси. Это явление, называемое либрацией, отчасти действительное, отчасти кажущееся, происходит по различным причинам. Главная из этих причин заключается в том, что вращение Луны вокруг оси совершается равномерно, в то время как её движение вокруг Земли (по эллиптической орбите) происходит то быстрее, то медленнее. В результате этого мы можем по временам видеть небольшие части другого полушария Луны, что и позволяет изучать в общей сложности 0,6 всей её поверхности.

**§ 86. Строение лунной поверхности.** Поверхность Луны, спутника Земли, её движение и физические условия, господствующие на ней, изучены лучше, чем у какого-либо другого небесного тела, благодаря тому, что Луна является наиболее близким к нам небесным телом. Это позволяет очень подробно изучить и особенности её поверхности. Многие подробности лунной поверхности видны даже в сильный бинокль.

Уже простым глазом на диске Луны видны темные пятна, которые в XVII в. были названы *морями*. Это название сохранилось и до



колец, имеют очень сложное строение. Высота этих горных валов достигает нескольких километров.

Лунные шипы — кратеры — очень мало похожи на кратеры земных вулканов. Соотношения высоты горы и размера самого кратерного углубления у тех и других совершенно различны (рис. 84). В то время

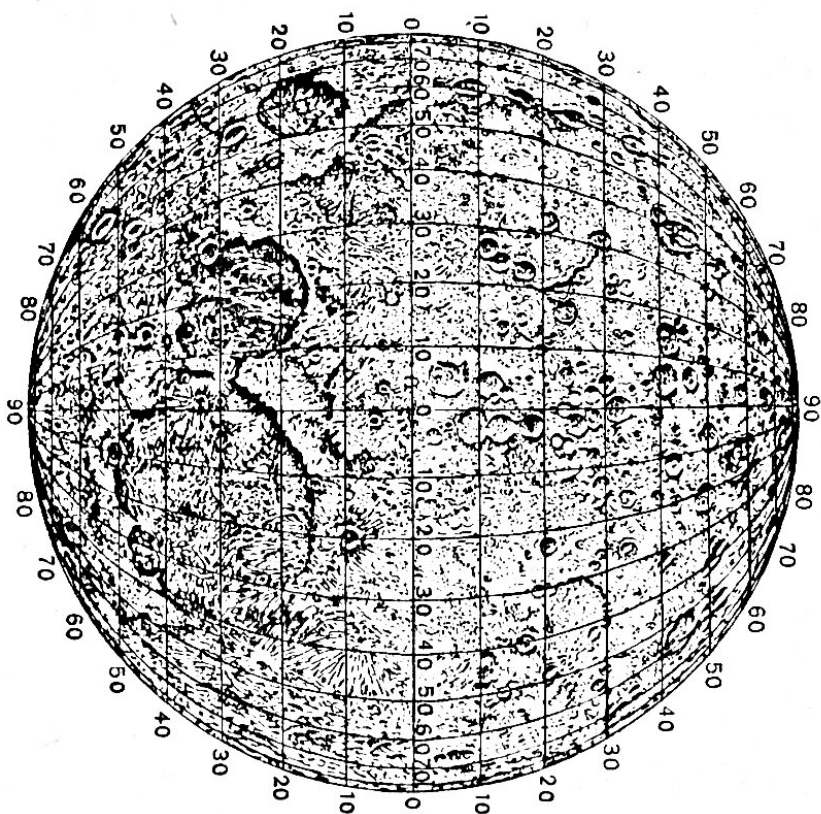


Рис. 83. Схематическая карта главных лунных образований.

как кратеры земных вулканов представляют собой небольшие по диаметру воронкообразные углубления в конусовидных горах, лунные шипы имеют очень небольшую глубину в сравнении с их диаметром и скорее напоминают своей формой мелкие тарелки.

Освещаемые Солнцем горы, особенно лежащие на лунном диске у границы света и тени, называемой *терминатором*, отбрасывают тени, по длине которых можно определить высоту гор. Терминатор представляет границу дня и ночи, и в областях, лежащих вблизи него, на Луне

наблюдается либо восход, либо заход Солнца. В полнолуние земные наблюдатели смотрят на Луну с той же стороны, с которой на неё светит Солнце; поэтому тени у лунных гор не наблюдаются, что мешает возможности разглядеть рельеф лунной поверхности.

В некоторых местах на поверхности Луны видны громадные горные цепи, сходные с земными, и длинные трещины, пронизывающие её кору. Если бы на Луне существовали разумные существа, возводившие искусственные сооружения вроде наших городов, мы бы это увидели, так как современные телескопы позволяют видеть на Луне образования размером в несколько сот метров и даже меньше.

При наблюдении Луны в полнолуние бросаются в глаза *светлые лучи*, радиально расходящиеся от некоторых лунных шипов.

Наиболее длинные лучи идут от шипа Тихо (в южном полушарии Луны). Полагают, что это невысокие насыпи, образованные вулканическим пеплом.

### § 87. Физические условия

на Луне очень своеобразны и резко отличны от земных. *Сила тяжести на Луне в шесть раз меньше, чем на Земле.* Это обстоятельство послужило причиной того, что Луна не могла удерживать частицы воздуха и водяного пара. Поэтому Луна практически лишена атмосферы и в её «морях» нет ни капли воды.

Отсутствие на Луне атмосферы доказывается несколькими явлениями. Одно из них заключается в том, что при покрытиях звезд Луной, они не гаснут постепенно, приближаясь к лунному краю, а скрываются за Лунной сразу. Если бы на Луне была атмосфера, звезды гасли бы постепенно: по мере приближения к краю Луна яркость звезд ослабевала бы вследствие поглощения света лунным воздухом.

Отсутствие у Луны атмосферы вызывает следующие явления: тени лунных гор черные и резкие; нет на Луне ни зари, ни сумерек и никаких явлений погоды; небо там кажется совершенно черным, и на нём можно одновременно видеть Солнце, Землю и звезды. (Голубой цвет нашего неба, сумерки, зори и тому подобные явления вызываются рассеянием света частицами воздуха.) На Луне никогда не бывает дождя, и мы никогда не видим над её поверхностью облаков или тумана.

Отсутствие атмосферы, свигающей колебания температуры, и большой продолжительность дня и ночи вызывают на Луне резкие смены жары и холода. В течение 354-часового лунного дня лунная поверхность накаляется до  $+120^{\circ}$ , а затем в течение 354-часовой ночи охлаждается до  $-160^{\circ}$ . Нет никакого основания предполагать, чтобы условия на невидимой нам стороне Луны были отличны от условий на обращенном к нам её полушарии. *При существующих условиях органическая жизнь на Луне невозможна.*

Кольеобразная форма многочисленных лунных шипов, подобных котлам на Земле, мы почти не встречаем, несомненно объясняемая происхождением физических условий на Луне. Существуют два предположения. Эти

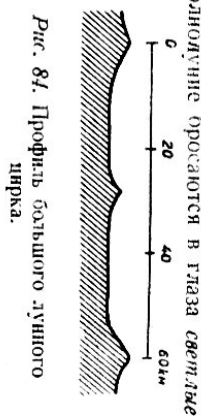


Рис. 84. Профиль большого лунного шипа.

кратеры могли возникнуть (подобно воронкам от взрыва снарядов) при падении на Луну больших камней (метеоритов), появившихся в межпланетном пространстве. Падая на Землю, такие камни обычно не могут образовать большие воронки, так как их удары смягчаются сопротивлением атмосферы. Если же иногда такие воронки и образовывались (в случае падения очень массивных метеоритов с исключительно большими скоростями), то большинство из них в земных условиях не сохранилось благодаря разрушительному действию воды и ветра.

По другому предположению лунные цирки образовались в результате усиленной вулканической деятельности в данно прошедшее время. При некоторых условиях эта деятельность может проявиться не в форме заверженных из кратеров конусообразных вулканов, а в форме назиний лавы через широкие отверстия, образующие лавовые озера. Согласно этой гипотезе, разрабатанной советским геологом академиком А. П. Павловым, лунные цирки следует рассматривать как озера застывшей лавы.

## ПЛАНЕТЫ

**§ 88. Общий обзор солнечной системы.** В солнечную систему входят планеты, обращающиеся около Солнца вместе с их спутниками. Планеты расположены от Солнца в следующем порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Меркурий почти в три раза ближе к Солнцу, чем Земля, а Плутон в 40 раз дальше, чем Земля.

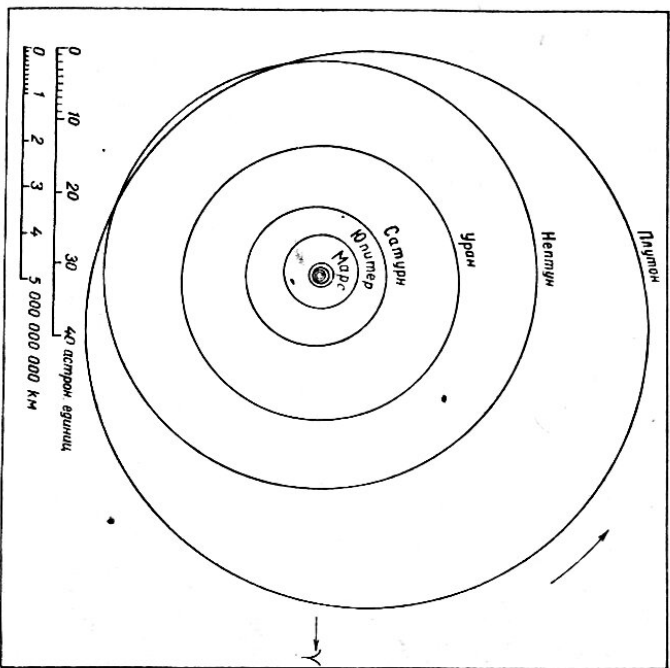


Рис. 85. План солнечной системы

Между орбитами Марса и Юпитера около Солнца обращается рой малых планет, называемых *астероидами*. Их известно более *полутысячи*.

В состав солнечной системы входят также своеобразные небесные светила, называемые *кометами*, и многочисленные метеорные тела.

Планеты можно разделить на две весьма различные группы. К первой принадлежат планеты типа Земли — Меркурий, Венера, Земля и Марс. Размеры их сравнительно невелики, они ближе к Солнцу,

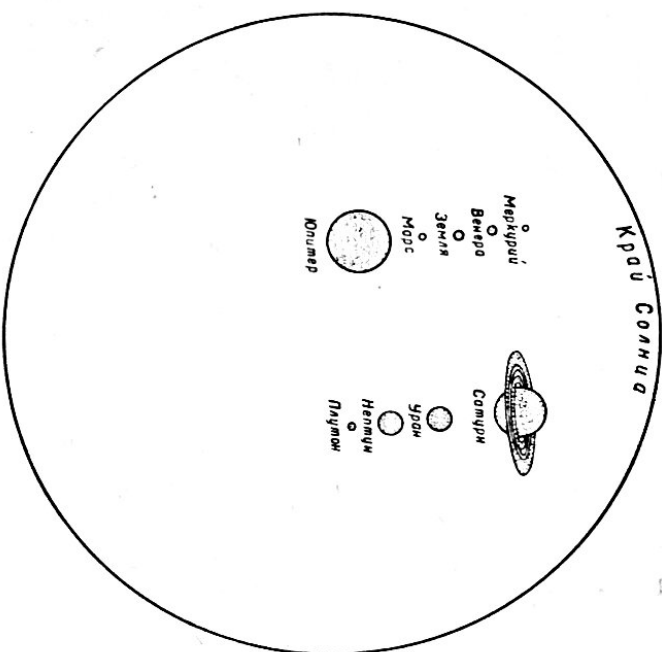


Рис. 86. Сравнительные размеры Солнца и планет.

плотности их велики и поверхности их тверды. Физические условия допускают существование на некоторых из этих планет органической жизни.

Вторая группа планет — далекие от Солнца громадные небесные тела малой плотности — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Все они окружены гигантскими плотными атмосферами, совершенно скрываясь от нас поверхности этих планет. Эти планеты быстро вращаются вокруг своих осей и потому сильно сплюснуты.

Самой большой из планет является Юпитер, а наименьшей — Меркурий (если оставить в стороне малые планеты — астероиды). Все цифровые данные о планетах приведены в таблице VI.

**§ 89. Меркурий и Венера.** При наблюдениях в телескоп и Меркурий и Венера обнаруживают фазы, что придаёт им сходство с Луной, только на их поверхностях не видно почти никаких подробностей.

Об этих планетах, вследствие их неблагоприятного положения для наблюдений (ср. § 57), известно немного. Обе планеты, особенно Меркурий, близки к Солнцу и потому получают солнечного света и тепла гораздо больше, чем Земля. Ни у Меркурия, ни у Венеры спутники не обнаружены.

**Меркурий лишен атмосферы.** Период вращения его вокруг оси равенся периоду его обращения вокруг Солнца, т. е. одно его по-лучение постоянно обращено к Солнцу и чрезвычайно накалило, другое же находится во мраке вечной холодной ночи.

**Венера окутана густой облачной атмосферой,** которая скрывает от нас её поверхность. Существование этой атмосферы впервые было обнаружено великим Ломоносовым. Из-за облаков неизвестно точно период вращения Венеры вокруг оси. Состав её облаков тоже ещё не известен. Повидному, её облака состоят не из водяных паров. Установлено, что атмосфера Венеры содержит много углекислого газа — гораздо больше, чем земная атмосфера.

**§ 90. Земля как планета.** Земля обладает почти такими же размерами, как и Венера, и имеет спутника — Луну. Последняя сравнительно со своей планетой так велика, что Землю и Луну правильнее было бы назвать *двойной планетой*. Для Венеры Земля самая яркая из планет. Она доступна наблюдению в течение целых ночей. Очень ярко Земля сияет и на ночном небе Меркурия. Для остальных планет Земля оказывается то утренней, то вечерней звездой, меняющей свои фазы; она имеет в общем такой же вид, какой для нас имеет Венера. Наблюдателям, смотрящим на Землю в телескоп с соседних планет, особенно с Венеры и Меркурия, была бы заметна синева океанов, белизна снегов, окружающих её полюсы, и белые полосы и пятна облаков, всегда покрывающих около полюсов поверхности Земли. Однако нельзя было бы отчетливо рассмотреть детали её поверхности из-за того, что земной воздух создаёт дымку.

Присутствие атмосферы, играющей роль в развитии жизни на Земле, могло бы быть уверенно установлено подобными наблюдениями. Заметим теперь, что даже с ближайшей звезды Земли (так же как и все другие планеты нашей солнечной системы) не была бы видна хотя бы в величайший из телескопов, подобных сооружённым на Земле, потому что звезды слишком от неё далеки.

**§ 91. Марс.** После Венеры из больших планет Марс является ближайшим к нам небесным соседом, наблюдаемым, однако, в значительно более удобных условиях. Иногда он приближается к нам на расстояние всего 55 млн. км. Такие сближения, называемые великими противостояниями, повторяются в каждые 15—17 лет (ближайшее будет в 1954 году).

Период вращения Марса вокруг оси почти такой же, как и у Земли (его сутки продолжительнее земных всего на 40 мин.). Ось планеты

наклонена к плоскости его орбиты на 65°, так что на Марсе, как и на Земле, регулярно происходит смена времён года. В этих отношениях он очень похож на Землю.

Первое, что бросается в глаза при телескопических наблюдениях Марса, — это красноватый цвет большей части его поверхности. Именно вследствие этого невооружённому глазу Марс представляется светлым красноватого цвета. Меньшую часть поверхности планеты занимают тёмные пятна, называемые *морями*, в то время как красноватые области носят название *суши*. Как и в случае Луны, все такие названия являются совершенно условными.

Всего лучше на поверхности Марса бывают видны белые пятна, расположенные в полярных районах планеты. Они называются полярными шапками и, как это следует из работ Г. А. Тихова и других советских учёных, состоят из льда и снега, напоминая скопления льда и снега у полюсов Земли. Подобно земным полярным шапкам, они испытывают сезонные изменения в своих размерах. Когда, например, в южном полушарии Марса зима, южная полярная шапка очень велика. С наступлением весны она тает — дробится и уменьшается в размерах (рис. 88). Вместе с тем вокруг полярной шапки образуется и расширяется тёмное окаймление.

**Марс по диаметру вдвое меньше Земли.** Он в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля, и потому получает значительно меньше тепла и света. Марс окружён атмосферой гораздо менее плотной, чем земная, содержащей небольшое количество кислорода и водяного пара, столь необходимых для существования органической жизни. Водяного пара в атмосфере Марса так мало (не более 5% того количества, которое находится в атмосфере у поверхности Земли), что там очень редко образуются облака. Содержание кислорода в единице объёма атмосферы Марса по сравнению с земной атмосферой не превышает 15%. Вследствие разрежённой и безоблачной атмосферы поверхность Марса, так же как и лунная, всегда доступна для наблюдений.

Неопытный глаз на диске Марса ничего не видит. Опытные же наблюдатели, работающие с большими телескопами, смогли постепенно изучить всю его поверхность и даже составили подробные карты Марса.



Рис. 87. Вид Марса в телескоп (вверху — белая полярная шапка).

Установлено, что окраска темных пятен, их густота и цвет также изменяются, связанные с переменной времен года на Марсе. Весной в данном полушарии Марса темные пятна имеют зеленоватый оттенок, а к осени буреют, блекнут.

Во многих местах поверхности Марса при наблюдениях его в не очень сильные телескопы видны тонкие темные линии, которые были названы *каналами*. Наблюдения этих "каналов"

породили многочисленные предположения о различных обитателях Марса. Теперь установлено, что многие из "каналов" даже не являются сплошными линиями, а состоят из рядов неправильных мелких пятнышек.

В самых теплых местностях Марса температура не превышает  $15^{\circ}$  тепла, а в холодных доходит до  $-100^{\circ}$ . Так как физические условия на этой планете похожи на земные, хотя и несравненно более суровы, вполне можно допустить существование на Марсе органической жизни.

Предполагают, что красноватые места поверхности Марса являются песчаными пустынями, а "моря" — низменностями, в которых скопится в небольших количествах влага. Возможно, что сезонные изменения в темных пятнах вызваны явлениями, подобными росту и увяданию земной растительности в наших земных условиях, как это показывают исследования известного советского ученого Г. А. Тихова.

Большинство гор на Марсе нет, и вся его поверхность довольно ровная. По видимому, Марс является старшей планетой, развитие которой зашло уже далеко. Мы можем себе представить физическое состояние Марса промежуточным между состоянием Луны и состоянием Земли.

У Марса известны два спутника — Фобос и Деймос (в переводе с греческого на русский — Страх и Ужас). Эти луны Марса очень малы и сравнительно недалеко от планеты. Диаметр Фобоса 20—30 км, находится к поверхности Марса в 36 раз ближе, чем Луна от Земли, и обращается вокруг своей планеты в течение 7 час. 30 мин., т. е. скорее, чем Марс вращается вокруг оси. Поэтому он восходит на

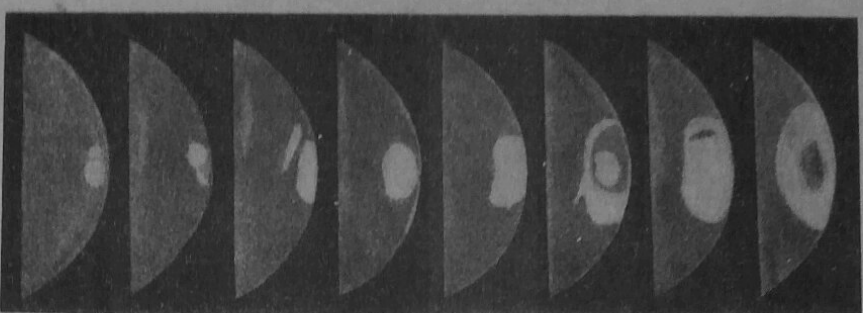
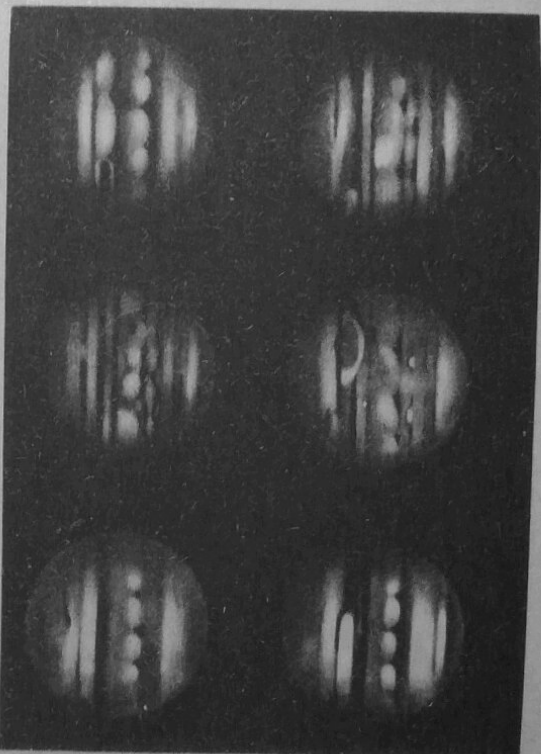


Рис. 88. Изменения полярной шапки Марса за четыре месяца.

Рис. 89. Вид Юпитера в телескоп и изменения на нём.



западе и заходит на востоке, и притом дважды в течение каждого суток.

**§ 92. Юпитер — самая большая планета солнечной системы** — в 1300 раз больше Земли по объёму и в 300 с лишним раз больше её по массе. Уже в небольшую астрономическую трубу видны темные полосы облаков, вытянутые вдоль экватора планеты (рис. 89). Заметны какие-нибудь из пятен в этих полосах, находящихся в обширной и плотной атмосфере планеты, уже через час можно убедиться в том, что Юпитер быстро вращается вокруг оси (с периодом около 10 час.). Вследствие быстрого вращения Юпитер сильно сжат у полюсов (сжатие составляет  $1/16$  и хорошо заметно в телескоп), *Юпитер вращается не как твёрдое тело* — его экваториальные области вращаются быстрее (9 час. 50 мин.), чем полярные (9 час. 59 мин.). Установлено, что атмосфера Юпитера состоит преимущественно из газов аммиака и метана и что температура её на  $110^{\circ}$  ниже нуля. Это объясняется удалённостью Юпитера от Солнца и вследствие этого слабым нагреванием его поверхности.

У Юпитера известно *одиннадцать спутников*, из которых четыре самых больших видны даже в шестикратный бинокль.

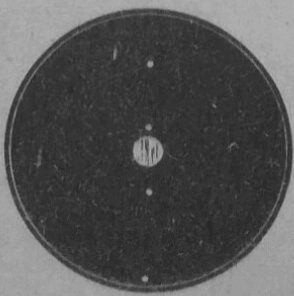


Рис. 90. Юпитер и его спутники в поле зрения телескопа.



Рис. 91. А. А. Белополюский  
(1854—1934).

Замечательно широкое плоское кольцо, охватывающее Сатурн в плоскости его экватора (рис. 92). Кольцо разделено темными промежутками — щелями — на три концентрических части. Академиком А. А. Белополюским доказано, что *кольцо Сатурна не сплошное, а состоит из бесчисленного множества небольших частиц, которые, подобно спутникам, обращаются около планеты по законам Кеплера*. Этих частиц так много и они так близки одна к другой, что на том расстоянии, с которого мы на них смотрим, они сливаются в сплошной пояс. В зависимости от положения Сатурна относительно Земли меняется вид кольца. Когда мы на него смотрим с ребра, оно, будучи крайне тонким (не толще 15 км), не видно. Иногда же кольцо Сатурна бывает повернуто к нам так, что мы его видим в наибольшем раскрытии (рис. 93).

У *Сатурна известны девять спутников*, из которых один (Титан) бывает видим в не-  
большие телескопы.

§ 94. Уран, Нептун и Плутон. Уран и Нептун являются довольно большими планетами, во всех отношениях похожими на Юпитер. Они также окружены плотными атмосферами, почти такого же химического состава, как у Юпитера; в их ат-

(рис. 90). В телескоп легко видеть за их обращением около планеты.

§ 93. Сатурн по объёму почти вдвое меньше Юпитера и очень похож на него по своему строению. Он точно так же окружён густым облачным покровом, сквозь который поверхность планеты видна нельз. Облака на Сатурне, как и на Юпитере, вытягиваются по-самим вдоль экватора, но рассмотреть эти поясы труднее. По составу атмосфера Сатурна очень похожа на атмосферу Юпитера. Средняя плотность Сатурна очень мала — она составляет всего лишь 0,7 плотности воды. Вследствие быстрого вращения вокруг оси ( $10\frac{1}{2}$  час.) Сатурн, имея очень небольшую плотность, сплюснут у полюсов ещё сильнее, чем Юпитер (сжатие его равно  $1/10$ ). Кольцо, охватывающее Сатурн в

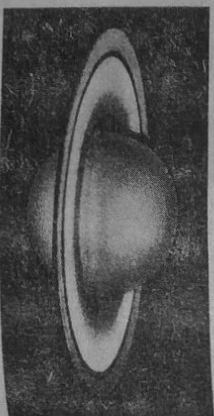


Рис. 92. Вид Сатурна в телескоп.

мосферах облака вытягиваются поясами, параллельными экватору планет. Они также сильно сжаты и вращаются вокруг оси очень быстро (период вращения Урана почти 11 час., Нептуна — около 16 час.). При наблюдении их даже в сильные телескопы на них почти ничего не видно, потому что они очень далеки от Солнца и от Земли. У *Урана известны пять спутников* (пятый открыт в 1948 г.), а у *Нептуна — два* (второй открыт в 1949 году). На всех больших планетах, от Юпитера до Нептуна, очень холодно и атмосфера их не пригодна для дыхания.

*Плутон*, открытый в 1930 г., повидимому, не больше Земли. Даже в самые сильные телескопы он виден с трудом, как слабый звездочка без заметного диска.

§ 95. Астероиды, или малые планеты, обращающиеся вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера, очень многочисленны и далеко ещё не все известны. Каждый год их открывается ещё по несколько десятков (всего их известно более полтора тысяч). Много астероидов открыто советскими учёными, и, например, один из них в честь В. И. Ленина назван В.И.Лениной. Пути их, по поручению Международного астрономического союза, выясняются Институтом теоретической астрономии в Ленинграде, как наиболее авторитетным в этом вопросе учреждением.

Диаметр самого большого астероида — Цереры (открыт в 1801 г.) — составляет всего 770 км, а диаметры большинства из открытых до настоящего времени измеряются несколькими километрами. Атмосферы нет ни у одной из малых планет по той же причине, по которой её нет и у Луны, и у Меркурия: их притяжение недостаточно, чтобы удерживать летучие газы.

Орбиты малых планет крайне разнообразны. У некоторых из них наклон к эклиптике и вытянутость орбиты очень велики. Особенно замечательны в этом отношении такие малые планеты, как Эрот, Гермес и Амур: вследствие большой вытянутости их орбит они иногда подходят к Земле значительно ближе, чем Марс, и тем дают возможность точнее определить величину

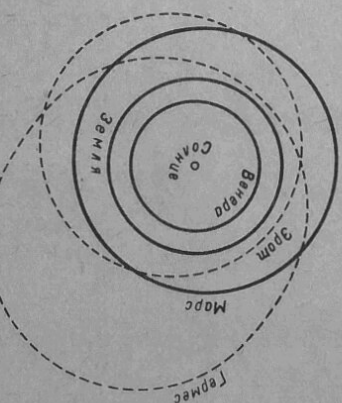


Рис. 94. Орбиты малых планет Эроса и Гермеса.

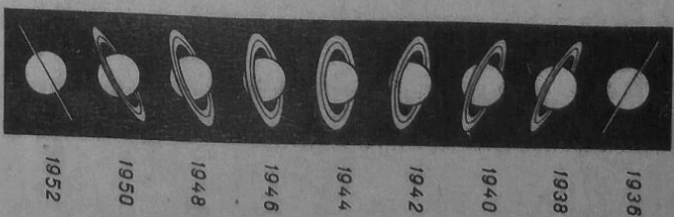


Рис. 98. Изменения вида колец Сатурна.

солнечного параллакса. За последнее время обнаружены астероиды, которые временами подходят к Солнцу ближе Земли и Венеры, как, например, Адионис. Одна из таких планет (Гермес) может раз в 15 лет подходить к Земле почти так же близко, как Луна.

### Вопросы для самопроверки

1. Как вращается Луна вокруг своей оси и чему равен период этого вращения?
2. Что видно на поверхности Луны?
3. Что такое терминатор на Луне?
4. Каковы физические условия на Луне и может ли там быть жизнь?
5. Какие есть предположения об образовании кольцевых лунных гор?
6. Перечислите все планеты в порядке их расстояния от Солнца. На какие две группы они делятся и почему?
7. Что известно о Меркурии и Венере?
8. Как выглядит Земля при наблюдении её с других планет?
9. Чем Марс сходен с Землей, что на нём видно? Каковы там физические условия и может ли там быть жизнь?
10. Чем замечательна планета Юпитер?
11. Чем Сатурн сходен с Юпитером? Каково строение его кольца и кем это установлено?
12. Что известно о трёх планетах, наиболее далеких от Солнца?
13. Что такое астероиды? Сколько их, каковы особенности движения некоторых из них? Какой из астероидов ближе всего подходит к Земле?
14. Перечислите, у каких планет и сколько спутников известно? Какие из них наиболее интересны и почему?
15. Каковы из больших планет наибольшая и какая наименьшая?

### КОМЕТЫ И ПАДАЮЩИЕ ЗВЁЗДЫ

**§ 96. Вид комет.** Слово „комета“ в переводе с греческого означает „косматая звезда“. *Кометами называются светила, перемещающиеся по небу подобно пламени и имеющие вид туманного пятнышка, от которого в сторону иногда тянется светящийся хвост.* Хвост кометы всегда направлен в сторону, противоположную Солнцу. Размеры кометных хвостов бывают очень велики; они иногда охватывают на небе по несколько десятков градусов, а в просторстве тянутся на десятки и даже сотни миллионов километров. На фотографиях комет (рис. 96) звёзды выходят в виде чёрточек, оттого что кометы передвигаются относительно звёзд, а фотографическая камера во время фотографирования перемещается за кометой. В голове кометы (сама яркая её часть) обычно наблюдается некоторое уплотнение — *ядро кометы*. Каждый год астрономы наблюдают несколько комет, но большинство из них видно только в телескопы. Комета, как правило, называется именем того, кто её открыл или изучал. Много комет открыто советскими учёными. Например, проф. Г. Н. Неуймин открыл 6 комет. В прежние времена с кометами связывали разные суеверия, например считали появление кометы причиной или предвестником войны.

**§ 97. Орбиты комет.** Яркие кометы, имеющие длинные хвосты, появляются редко: 8—9 раз в столетие в среднем. Их орбиты имеют

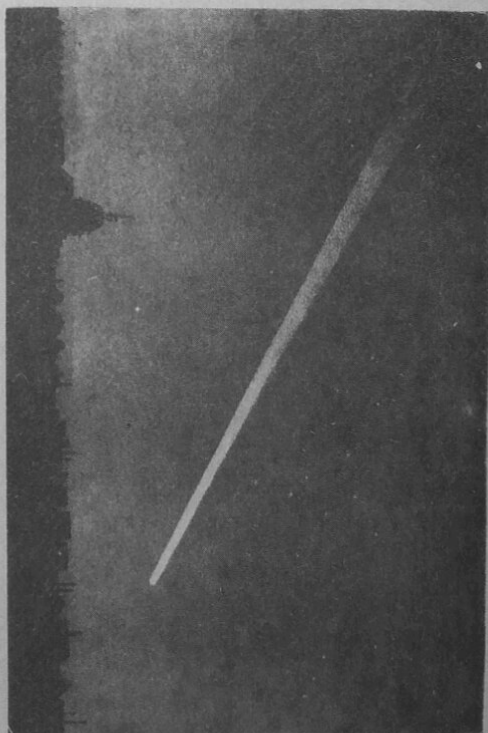


Рис. 95. Большая комета 1843 г. с хвостом.

большое сходство с параболами. Огибая Солнце, эти кометы снова уходят далеко в мировое пространство. Орбиты таких комет представляют собой очень вытянутые эллипсы (с эксцентриситетом, близким к единице и

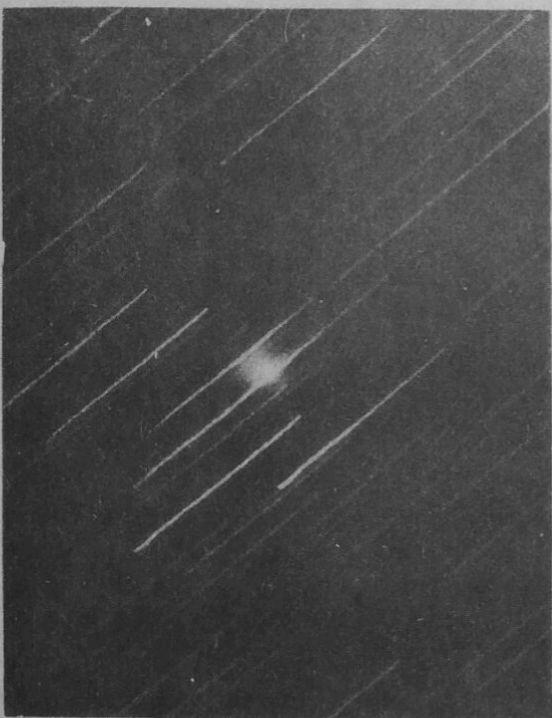


Рис. 96. Вид слабой кометы в телескоп (по фотоснимку).

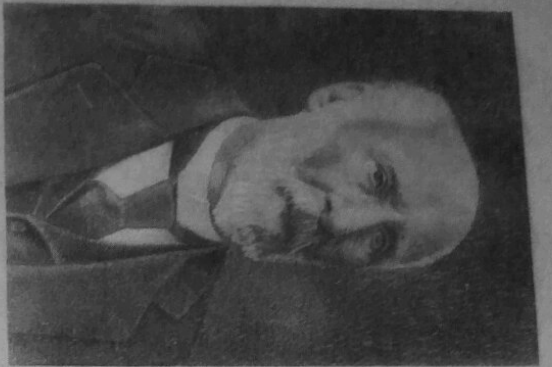


Рис. 97. Ф. А. Бредихин (1831—1904).

в 1910 г. Она должна вновь приблизиться к Солнцу и Земле около 1986 г.

**§ 98. Физическая природа комет.** Спектральные наблюдения показали, что *головы и хвосты комет состоят из крайне разреженных газов* — окиси углерода (угарного газа — СО) и циана. Свечение этих газов вызывается действием солнечных лучей, но это не простое отражение света, как это правильно предполагали ещё Ломоносов. В хвостах некоторых комет, кроме того, присутствуют и даже преобладают мельчайшие частицы пыли, отражающие солнечный свет.

Особенно успешно природа комет изучалась русскими учёными. Немало комет было открыто советскими астрономами.

Хвосты комет иногда бывают прямыми, иногда — несколько изогнутыми. Как доказал знаменитый русский астроном Ф. А. Бредихин (1831—1904), хвост кометы тем прямее, чем больше отталкивательная сила Солнца, действующая на частицы, по сравнению с силой солнечного притяжения. Теорией Бредихина учёные пользуются во всём мире, но особенное

расстоянием афелия в десятки тысяч астрономических единиц). Поэтому периоды обращения таких комет иногда могут выражаться тысячелетиями.

Некоторые кометы, по большей части слабые по яркости, движутся по не особенно вытянутым эллипсам. Такие кометы сравнительно часто, периодически приближаются к Солнцу, почему и называются *периодическими*. Их появление предвещают обычно заранее.

Самый короткий период обращения (3,3 года) имеет комета Энке (с 1819 г. её приближение к Солнцу наблюдалось около 40 раз). Широко известна также яркая комета Галлея, имеющая период обращения около 75 лет (рис. 98). Последний раз она приближалась к Солнцу и наблюдалась

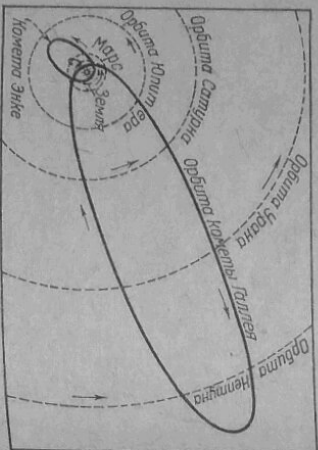


Рис. 98. Орбиты комет Галлея и Энке.

развитие она получила в Советском Союзе, где проф. С. В. Орлов за свои работы в этой области получил Сталинскую премию.

Опытами установлено, что лучи света производят давление на освещённые им тела. Величина этого давления была впервые измерена на опыте русским физиком П. Н. Лебедевым (1866—1912). Сила этого давления на крупные частицы пыли мала сравнительно с силой их притяжения к Солнцу, а на мелкие пылинки и газовые частицы она действует заметно и может во много раз превышать силу тяготения. Проникновенно это потому, что сила давления света пропорциональна поверхности тела, а сила притяжения пропорциональна его объёму.

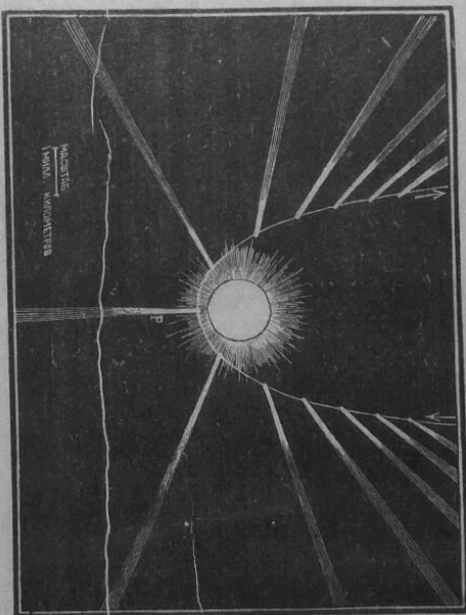


Рис. 99. Хвост кометы растёт с приближением к Солнцу и всегда направлен прочь от него.

С уменьшением же размеров пылинки их объём уменьшается быстрее, чем поверхность.

Таким образом, давление солнечных лучей на газовые частички, выделяющиеся из кометного ядра по мере его приближения к Солнцу и неравнина, заставляет эти частицы удаляться от Солнца с большой скоростью, что и ведёт к образованию кометного хвоста (рис. 99). Наблюдались кометы с несколькими хвостами; это показывает, что в их состав входят частицы различных размеров.

Твёрдая часть кометного ядра почти ничтожна по размерам и состоит, повидному, из скопления камней или глыб, разделённых друг от друга небольшими промежутками. *Массы комет ничтожно малы и не превышают масс небольших астероидов* (миллиардные доли массы Земли).

**§ 99. Метеоры, или „падающие звёзды“**, лучше всего наблюдаются в безлунные тёмные ночи, например, осенью. Метеор производит впечатление

тении, как будто упала звезда. В некоторые ночи, например 10 и 11 августа, падающих звезд обычно наблюдается очень много.

Если видимые пути метеоров, наблюдаемых в какой-либо одной области неба, мысленно продолжить назад, то оказывается, что большинство их пересекается почти в одной точке. Эта точка называется *радиантом* (рис. 100).

Радиант есть перспективное явление: метеоры роя движутся параллельно друг другу, но даль их пути кажутся сходящимися.

*Метеоры не имеют ничего общего со звездами. Это явление вызывается крошечными твердыми частицами, с массами в доли грамма, движущимися с большой скоростью в межпланетном пространстве и при встрече с Землей стремительно проникающими в её атмосферу.* Метеорные частицы беспрерывно встречаются на пути Земли, а по временам они целыми потоками вторгаются в земную атмосферу. Вылетая в атмосферу со скоростью от нескольких до 200 км/сек, они от взаимодействия с молекулами воздуха, тормозящими их движение, накапливаются так сильно, что испаряются, не достигая поверхности Земли, на высотах порядка 80—150 км.

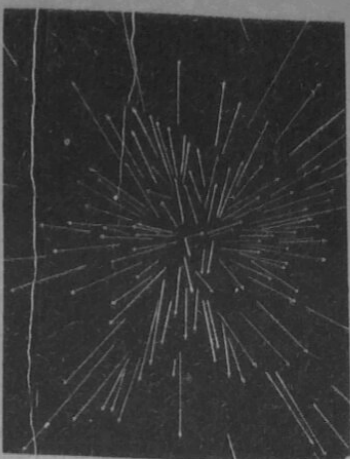


Рис. 100. Метеоры и их радиант.

В спектрах метеоров наблюдаются линии раскалённых паров тех веществ, из которых состоит метеорная частица (железо, кремний, кальций и др.). Иногда после метеора ненадолго остаётся туманная полоска; это метеорный след — пылинки и пары, оставшиеся от метеора.

**§ 100. Распад комет и метеоры.** Многие метеорные частицы являются продуктами распада кометных ядер. Замечено, что периодические кометы, по мере своих последовательных возвращений к Солнцу становятся менее яркими. Некоторые из них обнаружили дробление, т. е. наблюдались, как комета постепенно распадалась на несколько частей.

Наиболее замечательна была в этом отношении комета Биэлы (она названа в честь французской фамилии чешского любителя астрономии Белого, её открывшего). Она распалась на две части. В 1846 и в 1852 гг. эти две части кометы и наблюдались, но при следующих появлениях комета не наблюдалась: она исчезла.

В ноябре 1872 г., когда Земля пересекала орбиту этой кометы, наблюдался обильный дождь падающих звезд; наблюдался он ежегодно в ноябре и в дальнейшем, но только уже не столь обильный. Когда по положению радианта ноябрьских метеоров был вычислен путь метеоров в пространстве, оказалось, что они движутся роем или потоком по той же орбите, по которой раньше двигалась комета Биэлы. Повидимому,

ядро кометы Биэлы окончательно распалось, превратившись в обширный рой мелких твердых частиц; при встрече с Землей они и вызвали явление метеоров.

Такое же сходство обнаруживается между орбитами некоторых комет и орбитами некоторых потоков метеорных частиц. Рой метеорных частиц

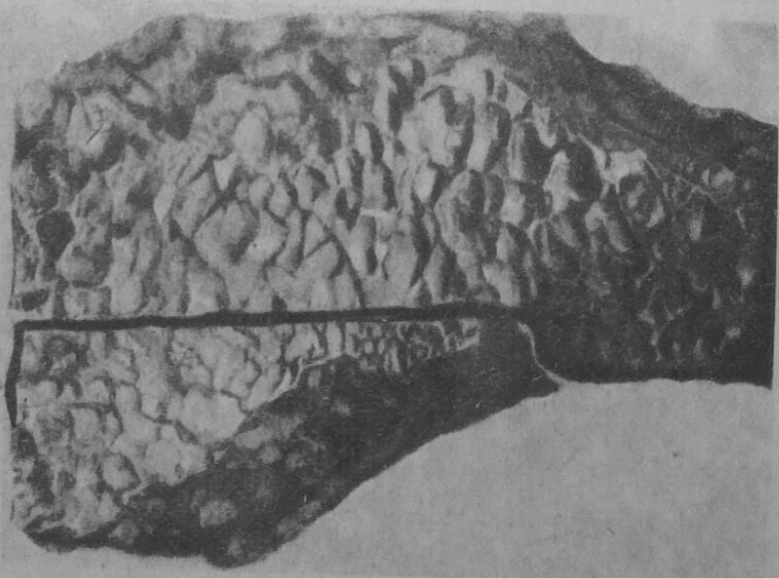


Рис. 101. Железный метеорит Болусава (упал 18 октября 1916 г. в Уссурийской обл. Общий вес 257 кг).

постепенно растягивается по орбите, а сама орбита, вследствие возмущений планетами, иногда отклоняется от орбиты Земли, и потому некоторые богатые метеорные потоки с течением времени ослабевают или прекращаются: Земля уже перестаёт встречаться с этими метеорными частицами.

**§ 101. Болиды и метеориты.** Гораздо реже наблюдаются очень яркие метеоры, имеющие вид огненных шаров. Эти явления называются *болидами*. Они происходят от проникновения в земную атмосферу ме-

теоретических тел более крупных размеров. Эти тела расплываются не так скоро, как мелкие метеорные частицы, и пролетают больший путь в атмосфере, переставая светиться на высоте 30—60 км. Рассекая воздух с большой скоростью, крупное метеорное тело в атмосфере вызывает звуковую волну, воспринимаемую ухом как громовой удар с раскатами.

Наблюдения болидов породили в прошлом всяческие суеверия, в том числе фантастические представления об «огненных змеях-горынычах».

Более или менее крупные метеорные тела, проникая в более плотные слои атмосферы и теряя от сопротивления воздуха свою огромную скорость (в среднем на высоте 20—25 км), падают на земную поверхность со скоростью свободно падающего тела. Увидев на земную поверхность метеорные тела называются метеоритами.

Размеры метеоритов очень разнообразны. Самый большой из них, найденный в 1927 г. в Южной Африке, весит 70 т. Наблюдательные метеоры падали падающих камней — это происходит от дробления метеорита в атмосфере. По своему составу метеориты бывают двух основных типов — каменные и железные; последние состоят почти целиком из чистого железа.

Метеориты являются, может быть, осколками распавшихся комет или осколками каких-либо других распавшихся небесных тел. В них находят только те же химические элементы, какие известны на Земле, что с очевидностью еще раз подтверждает материальное единство вселенной. Однако разнообразие, никогда не встречающиеся на Земле минералы в метеоритах свидетельствуют об особых физических условиях образования метеоритов (давление, температура и т. п.).

В 1908 г. в сибирской тайге, севернее Красноярска, упал гигантский метеорит, произшедший своим падением большие разрушения в лесу. Его называют тунгусским. Массу его оценивают в тысячи тонн. Падения таких больших метеоритов крайне редки. В нашей стране увидевший метеорит является собственностью государства и при нахождении подлежит сдаче в научное учреждение.

**§ 102. Возможно ли столкновение Земли с кометой.** Нередко возникают подготавливаемые злонмерными лицами слухи о возможной гибели Земли при столкновении с кометой. Вычисления показывают, что столкновение Земли с ядром кометы чрезвычайно маловероятно.

Что же, однако, может произойти в результате столкновения Земли с кометой? Если комета «заденет» своим хвостом Землю, то разреженные газы кометного хвоста не смогут проникнуть в плотные слои земной атмосферы, и мы даже не заметим, что Земля находится в хвосте кометы. Такие случаи уже бывали (в 1910 г. — комета Галлея) и не вывели за собой никаких последствий. Если же случится столкновение Земли с самим ядром кометы, то вероятнее всего будет наблюдаться только обильный звёздный дождь и, может быть, произойдет выпадение метеоритов, не угрожающее во всяком случае нанести сколько-нибудь заметный ущерб жизни на Земле.

Появление комет не имеет, конечно, никакого отношения к земным событиям — войнам и т. п., как это думали раньше. Современная наука не только разрушает все предрассудки, связанные с появлением комет,

но уже после нескольких дней наблюдения вновь появившейся кометы позволяет наперед вычислить весь её дальнейший путь в пределах солнечной системы.

### Вопросы для самопроверки

1. Как выглядят кометы и куда направлены их хвосты?
2. Какие части различают в комете?
3. Какие орбиты известны у комет?
4. Какова физическая и химическая природа комет: строение, состав, масса? Почему они светятся?
5. Кто лучше всего изучил природу комет?
6. Кто и как объяснил направленность кометных хвостов прочь от Солнца?
7. Что такое метеоры и их различия?
8. Каково происхождение метеоров и чем замечательна история кометы Биззеля?
9. Что такое болиды?
10. Что такое метеориты и какие виды их бывают?
11. Возможно ли столкновение Земли с кометой и опасно ли оно?

### СОЛНЦЕ

**§ 103. Общие сведения о Солнце.** Солнце — центральное светило планетной системы. Оно имеет шарообразную форму и состоит из раскалённых, а потому ярко светящихся газов.

Солнце гораздо больше и массивнее всех планет, вместе взятых (в 600 раз по объёму и в 750 раз по массе). Его масса в 332 тысячи раз больше массы Земли, а диаметр в 109 раз больше земного. Внутри Солнца поместилась бы даже вся орбита Луны, отстоящей от Земли на 30 земных диаметров. Все планеты, в том числе и Земля, движатся вокруг Солнца, освещаются и согреваются им.

Что касается расстояния от Земли до Солнца (около 150 млн. км), кажется нам невообразимо огромным, то оно составляет лишь немого более ста диаметров Солнца.

**§ 104. Солнце и жизнь на Земле.** Свет и тепло, получаемые от Солнца, обеспечивают жизнь на Земле. Испарение воды, выпадение осадков, течение рек, бури, грозы, засухи и все другие явления, обуславливающие климат и погоду на Земле, зависят от нагревания Земли Солнцем и должны изменяться в зависимости от изменений, происходящих на Солнце.

Человечество широко использует не только прямую солнечную энергию в виде тепла и света, но и другие виды и формы, в которые она переходит, например энергию воды и ветра (посредством водяных турбин на гидроэлектростанциях, ветряков и т. п.). Каменный уголь — окаменевшие остатки растений, развивавшихся благодаря солнечному теплу, — это тоже запасы солнечной энергии, скрытые в недрах Земли. Огромная часть солнечной энергии, падающей на Землю, остаётся, однако, неиспользованной. В настоящее время иногда применяются так называемые солнечные машины различных типов, т. е. аппараты, собирающие непосредственно солнечную энергию и превращающие её в другие виды — в энергию паровых и электрических двигателей. Этим

солнечным машинам предстонт большая будущность в народном хозяйстве нашего Союза.

**§ 105. Вид Солнца в телескоп.** Если посмотреть через темное стекло на Солнце в телескоп, мы увидим его как круглый диск, яркость которого слегка ослабевает у краев (рис. 102). Этим наглядно подчеркивается шарообразность Солнца.

Очень часто на Солнце можно видеть темные *пятна*, различных размеров, а вблизи краев Солнца и у краев пятен можно заметить ма-

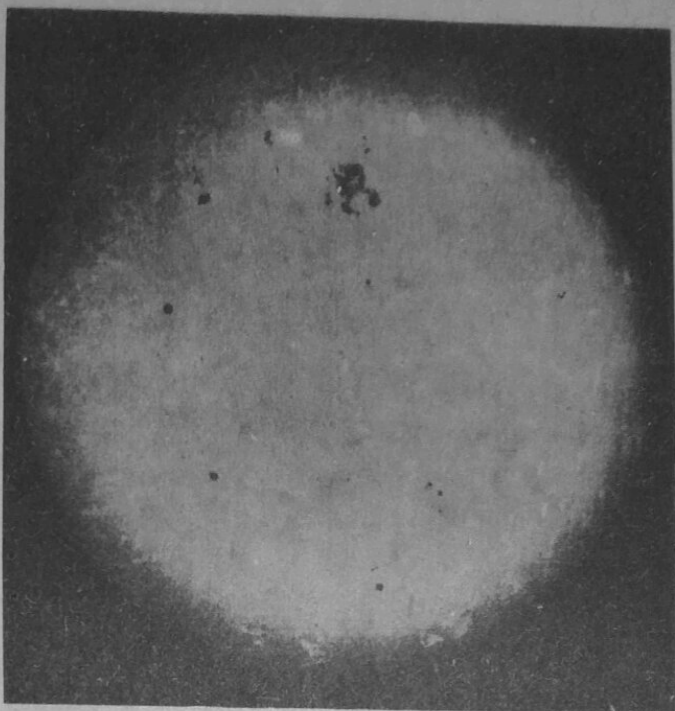


Рис. 102. Фото снимок Солнца с пятнами.

ленькие яркие блёстки, называемые *факелами*. В хорошие телескопы заметно и то, что поверхность Солнца не равномерно светлая, а как бы рябая, как будто она состоит из тесно расположенных мелких зёрен. Эти светящиеся зёрна называются *гранулами*, а всё явление — *грануляцией*. Вся видимая *светимая поверхность Солнца называется фотосферой* (по-гречески «фос» означает «свет»).

Внимание к солнечным пятнам впервые привлек Галилей вскоре после изобретения телескопа. Защитники религии отнесли к этому явление очень враждебно, так как оно противоречило религиозным представлениям о совершенстве и неизменности небесных тел.

**§ 106. Вращение Солнца.** Если наблюдать Солнце и находящиеся на нём пятна изо дня в день, легко можно заметить, что они постепенно перемещаются по диску Солнца от восточного края диска к западному. Это происходит оттого, что *Солнце вращается вокруг оси с периодом около 25 суток*. Для земного наблюдателя вращение Солнца кажется происходящим в течение 27 суток, потому что, пока Солнце один раз повернётся вокруг оси, Земля пройдёт по своей орбите вокруг Солнца некоторую дугу в том же направлении, и Солнце должно будет повернуться ещё на некоторый угол, чтобы прежнее пятно снова оказалось как раз против Земли.

Наблюдения видимого движения пятен и других образований на диске Солнца показывают, что различные части его вращаются с различными скоростями. Быстрее всего вращаются экваториальные части, делая один оборот в течение 25 дней. Чем ближе к полюсам Солнца, тем медленнее происходит вращение, и на расстоянии  $10^\circ$  от солнечных полюсов один оборот длится 34 суток. Следовательно, Солнце вращается не как твердое тело, а как жидкое или газообразное. Это находится в полном соответствии с малой плотностью Солнца (средняя плотность —  $1,4 \text{ г/см}^3$ ) и с его высокой температурой. *Поверхностная температура Солнца, т. е. температура его фотосферы, около  $6000^\circ$ .*

**§ 107. Солнечные пятна и их изменения.** Размеры солнечных пятен весьма разнообразны. Иногда эти пятна так велики, что видны невооружённым глазом (через темное стекло).

Многие пятна по своему диаметру больше диаметра Земли. Часто пятна располагаются целыми группами. Видимая форма пятен бывает весьма разнообразной и зависит не только от их истинной формы, но и от их положения на диске Солнца. У края диска пятна как бы сжимаются, суживаются вследствие перспективы. Почти каждое пятно, кажущееся при наблюдении чёрным, бывает окружено более светлой, серой каёмкой, так называемой *подлунью*.

С давних пор чернота пятен наводила на мысль, что они являются остывающими участками солнечной поверхности. Теперь установлено, что хотя температура газов в солнечных пятнах значительно ниже температуры остальной поверхности (около  $4500^\circ$ ), однако газы внутри пятен тоже раскалены и кажутся темными только благодаря контрасту с более горячими и яркими частями солнечной фотосферы.

*Солнечные газы находятся в постоянном движении.* Это движение проявляется и в пятнах, причём происходящие изменения пятен колоссальны и по характеру, и по масштабу. Обычно пятна появляются в виде маленьких чёрных точек (так называемых *пор*), постепенно увеличиваются, окружаются другими пятнами, затем дробятся на части или сливаются друг с другом, меняют свою форму (рис. 103) и даже беспорядочно передвигаются по самой солнечной поверхности (помимо вращения вместе с Солнцем). Редкая группа пятен существует в течение 3—4 оборотов Солнца. Обычно они в течение нескольких дней распадаются и исчезают, а на смену им появляются новые.

В противоположность пятнам, *факелы являются наиболее горячими участками солнечной фотосферы*. Границы — это облака более

раскалённых газов в фотосфере Солнца. И факелы, и гранулы также возникают, исчезают и непрерывно перемещаются.

Многолетние наблюдения солнечных пятен, подсчёт их числа и занимаемой ими площади показали существование *периодичности солнечных пятен*.

После того как число пятен и площадь, ими занимавшаяся, станут наибольшими в текущем цикле (максимум солнечных пятен), их количество и размеры постепенно уменьшаются и лет через 6 достигают минимума. Затем снова начинается увеличение числа пятен, достигаяющее

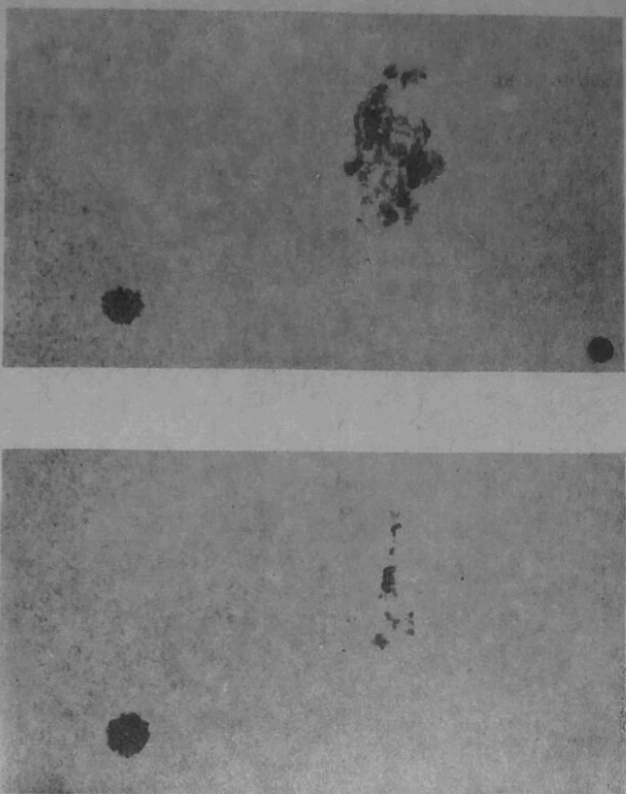


Рис. 103. Изменения в группе солнечных пятен за один сутки. Черный кружок сверху даёт представление о размерах Земли в том же масштабе.

нового максимума, в среднем через 11 лет после первого. В начале каждого периода (цикла) пятна появляются далеко от солнечного экватора (но никогда не бывают в полярных областях) и постепенно спускаются к нему, где их и застает минимум.

Вследствие существования периодичности можно наперед предсказать приблизительно, в каком году солнечных пятен будет больше всего или, наоборот, мало. Последний максимум пятен наблюдался в 1947—1948 гг.

**§ 108. Спектр и химический состав Солнца.** Солнце имеет непрерывный спектр, прерываемый многочисленными темными линиями. Это указывает на то, что фотосфера окружена слоем менее горячих газов, непосредственно не наблюдаемых. Они-то и вызывают

своим поглощением появление в спектре темных линий. Эти менее горячие слои Солнца можно назвать его *атмосферой*.

По измерениям положений темных линий удалось установить, каким химическим элементам они принадлежат, т. е. удалось установить химический состав газов, составляющих солнечную атмосферу. Главные из этих элементов следующие: водород, натрий, калий и железо. До настоящего времени установлено присутствие на Солнце 66 химических элементов. Все они имеют газообразное состояние, так как температура их очень высока.

**§ 109. Свет и теплота Солнца.** Земля получает от Солнца огромное количество тепла и света. Так как Солнце находится очень далеко от Земли и излучает энергию во все стороны, то на Землю падает только ничтожная часть этой энергии (приблизительно одна двухмиллиардная доля). Можно поэтому себе представить, как велика должна быть его температура, как много тепла и света оно излучает. Опытами и расчетами установлено, что *поверхность в  $1 \text{ см}^2$ , перпендикулярная к солнечным лучам и помещённая на расстоянии земной атмосферы, получает в минуту  $1,93 \text{ калории}$ . Эта величина называется *солнечной постоянной**. При её измерении учитывается поглощение солнечной энергии земной атмосферой.

Составить некоторое представление об общем количестве энергии, излучаемой Солнцем, можно на основании следующего примера: если бы Солнце прожжёно кругом на глубину 14 м, излучаемого им тепла было бы достаточно, чтобы растопить всю эту ледяную корку в течение одной минуты. Зная величину солнечной постоянной, можно рассчитать температуру Солнца. То же можно сделать, пользуясь способами, применёнными в § 84, а также и другими. Один из таких способов, применённый в Москве проф. В. К. Цераским (1849—1925), очень интересен. При помощи вогнутого зеркала Цераский собирал солнечные лучи в одну точку. В этой точке, как показывали расчеты, температура должна быть не выше температуры Солнца. И всё же все вещества, известные на Земле, будучи помещены в эту точку, моментально плавились.

Совокупность разных исследований показывает, что *температура поверхности Солнца (фотосферы) составляет  $6000^\circ$* , считая от абсолютного нуля, а следовательно, *все вещества на Солнце должны находиться в раскалённом, газообразном состоянии*.

Так как средняя плотность Солнца равна  $1,42 \text{ г/см}^3$ , т. е. почти в  $1\frac{1}{2}$  раза больше плотности воды, значит в недрах Солнца газы, его составляющие, чрезвычайно сильно сжаты.

**§ 110. Обращающийся слой, хромосфера и протуберанцы.** Непосредственно к фотосфере прилегает тонкий слой газов, который, поглощая свет, испускаемый фотосферой, вызывает появление темных линий на фоне яркого непрерывного спектра Солнца. Этот слой называется *обращающимся слоем*. Он является *нижним слоем солнечной атмосферы*.

*Над обращающимся слоем находится более обширный, вечно волнующийся слой — хромосфера.* Она состоит преимущественно из водорода и калия. Плотность хромосферы очень невелика и меньше плотности воздуха у земной поверхности.

Обращающийся слой и хромосфера обычно наблюдаются только во время полных солнечных затмений, когда непрозрачный диск Луны закрывает видимый диск Солнца — фотосфере. Тогда в момент полного затмения становятся (как бы в разрезе) видны обращающийся слой и хромосфера



в виде розоватого колыма, окружающего темный диск Луны, затормозившей Солнце. В течение 1—2 секунд после исчезновения за Луной последнего краешка фотосферы спектр обращающегося слоя наблюдается непосредственно в виде ярких линий на темном фоне. Эти линии видны как раз в тех местах спектра, где в обычном солнечном спектре находятся темные линии. Темные линии обычного спектра Солнца *обращаются в яркие*; от этого обращающийся слой и получил свое название.



Над поверхностью хромосферы тут и там высовываются красноватые пламеннообразные языки, как бы фонтаны раскаленных газов, местами рвущие в виде облаков. Эти *светящиеся выступы в хромосфере называются протуберанцами*.



Рис. 104. Изменения протуберанца за четыре часа 29 мая 1919 г. (по фото-снимкам).

Они поднимаются над поверхностью Солнца на громадную высоту, достигающую сотен тысяч километров (в десятки раз больше диаметра Земли) и бывают весьма разнообразной формы. Они часто испытывают быстрые и сильные изменения (рис. 104). Протуберанцы состоят преимущественно из водорода и кальция, причём их вещество, поднимаясь, снова падает на Солнце.

§ 111. **Солнечная корона.** В моменты полных солнечных затмений вокруг Солнца на большом пространстве (до 2—3 радиусов Солнца) над слоем хромосферы наблюдается нежное жемучко-серое-рыбное сияние вроде ореола. Оно называется *солнечной короной*. В своих внутренних частях (внутренняя корона), вблизи солнечного края, корона наиболее яркая. Более слабые лучи внешней короны простираются от

неё на градус и больше (рис. 105). *Солнечная корона является внешней разреженной оболочкой Солнца*. Она состоит частично из газов, частично из мельчайших твёрдых частиц, находящихся в постоянном движении.

В последнее время изобретены специальные приборы, с помощью которых протуберанцы и хромосфере можно видеть в любое время, а не только в течение кратковременных и редких полных солнечных затмений. Достигнута возможность частично изучать и корону вне затмений.

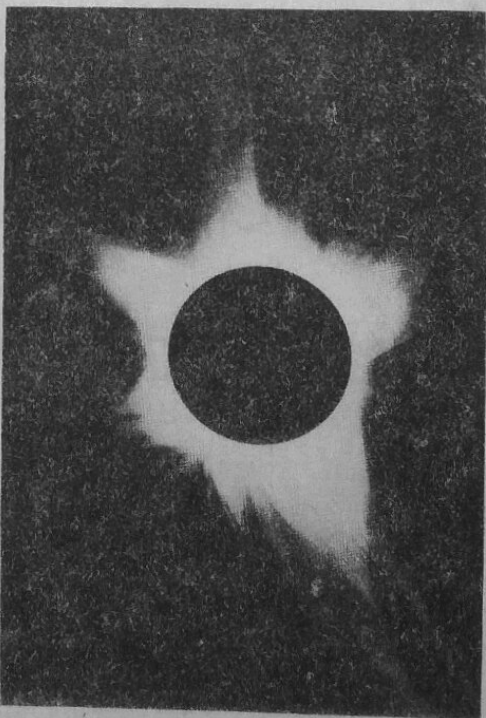


Рис. 105. Солнечная корона (по фотоснимку при полном солнечном затмении 19 июня 1936 г.).

§ 112. **Зодиакальный свет.** Под этим названием известно слабое синие в форме конуса, поднимающееся из-под горизонта перед наступлением рассвета или после окончания вечерних сумерек. Основание этого конуса ярче и находится на горизонте в стороне Солнца. Это показывает, что данное явление связано с Солнцем. Зодиакальный свет, особенно хорошо видимый в южных странах, вытягивается всегда вдоль эклиптики по зодиакальным созвездиям, отчего и получил своё название.

Советский академик В. Г. Фесенков показал, что зодиакальный свет состоит из частиц пыли, сосредоточенных преимущественно в плоскости эклиптики на огромном протяжении вокруг Солнца и освещаемых Солнцем, в то время как корона состоит из смеси пылинок и газовых молекул. Солнечная атмосфера в обычном смысле этого слова непосредственно прилегает к поверхности Солнца и состоит уже исключительно из газов.

§ 113. **Строение Солнца.** Подводя итоги сказанному выше, мы можем представить себе строение Солнца следующим образом. Видимая поверхность Солнца — фотосфера — состоит из раскалённых газов с температурой до 6000°. В фотосфере появляются несколько охлаждённые места — своего рода вихри солнечных газов; это солнечные пятна. По мере приближения к центру Солнца давление, плотность и температура газов возрастают. Ближ центра температура должна дости-

гать многих миллионов гравитов, что следует из расчётов. Солнечный шар, ограниченный фотосферой, окружён гигантской оболочкой — несколькими слоями газов малой плотности.

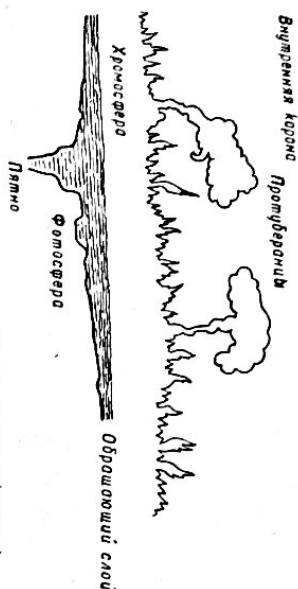


Рис. 106. Строение солнечной атмосферы (схема).

Средняя толщина этих слоев и их состав видны из следующей таблицы (см. также рис. 106):

Обращающийся слой .....	600 км	Не только лёгкие, но и тяжёлые элементы — железо и многие другие.
Хромосфера .....	20 000 км	Водород, гелий, кальций, магний и др.
Промежуточный слой .....	250 000 км	Водород, гелий, кальций.
Солнечная корона .....	2 000 000 км	Мелкая пыль и газы.
Зоникальный свет .....	не менее 150 000 000 км	Мелкая пыль.

**§ 114. Источники солнечной энергии.** Ежесекундно Солнце расходует в мировое пространство колоссальное количество энергии, но за всё время существования человечества на Земле энергии Солнца сколько-нибудь заметно не уменьшилась, т. е. за это время оно несколько не остыло. Откуда же Солнце черпает свою энергию? Без её пополнения оно давно уже охладилось бы.

В самое последнее время благодаря успехам физики учёные приходят к заключению, что *энергия в недрах Солнца непрерывно пополняется, выделяясь при превращении водорода в гелий.*

Запасов водорода в Солнце достаточно для поддержания излучаемого им тепла в течение многих миллиардов лет.

Когда несколько водородных атомов объединяются в один более тяжёлый атом, образуя атом другого химического элемента (например гелия), выделяется весьма значительное количество энергии. Это было проверено на опыте. Другие, подобные этому превращения атомов теперь удаётся осуществлять искусственно на Земле.

Близки центра Солнца построение атомов гелия за счёт атомов водорода происходит массовым образом вследствие чудовищно высокой температуры. Поэтому и выделение энергии, пополняющей её убыль путём лучеиспускания в пространство, происходит весьма энергично.

Процесс, посредством которого водород превращается в гелий, весьма сложен. Он происходит непрерывно, и в конечном счёте количество водорода в недрах Солнца постепенно убывает, а количество атомов гелия увеличивается. Когда весь запас водорода в недрах Солнца иссякнет, выделение энер-

гии значительно сократится, и Солнце станет менее горячим, одновременно резко уменьшившись в своих размерах.

**§ 115. Цикл солнечной деятельности и его связь с земными явлениями.** Специальные наблюдения показывают, что в солнечных пятнах существуют мощные магнитные поля. Эта магнитность солнечных пятен обнаруживает изменения с периодом в 22 года, т. е. вдвое большим периода солнечных пятен. Одннадцатилетний период колебаний обнаруживают и другие явления на Солнце: число факелов, промугуриваний и т. п. Таким образом, вся солнечная деятельность в целом изменяется с периодом в 11 лет (вернее, с периодом в 22 года, если учитывать период изменения магнитного поля солнечных пятен).

Изучение явлений, протекающих в земной атмосфере, показывает у многих из них существование периодичности в 11 лет. К ним относятся магнитные бури (колебания стрелки компаса, расстройство радиосвязи и т. п.), полярные сияния, грозы и др. Среднее число гроз на всей Земле и полярных сияний с наступлением максимума солнечной деятельности возрастает. Несомненно, характер деятельности Солнца должен влиять на погоду. Процессы, происходящие на Солнце, влияют на распространение радиоволн в земной атмосфере.

В нашем Союзе земледелие составляет видную отрасль народного хозяйства, и для проведения планового земледелия в крупных масштабах важно было бы иметь возможность предвидеть наступление жарких, засушливых или дождливых периодов, холодных зим и т. п. Иметь такую возможность было бы очень ценно и для ряда других областей хозяйственной жизни (на транспорте, в строительстве и т. п.). Учёные Советского Союза — астрономы и метеорологи — совместно взялись за разрешение вопроса, как солнечная деятельность влияет на погоду и как можно научиться заранее предвидеть наступление солнечных и связанных с ними земных явлений.

Мы видим в области изучения Солнца такое же единение теории и практики, как в большинстве других областей советской астрономии. Мы видим снова, что Земля не является изолированным небесным телом и что движения её атмосферы связаны взаимодействием с явлениями, протекающими на Солнце.

#### Вопросы для самопроверки

1. Каковы масса и размеры Солнца в сравнении с Землей?
2. Что видно на Солнце в телескоп?
3. Как вращается Солнце?
4. Чему равны средняя плотность и температура Солнца?
5. Что такое солнечные пятна, как меняются их число?
6. Что известно о химическом составе Солнца?
7. Что такое солнечная постоянная и чему она равна?
8. При каких условиях можно видеть хромосферу и промугуривания? Что они собой представляют?
9. Опишите строение солнечной атмосферы и короны.
10. Каковы вид и природа зоникального света?
11. Откуда и как черпает энергию Солнца?
12. Какие есть примеры связи между солнечными и земными явлениями?
13. В чём состоит практическое значение изучения этой связи и природы Солнца?

## ГЛАВА VI

### ЗВЁЗДЫ И СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

#### ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЗВЁЗД

§ 116. Светимости звёзд. Каждая звезда является огромным раскалённым и потому самосветящимся газовым шаром, подобным нашему Солнцу. Но в строении и вообще в физическом состоянии звёзд наблюдаются и многочисленные отличия от Солнца.

Нагляднее всего различия между звёздами выступают, если мы будем сравнивать звёзды с Солнцем.

Светимостью называется отношение силы света звезды к силе света Солнца. Светимости звёзд удалось установить, зная расстояния до них и их видимую силу света по сравнению с силой света Солнца. Пусть, например, установлено путём измерения, что некоторая звезда отстоит от нас в миллион раз дальше, чем Солнце, и что её видимая сила света в миллион миллионов раз меньше солнечной (это будет звезда примерно  $3\frac{1}{2}$  звездной величины).

Если бы мы поместили эту звезду на расстоянии, равном расстоянию от нас до Солнца, то она стала бы нам казаться в  $(10^6)^2$  раз ярче, чем сейчас, так как видима яркость всякого источника света измеряется обратно пропорционально квадрату расстояния. Она стала бы казаться такой же яркой, как Солнце. Следовательно, данная звезда в действительности так же ярка, как Солнце; её светимость равна единичной. Подобным же образом можно рассчитать светимости других звёзд.

Звёзды некоторых типов, например звёзды определённого цвета и температуры, расстояния до которых известны, имеют, как выяснилось, определённую светимость. Это позволяет, обнаружив где-либо звезду такого же типа, расстояние до которой неизвестно, сказать, какова её светимость.

Светимости звёзд чрезвычайно различны. Наибольшей светимостью среди известных звёзд обладает звезда S Золотой Рыбы. Она видна как звёздочка 8-й величины, но в действительности она приблизительно в 500 тысяч раз ярче нашего Солнца. Звёзды с наименьшей светимостью светят в сотни тысяч раз слабее Солнца. Наше Солнце по своей светимости является средней звездой — не очень яркой, но и не очень слабой.

В мировом пространстве очень ярких звёзд мало, и чем светимость звёзд меньше, тем число их больше.

§ 117. Годи́нный параллакс и расстояния до звёзд. В § 80 было подробно объяснено, что такое годичный параллакс и как его измеряют. В 1835—1840 гг. измерение параллакса впервые было сделано русским учёным В. Я. Струве. Величина годичного параллакса есть угол, под которым со звезды видна боковая полуось орбиты Земли (под прямым углом к лучу зрения). Если годичный параллакс  $p$  звёзды установлен путём точных и кропотливых измерений, то расстояние до звёзды  $D$  определяется сразу.

В самом деле, из определения годичного параллакса следует, выражая  $p$  в секундах дуги, что

$$D = \frac{a}{\sin p},$$

где  $a$  — радиус земной орбиты. Виду малости  $p$  можно написать

$$D = \frac{a}{p \sin 1''}.$$

Если  $a$  принять за единицу, то, зная, что

$$\sin 1'' = \frac{1}{206265},$$

получаем

$$D = \frac{206265}{p} \text{ астрономических единиц.}$$

Расстояния до звёзд,виду их громадности, обычно выражают в световых годах или в парсеках.

Световой год есть расстояние, проходимое лучом света в течение года. Чтобы выразить его в километрах, надо скорость света, выраженную в километрах в секунду (около 300 тыс. км/сек), умножить на число секунд в году (около  $31\frac{1}{2}$  млн. секунд). Свет от ближайшей к нам яркой звёзды ( $\alpha$  Центавра) идёт более 4 лет, а от других звёзд ещё дальше.

Чтобы представить себе громадность этого расстояния, вообразим себе, что с Земли к этой звезде проложена железная дорога, по которой без остановки идёт курьерский поезд со скоростью 100 км/час. Этот поезд доберётся до звёзд только через 46 млн. лет.

Остальные звёзды находятся от нас (или, что то же, находятся от Солнца) ещё гораздо дальше. До многих звёзд расстояния неизвестны — так они велики, т. е. их параллакс так мал, что не поддаются измерению. К счастью, основываясь на измерениях параллакса ближайших звёзд, теперь придуманы другие способы определения расстояний до звёзд. Одним из самых важных среди них является способ определять расстояния некоторых типов звёзд по известной их светимости.

Если установлено, что данная звезда принадлежит к типу звёзд, светимость которых известна, то сравнивая эту светимость с видимой яркостью звёзд, можно, основываясь на законе изменения видимой яркости с расстоянием, подсчитать расстояние до неё.

*Парсек есть расстояние, соответствующее годовичному параллаксу в одну секунду дуги, это есть расстояние, на котором отрезок прямой, соединяющий Землю с Солнцем, виден под углом в 1".* Расстояние  $D$  до звезд в парсеках обратно величине её годовичного параллакса  $p$ , выраженного в секундах дуги:

$$D = \frac{1}{p}$$

Например, если параллакс ближайшей звезды  $0,75 = \frac{3}{4}$  секунды, то расстояние до неё составляет  $\frac{4}{3}$  парсека.

Расстояние, выражаемое в световых годах, нагляднее, но в парсеках оно удобнее для расчётов, так как из наблюдений определён параллакс звезд, с которыми расстояние в парсеках связано так просто.

1 парсек = 3,26 светового года = 206 265 астрон. единиц =  $3 \times 10^{13}$  км.

**§ 118. Цвета, спектры и температуры звезд.** Легко заметить, что звезды имеют различные цвета — один белый, другие жёлтые, третьи красные и т. п. Белый цвет имеют, например, из ярких звезд Сириус и Вега, жёлтый — Капелла, красный — Бетельгейзе и Антарес. Звезды различных цветов имеют и различные спектры, и различные температуры. Подобно накаляемому куску железа, белые звезды наиболее горячи, а красные — наименее.

Различия в спектрах звезд состоят в разном распределении яркости вдоль их непрерывного спектра и в том, что положения и интенсивность тёмных линий на фоне этого непрерывного спектра различны.

Причиной этого являются различия температур звезд, а не различия их химического состава, который у всех звезд в общем одинаков и близок к химическому составу Солнца и Земли. Изучая звездные спектры, мы обнаруживаем на звездах всё те же химические элементы, которые нам известны на Земле и на Солнце, не обнаруживая никаких новых, не известных нам химических элементов. Это ещё раз подтверждает материальное единство вселенной, единство вещества, из которого состоят все небесные тела. Различия же в спектрах звезд происходят от различий в температурах их атмосфер, потому что спектры атомов всякого химического элемента меняются при сильном изменении их температуры.

Температуры звезд изучаются способами, описанными в § 84. В результате этого изучения установлено, что наиболее горячими являются голубые, затем белые звезды. Температура их поверхностей составляет от 10 000° до 30 000°, но встречаются ещё более горячие звезды с температурой, доходящей до 100 000°. Жёлтые звезды холоднее: температура их поверхностей составляет около 6 000°. Наименее горячи красные звезды: температура их поверхностей составляет всего лишь 3 000°, а иногда даже 2 000° и менее. В недрах звезд, так же как и в недрах Солнца, температура доходит до многих миллионов градусов. Сравнивая Солнце по спектру и по температуре со звездами, мы приходим к заключению, что *Солнце является жёлтой звездой средней температуры (6 000°)*.

**\* § 119. Определение размеров звезд.** Наука располагает сейчас несколькими способами определения размеров звезд. Один из них мы рассмотрим в таком примере.

Известно, что количество энергии, испускаемое квадратным сантиметром поверхности звезды, определяется только её температурой. Чем выше температура, тем больше энергии звезда излучает.

*Полное излучение звезды (её светимость) равно количеству энергии, излучаемой одним квадратным сантиметром её поверхности, умноженному на величину её поверхности.* Поэтому, если кака-либо звезда имеет ту же температуру и светимость, как наше Солнце, то мы можем утверждать, что и размер поверхности (а следовательно, и диаметр) у звезд тот же, что и у Солнца.

Если при той же температуре, что у Солнца, светимость звезд в 16 раз больше, значит её поверхность в 16 раз, а диаметр в 4 раза больше, чем у Солнца. Подобным же образом можно определить диаметры других звезд, вводя поправку на отличие их температуры от температуры Солнца.

Полученные результаты подтверждаются другими способами и находятся в хорошем согласии друг с другом.

**§ 120. Звёзды-гиганты и звёзды-карлики.** Звёзды-гиганты называются *звёзды большой светимости*, *звёзды малой светимости*.

Однако и по размерам мы встречаем среди звезд и гигантов, и карликов. Как карлики, так и самые крупные гиганты являются звездами красного цвета, имеющими низкую температуру поверхности.

К красным звездам-гигантам принадлежат Бетельгейзе и Антарес. Диаметр первой из них в 420, а второй в 285 раз больше диаметра Солнца. Внутри титанеской звезды Бетельгейзе могли бы уместиться орбиты всех планет солнечной системы до Марса включительно. Газ, из которого состоят красные звезды-гиганты, очень разрежен; его плотность в тысячи раз меньше плотности комнатного воздуха.

Красные звезды-карлики простым глазом не видны. Одна из них, очень близкая к нам звезда (№ 60 по каталогу Кьюпера), в  $2\frac{1}{2}$  раза меньше Солнца по диаметру. Газ, из которых она состоит, сжат так сильно, что имеют среднюю плотность в 4,5 раза большую плотности воды и втрое большую плотность Солнца.

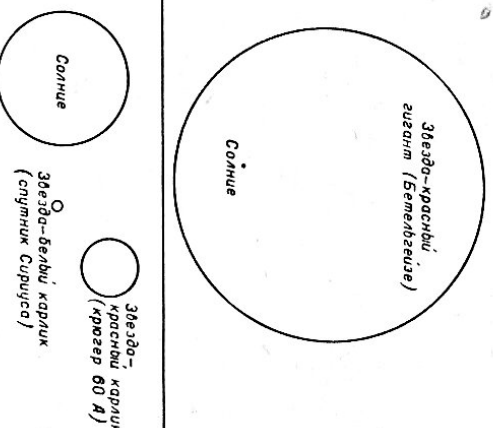


Рис. 107. Сравнительные размеры Солнца, звезд-гигантов и звезд-карликов.

Чем звёзды меньше, тем в большем числе они встречаются в мировом пространстве, красные же звёзды-гиганты попадают очень редко. По своим размерам Солнце является рядовой звездой, не особенно большой, но и не очень маленькой.

§ 121. Белые звёзды-карлики. Существуют звёзды, которые по своей светимости принадлежат к звёздам-карликам, но имеют белый цвет и высокую температуру. По своим размерам белые звёзды-карлики являются наименьшими из звёзд. Их размеры сравнимы с размерами планет, а иногда бывают даже меньше размеров Земли. Примером белого карлика является спутник Сирнуса. Эта слабая звезда мером белого карлика, подобно планете, однако её масса почти обращается около Сирнуса, поэтому планета, однако её масса почти равна массе Солнца, и она излучает собственный свет.

Средняя плотность белых звёзд-карликов необычайно высока: она в тысячи раз превосходит плотность воды. Плотность одной белой звёзды-карлика так велика, что если бы её веществом наполнить наперсток, он смог бы уравновесить паровоз (плотность  $5 \cdot 10^7 \text{ г/см}^3$ ). На Земле мы не знаем веществ, которые имели бы такую чудовищно большую плотность. Между тем белые карлики состоят из атомов тех же самых химических элементов, из которых состоит Земля. Решение этой загадки даёт знание строения атомов вещества и физических условий внутри звёзд.

Атомы химических элементов являются сложными системами, состоящими из ядер с обрастающими вокруг них электронами. Почти вся масса атома сосредоточена в его ядре, а размер атома определяется размерами орбиты электрона, наиболее далёкого от ядра. Эти размеры атомов определяют предел, до которого могут быть сближены атомы действием давления. В недрах белых звёзд-карликов господствуют чудовищно высокие температуры и давления. Под действием высокой температуры электроны отрываются от своих атомов, и от последних остаются только их ядра, размеры которых очень малы в сравнении с размерами орбит электронов. Поэтому под действием огромных давлений уменьшение в размерах атомов могут быть сближены гораздо сильнее, в результате чего получается чрезвычайно плотное вещество. На Земле нет ни столь высоких температур, ни столь высоких давлений, которые могли бы привести вещество в такое состояние. На примере изучения белых звёзд-карликов мы видим, как астрономия обогащает наши физические знания в области строения вещества.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое светимость звёзд?
2. В чём состоит сходство звёзд с Солнцем и чем многие от него отличаются?
3. Что выражает собой величина годичного параллакса?
4. Что такое парсек и световой год?
5. Каким звёздам является ближайшей к нам, каковы её параллакс и расстояние до неё в парсеках и в световых годах?
6. Какой есть ещё способ определить расстояние до некоторых типов звёзд?
7. Как различаются цвета и температуры разных звёзд? Какова связь между ними?
8. Что известно о химическом составе звёзд? Почему спектры разных звёзд различны?
9. Как вычисляют размеры звёзд?
10. Какие звёзды причисляются к карликам и какие к гигантам?

11. Опишите, каковы цвет, температура, размеры и плотность у самых больших и у самых маленьких звёзд?
12. Каково место нашего Солнца в ряду других звёзд с точки зрения его размеров и силы света?
13. Какие звёзды называются белыми карликами и в чём состоит особенность их физического строения?

§ 122. Двойные звёзды и их массы. Многие звёзды образуют системы двух звёзд, обращающихся около их общего центра тяжести под действием взаимного тяготения. Такие звёзды называются физически-двойными. Для невооружённого глаза такие звёзды сливаются вместе, и мы их видим как одну звезду. Только в телескоп, а иногда лишь с помощью спектрального анализа можно установить, что данная звезда — двойная.

Иногда случается, что две звёзды, находящиеся далеко одна от другой, не будучи связаны взаимным тяготением, видимы почти по одному и тому же направлению, так что для невооружённого глаза сливаются в одну звезду. Такие звёзды называются оптически-двойными.

Физически-двойные звёзды обращаются одна около другой с различными периодами и на разных расстояниях. Вообще говоря, чем ближе звёзды одна к другой, тем короче периоды их обращений, измеряющиеся у некоторых звёзд часами, у других же — столетиями.

В телескоп видны как двойные те звёзды, периоды обращения которых составляют обычно несколько десятков лет или больше, а истинные расстояния между ними превосходят расстояние от Земли до Солнца.

Часто из двух звёзд одна бывает одного цвета (например жёлтая или красная), а другая — другого (например белая или голубоватая). Рассматривать их в телескоп очень интересно.

Представьте себе, как должно меняться освещение на планетах, обращающихся около таких двойных звёзд, когда над горизонтом восходит то красное, то голубое солнце, то оба солнца вместе.

Множество двойных звёзд было открыто русским учёным В. Я. Струве и его сыном О. В. Струве.

Иногда встречаются системы, состоящие не из двух, а из трёх или даже четырёх звёзд. Это так называемые кратные звёзды.

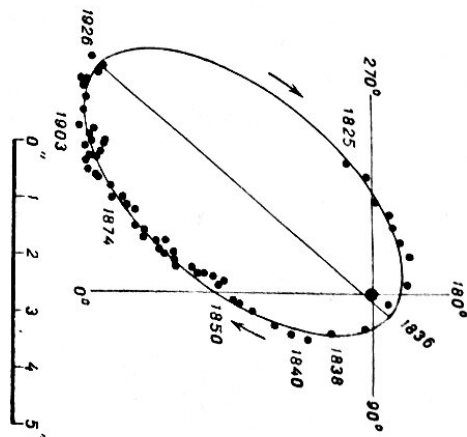


Рис. 108. Орбита спутника двойной звезды (гамма Девы) относительно главной звезды.

(Отмечены некоторые положения на орбите в соответствующие годы. Разорванность точек вызвана погрешностями наблюдений.)

Изучение движения двойных звёзд позволяет определить их массы на основе третьего закона Кеплера.

Установлено, что *массы звезд-гигантов больше, чем массы звезд-карликов*, но различия эти не очень велики. Массы самых тяжёлых звёзд раз в 10 больше массы Солнца, а массы самых лёгких в несколько раз меньше массы Солнца. Следовательно, по своей массе Солнце является средней звездой.

Мы видим, что с точки зрения всех физических признаков — цвета, спектра, размеров, температуры и массы — Солнце является рядовой звездой, ничем особым не выделяющейся. Когда масса и диаметр звезды известны, нетрудно подсчитать её среднюю плотность по формуле

$$D = \frac{m}{v^3},$$

где  $m$  — масса звезды, а  $v$  — её объём. Таким способом и были определены плотности звёзд, упоминавшиеся в предыдущих параграфах. Интересно отметить, что звёзд, т. е. самосветящихся небесных тел с очень маленькой массой (такого порядка, как масса Земли), до сих пор не обнаружено.

**§ 123. Спектрально-двойные и затменно-двойные звёзды.** Иногда две звезды при своём взаимном обращении бывают так близки одна к другой, что даже в самый сильный телескоп их нельзя видеть раздельно. В этом случае часто приходится спектральный анализ. Спектры таких двойных звёзд накладываются друг на друга. А так как по времени при своём обращении по орбите обе звезды движутся по отношению к нам в разные стороны, то линии их спектров смещаются в противоположные стороны. Спектральные линии раздвигаются. Величина их смещения периодически меняется, так как, обращаясь по орбите, каждая звезда то приближается к нам, то удаляется от нас. Звёзды, двойственность которых обнаруживается лишь спектральным анализом, называются спектрально-двойными. Важнейшие открытия и исследование спектрально-двойных звёзд были сделаны советскими академиками А. А. Белопольским и Г. А. Шайном.

В некоторых случаях, когда плоскость орбиты двойной звезды проходит как раз через линию, по которой мы на неё смотрим, одна звезда периодически затмевается другой. Поэтому наблюдаемый нами суммарный свет такой системы двух звёзд по временам периодически же изменяется. При этом одна звезда может быть более яркой, другая — менее. Звёзды, яркость которых периодически меняется, вследствие того, что они двойные и одна из звёзд периодически загораживается другой, называются затменно-двойными звёздами. Иногда их называют ещё затменно-переменными звёздами, или алголами, так как типичной звездой такого рода является в Персее, названная арабами Алголем.

Алголь в переводе на русский язык означает «звезда льва». Так её прозвали арабы, замечавшие изменения её блеска, но не знавшие, чем это объяснить. Изменения блеска Алголя, типичные для подобных звёзд, представлены кривой (рис. 109). В течение большей

части времени звезда сохраняет постоянный блеск, пока нет затмения. С началом затмения блеск начинает быстро падать, достигает минимума в середине затмения и потом снова возрастает. Если две звезды такой системы имеют неодинаковые яркости или размеры, то на кривой блеска замечаются два периода падения блеска: в одном из них свет ослабляется больше, в другом — меньше.

Подробное изучение подобных кривых блеска, особенно успешно проводимое советскими астрономами в Пулкове, в Казани и в Одессе (В. А. Крат, Д. Я. Мартынов, В. П. Песевич и др.), приводит к установлению многих фактов, характеризующих данную кратную систему. Советский академик Г. А. Шайн, подробно изучивший двойные звёзды, открыл, что они вращаются вокруг своих осей подобно Солнцу.

**\* § 124. Определение масс двойных звёзд.** Если расстояние до

двойной звезды известно, можно определить в километрах  $A$  — длину большой полуоси орбиты меньшей звезды относительно большей, а период обращения её  $P$  определяется прямо из наблюдений. Тогда, сравнив движение двойной звезды с движением Земли около Солнца, мы можем на основании уточнённого третьего закона Кеплера написать:

$$\frac{P^2(m_1 + m_2)}{1^2(M + m)} = \frac{A^3}{1^3},$$

где  $P$  — период обращения двойной звезды в годах,  $A$  — большая полуось её орбиты в астрономических единицах, а  $m_1$  и  $m_2$  — массы этих звёзд.  $M$  — масса Солнца, а  $m$  — масса Земли, который, по сравнению с массой Солнца, можно пренебречь. Тогда из этой формулы найдётся сумма масс обеих звёзд, выраженная в массах Солнца:

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{P^2} M.$$

Зная же из наблюдений расстояние обеих звёзд от общего центра тяжести, можно определить массу каждой из звёзд в отдельности.

**§ 125. Физически-переменные звёзды.** Мы видели выше, что бывают звёзды, изменение блеска которых является кажущимся и происходит вследствие геометрической причины — затмений. Количество энергии, излучаемой этими звёздами, в действительности не меняется. Наряду с этим существуют звёзды, энергия излучения которых колеблется. Звёзды, называемые физически-переменными, изменяют в действительности количество излучаемой ими энергии вследствие физических причин.

Существует несколько различных типов физически-переменных звезд, отличающихся как кривыми изменения блеска, так и другими физическими признаками.

Прежде всего физически-переменные звезды разделяются на *периодические* и *неправильные*. У первых изменения блеска происходят на

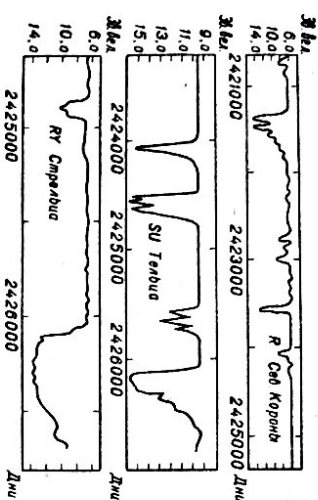


Рис. 110. Кривые изменения блеска неправильных переменных звезд.

звезд являются красными гигантами; к ним принадлежат Бетельгейзе и Антарес.

Кривые изменений блеска некоторых неправильных переменных звезд представлены на рисунке 110. Причины изменения их блеска еще мало изучены.

Среди периодических переменных звезд выделяются *цефеиды*.

Свое название *цефеиды* получили от типичной звезды этого рода —  $\delta$  (дельта) Цефея, кривая изменения блеска которой представлена на рисунке 111. Периоды разных звезд этого типа колеблются от нескольких часов до нескольких десятков дней. Их блеск возрастает быстрее, чем спадает. Самые изменения блеска составляют около одной звездной величины. Полностью несколько изменяется цвет и температура цефеид. Причина изменения их блеска состоит в периодической пульсации, т. е. в расширениях и сжатиях звезд, сопровождаемых изменениями температуры. Эти колебания изменяют величину светящейся поверхности и количество энергии, излучаемой единицей поверхности, а их произведение и определяет, как мы уже знаем, светимость звезд.

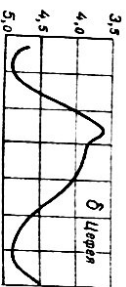


Рис. 111. Кривая изменения блеска  $\delta$  (дельта) Цефея.

*Долгопериодические* переменные звезды имеют периоды, составляющие несколько сот дней, и колеблются в блеске в пределах нескольких звездных величин. Например, звезда  $\alpha$  (омикрон) Кита, называемая также Улитчатой, или Дивной (по-латыни — Мира), в максимумах блеска бывает около третьей звездной величины, а в минимуме ослабевает до девятой величины, когда её можно видеть лишь в телескоп. Долгопе-

риодические переменные звезды являются красными гигантами, и причина их переменности та же, что у цефеид, но все эти явления происходят у них замедленно и с меньшей правильностью.

**§ 126. Новые звезды.** Изредка наблюдается, что в каком-либо месте неба вдруг вспыхивала звезда, которой типа прежде не видели, и потом, ослабевая, она снова скрывалась из вида. Такие звезды называли *новыми*. Позднее выяснилось, что в действительности такие

звезды — не новые: они существовали и раньше, как очень слабые звезды, но по какой-то причине внезапно усиливались в блеске в десятки тысяч раз. После своей кратковременной вспышки подобная звезда возвращается к своей первоначальной яркости. Таким образом, *новыми звездами называются такие, которые внезапно усиливаются в блеске в несколько десятков тысяч раз и затем постепенно возвращаются к прежнему блеску*. Например, новая звезда в созвездии Орла до и после вспышки была  $10\frac{1}{2}$  величины, но в течение нескольких дней 1918 г. она сияла, как звезда первой величины.

Всестороннее изучение новых звезд показало, что причиной увеличения их блеска является внезапное вздутие их поверхности. Атмосфера звезд, имевшая размер того же порядка, что и Солнце, в течение нескольких часов вздувается как пузырь, и её диаметр становится больше диаметра земной орбиты. Причиной вздутия являются какие-то взрывы, происходящие внутри звезд. Наше Солнце взрывается таким образом не может, потому что, согласно исследованиям московских астрономов П. П. Паренато, Б. В. Кукаркина и Б. А. Воронцова-Вельяминова, взрываются лишь очень горячие звезды определенных типов, к которым Солнце не принадлежит.

В момент наибольшего блеска и вздутия атмосфера звезд от неё отделяется: стремительно расширяясь, она несётся во все стороны от звезд со скоростью нескольких сот километров в секунду и в конце концов рассеивается в мировом пространстве. Одновременно сама звезда начинает сжиматься всё больше и больше и хотя разогревается до 50—80 тысяч градусов на поверхности, яркость её всё-таки ослабевает вследствие уменьшения размеров. Благодаря успехам советской науки в исследованиях переменных и новых звезд, по международному соглашению московским учёным поручено возглавить все исследования в этих двух областях.

**§ 127. Движения звезд.** Взаимные положения звезд на небе представляются совершенно неизменными даже на протяжении многих веков. В действительности все звезды, в том числе и наше Солнце, движутся и притом с огромными скоростями — в десятки и сотни километров в секунду. Но вследствие чрезвычайно больших расстояний до звезд изменения их положений, видимых с Земли, происходят очень медленно.

*Обнаружить и изучить движения звезд можно двумя путями — при помощи спектрального анализа и при помощи измерения смещений звезд на небесной сфере.*

Когда звезда движется к нам или от нас, это обнаруживается по смещению линий в её спектре, согласно принципу Доплера-Физо. Эта

скорость определяется прямо в километрах в секунду по величине смещения линий в спектре.

Та часть скорости движения звезд, которая направлена перпендикулярно к линии, по которой мы смотрим на звезду, спектральным анализом не обнаруживается, так как при этом движении звезда к нам не приближается и не удаляется от нас. Эту часть скорости движения звезд можно определить по смещению звезд на небесной сфере. Измеряется она в секундах дуги в год, но если расстояние до звезд известно, то её можно выразить и в километрах в секунду.

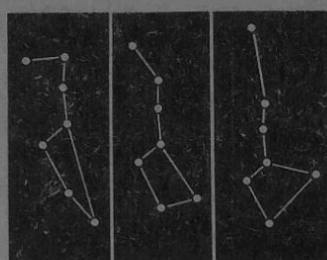


Рис. 112. Изменение положения семи звезд Большой Медведицы вследствие их собственных движений.

Вверху — 50 тыс. лет назад, в середине — в настоящее время, внизу — через 50 тыс. лет.

ших и очень различных той. Поэтому нельзя даже ставить вопрос о том, «когда мы долетим до этих созвездий и что тогда будет».

По мере приближения к звездам созвездий Лирь и Геркулеса, они расступаются перед нами, как деревья при приближении к лесу, кажутся издали сплошной стеной. Очертания этих созвездий в дальнейшем совершенно неменяются, и соседями Солнца станут другие звезды, но расстояния до них останутся попрежнему чрезвычайно большими. О столкновении с какой-либо звездой не может быть и речи ввиду громадности расстояний, отделяющих звезды одну от другой. Столкновение звезд так же мало вероятно, как столкновение двух пылинки, плавающих в разных концах большого зала театра или клубы.

### Вопросы для самопроверки

1. В чём состоит различие между оптически-двойными и физически-двойными звездами?
2. Как двойственность некоторых звезд можно обнаружить по спектру? Как такие звезды называются?

3. Что такое затменно-двойные звезды? Каков характер изменения их блеска с течением времени? Назовите типичную звезду такого рода.
4. Объясните причину изменения блеска таких звезд и сопоставьте видимость распределение звезд друг относительно друга с различными частями кривой их суммарного блеска.
- \* 5. Как определяются массы звезд? Сравните их с массой Солнца.
6. Как различаются массы звезд?
7. Какие звезды называются физически-переменными?
- \* 8. Опишите изменения блеска разных типов переменных звезд и поясните их кривыми.
- \* 9. Чем объясняются изменения блеска таких звезд?
10. Какие звезды называются новыми и что происходит с ними при их вспышке?
11. Какими двумя способами изучаются движения звезд?
12. Куда и с какой скоростью движется солнечная система?

### ЗВЕЗДНЫЕ СИСТЕМЫ И ТУМАННОСТИ

§ 128. Звездные скопления. В некоторых местах неба в телескоп, а кое-где даже и просто глазом можно разглядеть тесные кучки звезд, или *звездные скопления*. Они бывают двух типов: *рассеянные* и *шаровые*.



Рис. 113. Рассеянное звездное скопление — Плеяды.



Рис. 114. Фотошпиль шарового звездного скопления в Геркулесе.

В рассеянных звездных скоплениях несколько сот или тысяч звезд в беспорядке разбросаны на маленьком участке неба. Все эти звезды действительно близки одна к другой в пространстве и связаны взаимным тяготением.

Шаровые звездные скопления содержат сотни тысяч звезд, сгруппированных к центру скопления, имеющего форму шара. Звезды этих скоплений также связаны взаимным тяготением, и чем ближе к

центру скопления, тем ближе одна к другой в пространстве расположены там звёзды. Размеры шаровых скоплений во много раз больше размеров рассеянных звёздных скоплений, но так как шаровые скопления от нас гораздо дальше, то строение их можно различить лишь в сильный телескоп.

Типичным рассеянным звёздным скоплением является звёздная куча Плеяды в созвездии Тельца, называемая у нас в народе Стожарами. Просто глазом в этой кучке видно шесть звёзд, в бинокль — несколько десятков, а в телескоп — всё поле зрения усыпано звёздами.

Типичная шаровая звёздная куча находится в созвездии Геркулеса, но в бинокль или слабый телескоп она выглядит как туманная звезда. Лишь сильный телескоп показывает, что это тесная шаровая куча, состоящая из сотен тысяч звёзд. Поперечник такого звёздного скопления составляет около сотни парсеков, тогда как диаметры рассеянных звёздных скоплений, например Плеяд, измерятся всего лишь несколькими парсеками.

**§ 129. Млечный Путь.** Название Млечного Пути носит светлая серпистая полоса, видимая на звёздном небе в ясную, темную ночь. Он опоясывает всё небо как гигантский обруч. В одних местах он шире, в других уже, в одних слабее, в других — ярче, и ярче всего он в созвездии Стрельца. В поясе Млечного Пути находятся созвездия Персей, Кассиопея, Орёл, Лира, Лебедь, Скорпион и др.

В телескоп, а в особенности на фотоснимках, видно, что Млечный Путь состоит из громадного скопления чрезвычайно слабых звёзд. Однако и более ярких звёзд на небе тем больше, чем ближе к поясу Млечного Пути. В свою очередь, чем слабее звёзды, т. е. чем они дальше от нас, тем сильнее их скучивание к поясу Млечного Пути.

Это показывает, что в пространстве звёзды распределены неравномерно и что протяжение звёздной системы в разные стороны неодинаково. Оно больше в ту сторону, где видны более слабые звёзды (т. е. более далёкие) и в большем числе, т. е. в плоскости Млечного Пути. Из того, что Млечный Путь представляется почти в точности большим кругом небесной сферы, мы заключаем, что вся наша звёздная система вытянута в плоскости Млечного Пути, и мы находимся вблизи этой плоскости.

**§ 130. Наша звёздная система — Галактика.** Изучение распределения звёзд в пространстве показало, что вся совокупность звёзд, образующих созвездия, и все звёзды Млечного Пути образуют единую, гигантскую звёздную систему, называемую Галактикой. В состав Галактики входят также рассеянные и шаровые звёздные скопления. Однако последние разбросаны исключительно вдоль окраин Галактики, на её границе, в то время как рассеянные скопления перемешаны с отдельными звёздами и встречаются во всей толще Галактики. В общей сложности Галактику образуют несколько десятков миллиардов звёзд, одной из которых является наше Солнце. Общим расположением звёзд Галактика напоминает форму линзы или чечевицы.

Если бы мы могли посмотреть на неё с ребра, то увидели бы её в форме веретена, как это схематически изображено на рисунке 117.

Если же мы смотрели бы на неё «сверху» или «снизу», то она, грубо говоря, представлялась бы нам круглой.

Звёзды Галактики скучиваются к плоскости её симметрии и к её центру. Во всей массе этих звёзд существуют, однако, гигантские сту-



Рис. 115. Часть Млечного Пути, видимая невооружённым глазом.

шения, как бы облака, состоящие из звёзд, а внутри этих облаков есть более мелкие ступени — это звёздные скопления.

Из сравнения нашей Галактики с другими звёздными системами, описанными в следующем параграфе, надо предполагать, что она имеет, кроме того, спиральное строение. Облака звёзд расположены вдоль рукавов спиралей, выходящих из центра Галактики.

Наша солнечная система расположена внутри Галактики. Поэтому, глядя изнутри, мы видим Галактику совсем не такой, как это было бы только что описано и как её видели бы наблюдатель, находящийся где-либо далеко, вне её пределов. Солнечная система расположена вблизи



Рис. 116. Фотоснимок участка Млечного Пути в телескоп.

плоскости Галактики, и потому, глядя в любую сторону в этой плоскости, наш взор пронизывает наибольшую толщину звёзд по направлению протяжению Галактики. Тут наш взор встречает множество далёких звёзд, казущихся очень слабыми и сливающимися поэтому для невооружённого глаза в сплошную туманную полосу.

Вместе с тем солнечная система находится в стороне от центра Галактики, находящегося в направлении созвездия Стрельца. Самые яркие звёздные облака, видимые в созвездии Стрельца, и образуют центр Галактики. От нас до центра 10 000 парсеков, а *поперечник Галактики составляет 30 000 парсеков*, т. е. свет от одного её края до другого идёт около 100 000 лет.

Вся Галактика совершает вращательное движение вокруг оси, перпендикулярной к её плоскости, называемой поэтому плоскостью её экватора. Она вращается около одного центра тяжести всей звёздной системы, вблизи которого имеется множество массивных звёзд. Солнечная система участвует в этом общем движении и, несясь по своей орбите со скоростью около 250 км/сек, завершает одно обращение вокруг центра Галактики приблизительно за 200 млн. лет.

Движение же солнечной системы со скоростью 20 км/сек, описанное ранее, есть движение её по отношению к звёздам того звёздного облака, в состав которого она входит.

**§ 131. Другие звёздные системы — галактики.** Установлено, что наша Галактика — не единственная звёздная система. Существует множество других подобных ей звёздных систем, называемых галактиками. Ближайшей к нам галактикой является спиральная туманность в созвездии Андромеды (рис. 118). Называется она так потому, что для невооружённого глаза и даже в телескоп представляется в виде туманного пятна. Фотография обнаруживает, однако, что в действительности — это огромное скопление звёзд, сплюснутых к центру и расположенных вдоль рукавов или ветвей спиральной формы, выходящих из этого центрального сгущения. Спиральные ветви закручиваются вокруг ядра.

Так как эту туманность мы видим в некотором ракурсе (под углом к её оси), то она имеет вытянутую форму. Другая подобная же туманность в созвездии Гончих Псов (рис. 119) расположена иначе, и её спиральные ветви мы видим в неискажённой форме. Некоторые галактики мы видим с ребра, и поэтому они, будучи, вероятно, также спирального строения, имеют форму веретена с намотанными на него нитками (рис. 120). Такие объекты называют веретенообразными туманностями. Все такие виды должны иметь наша Галактика, рассматриваемая под разными углами с большого расстояния.

*Большинство галактик имеют спиральное строение, почему они и носят ещё название спиральных туманностей. Другое их общее название — внегалактические туманности.*



Рис. 117. Схема строения Галактики.



Рис. 118. Большая спиральная туманность в созвездии Андромеды.

Вспомним, что даже гораздо более близкие к нам звезды системы Млечного Пути сливаются для невооруженного глаза в сплошную светящуюся туманную полосу. Естественно, что и эти далекие от нас звездные системы представляются нам в виде туманностей.

Туманность Андромеды — одна из ближайших к нам галактик — отстоит от нас более, чем на 200 000 парсеков, т. е. свет её до-

стигает нас почти через миллион лет. Самые далекие из галактик, фотографируемых сейчас с помощью величайшего в мире телескопа, отстоят от нас на расстояниях в миллиарды световых лет.

Размеры галактик и число составляющих их звезд примерно таково же, как и у нашей Галактики, хотя последние принадлежат к наиболее крупным звездным системам. На краях некоторых галактик обнаружены шаровые звездные скопления, подобные нашим, а среди звезд, составляющих эти звездные системы, встречаются и цефеиды, и долгопериодические переменные, и новые звезды. Все эти галактики вращаются вокруг своих осей подобно нашей Галактике.

### § 132. Светлые туманности. Кроме туманностей, оказывающихся на деле далекими звездными системами, тут и там можно видеть туманные пятна — туманности Млечного Пути, которые состоят не из звезд, а из крайне разреженного вещества.

Такие светлые туманности по своему виду делятся на диффузные (размытые, клячковатой формы) и планетарные туманности (маленькие, округлой формы).

В центре планетарных туманностей (рис. 121) всегда находится слабая звездочка, а сама туманность имеет вид кружка или колечка. Примером таких планетарных туманностей является туманность в созвездии Лир, видимая уже в небольшой телескоп. Она напоминает своим видом колечко дыма, пыльное искусным курильщиком.



Рис. 120. Спиральная туманность, видимая с ребра.

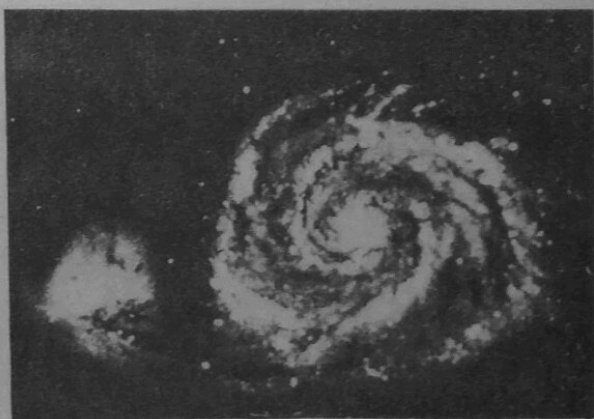


Рис. 119. Спиральная туманность в созвездии Гончих Псов.

Надо заметить, что планетарные туманности никакого отношения к планетам не имеют и своё название получили оттого, что в телескоп их вид напоминает планетные диски.

Примером диффузной туманности является туманность в созвездии Ориона (рис. 122), хорошо видимая уже в сильный бинокль. При ярком свете Луны туманности, конечно, не видны. Лучше всего их строение вырисовывается на фотографиях.

Спектральный анализ обнаружил, что некоторые светлые туманности (в том числе все планетарные) состоят из крайне разреженного, холодного газа. Этот газ светится под действием света наиболее горячих звёзд, которые газ этот окружает. Но это не простое отражение света.

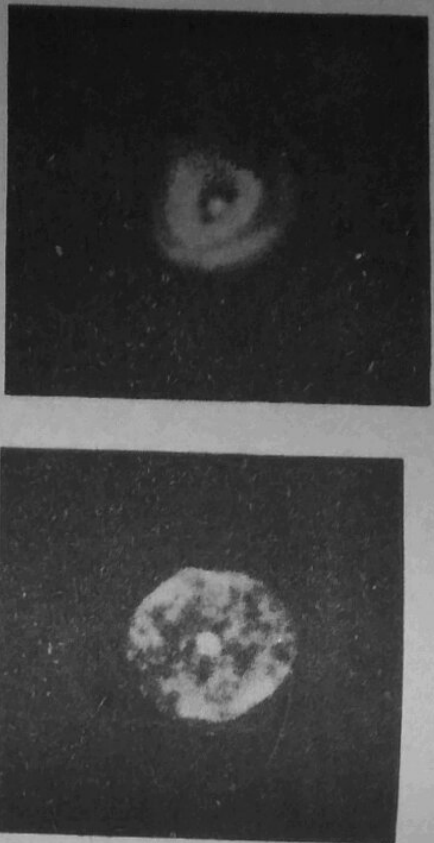


Рис. 121. Планетарные туманности.

До некоторой степени это свечение подобно свечению газа в гейслеровской трубке под действием электрического разряда.

Другие светлые туманности состоят из скопленный пыли, светящейся отражённым светом какой-либо близкой к ним звезды, обладающей достаточной светимостью. Существуют туманности, состоящие и из смеси пыли и газов, среди которых преобладают водород, кислород, гелий и азот.

Размеры планетарных туманностей редко превосходят один парсек, а размеры диффузных до сотни парсеков. Как те, так и другие наряду со звёздами входят в состав нашей Галактики и других галактик, отчего они называются общими именем — галактические туманности.

**§ 133. Тёмные туманности.** Наряду со светлыми в поясе Млечного Пути *наблюдаются тёмные туманности в виде чёрных пятен на сияющем фоне Млечного Пути* (рис. 123). В южном полушарии неба два особенно чёрных пятна в Млечном Пути получили даже название «угловых мешков».

Исследования показали, что в каждом таком случае мы имеем дело не с какой-то дырой в толще звёзд Млечного Пути, а с гигантскими облаком пыли, затормаживающим от нас свет далёких звёзд. Такое облако действует подобно экрану или занавесу. На его фоне видны только те звёзды, которые находятся к нам ближе, чем облако. Большая часть



Рис. 122. Большая светлая диффузная туманность в созвездии Ориона.

тёмных туманностей скупивается в экваториальной плоскости Галактики. Поглощением света такими туманностями объясняются и тёмные полосы, наблюдаемые вдоль рёбер веретенообразных туманностей, т. е. галактик, видимых нами в их экваториальной плоскости (рис. 120).

Тёмные туманности являются также галактическими образованиями, как и светлые, описанные в предыдущем параграфе. Они входят в состав нашей Галактики и других галактик.

Советские учёные В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горделадзе доказали,



область иного мира — мира нематериального, сверхчувственного и якобы непоказанного. В этом противопоставлении двух миров заключается основа всякого религиозного, идеалистического мировоззрения.

Передовая материалистическая наука исходит из глубокого убеждения в том, что мир — един, что единство его заключается в материальности всего существующего и что вследствие этого он вполне доступен познанию нашими чувствами. В мире нет ничего непознаваемого, сверхъестественного.

Новые научные открытия всякий раз подтверждают эти основные положения.

Было время, когда все светила считали расположенными на небесных сферах на расстоянии нескольких тысяч километров от Земли. Потом установили, что даже до Солнца расстояние составляет 150 млн. км, и приняли это расстояние за астрономическую единицу длины. Позднее выяснили и расстояния до ближайших звезд и ввели новую, еще большую единицу — парсек. Некоторые исследователи предполагали, что Млечный Путь исчерпывает собой всю вселенную. Было, наконец, установлено, что спиральные туманные пытки — это другие звездные системы, расположенные на расстояниях в сотни тысяч и в миллионы парсеков. Это побудило ввести еще больше единицы расстояний — килопарсек, равный тысяче парсеков, и мегапарсек, равный миллиону парсеков.

По мере увеличения мощи телескопов и усовершенствования методов исследования открываются все более и более далекие от нас миры, и мы убеждаемся в том, что *вселенная и безгранична, и бесконечна*. В какую бы сторону мы ни двинулись, мы никогда не дошли бы до конца и должны встречать все новые и новые миры, находящиеся в состоянии непрерывного движения и изменения. Но если вселенная бесконечна в пространстве, как убеждает нас в этом опыт, то, очевидно, она должна быть бесконечна и во времени, т. е. *вселенная всегда должна была существовать и всегда будет существовать, хотя ее строение может при этом изменяться*.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие есть типы звездных скоплений и чем они различаются? Назовите примеры их.
2. Что такое Галактика и каково ее строение?
3. Каковы размеры Галактики, ее форма и место, занимаемое в ней солнечной системой?
4. В каком созвездии виден от нас центр Галактики и как вокруг него обрывается солнечная система?
5. Чем объясняется существование картины Млечного Пути в виде кольца, опоясывающего всё небо?
6. Известны ли звездные системы, подобные Галактике? Какой у них вид и как их называют? Приведите примеры их и опишите их.
7. На каком расстоянии от нас и в каком созвездии видна ближайшая к нам звездная система, подобная нашей?
8. Какой вид имеют и как называются светлые туманности?
9. Из чего они состоят и почему светятся?
10. Что такое темные туманности?
11. Что известно о межзвездной среде и какое действие она оказывает на свет и цвет далеких звезд?
12. Приведите соображения в пользу бесконечности вселенной.

## ГЛАВА VII

### ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

**§ 136. Постановка вопроса о происхождении небесных тел.**  
Вопрос о том, как произошла Земля и небесные светила, интересует человечество с самых первых ступеней его сознательной жизни. С этим вопросом люди в древности обращались к жрецам — служителям культа, которые, как верующим казались, постигли все тайны бытия. Однако жрецы не располагали никакими научными данными не только о происхождении небесных тел, но даже о природе, об устройстве этих тел. С другой стороны, жрецы насаждали религию, потягивая к богам и к своей касте. Поэтому они и сами не могли подогнать вопрос и к своей касте. Жрецы распространяли легенды о том, что бог оставил без ответа. Жрецы распространяли легенды о том, что бог или боги (в зависимости от религии данного народа) сотворили, создали мир по своему желанию.

Одной из таких легенд является рассказ о сотворении мира богом в шесть дней. Он приводится в Библии — священной книге иудеев и христиан, записанной будто бы со слов бога, но в действительности он заимствован древними евреями у вавилонских жрецов. В этом рассказе много прямых противоречий и нестыковок. Так, например, там говорится, что сначала бог «создал свет» и «отделил его от тьмы», а потом лишь на четвертый день создал Солнце, Луну и звезды. Это грубое заблуждение основано на незнании древними народами простой истины, что всякий свет должен иметь источник. До образования Солнца и других светил никакого света вообще не могло быть, не могло быть и дней, которыми в легенде измеряется продолжительность творения мира. Эти легенды вообще противостоят основным данным науки. Их ошибочность прежде всего в том, что мир якобы был создан из ничего.

Из опыта хорошо известно, что из ничего ничто возникнуть не может, что материя вечна, не создаема и не уничтожаема и что возможны лишь переходы материи из одного вида и состояния в другие. Точно так же не уничтожаемо и движение материи, вечно присущая ей энергия. Энергия существует извечно и лишь меняет свои формы и формы. Известно, например, что теплота — это скрытый вид движения; частички вещества совершают невидимые глазом движения внутри тела. Закон сохранения вещества и закон сохранения энергии, впервые найденные и в ясной форме сформулированные в 1748 году Ломоносовым, лежат в основе научных заключений о происхождении миров.

Религиозные легенды о сотворении мира богом, изображаемые как "божественные откровения" и потому не подлежащие критике, задерживали развитие науки. Они и сейчас играют глубоко реакционную роль. Нетрудно сообразить, что ссылка на сотворение мира богом вообще ничего не объясняет и лишь заменяет одно непонятное другим непонятным. С другой стороны, зная, что материя и её движение неуничтожаемы, мы вообще не должны ставить вопрос о происхождении мира в целом. Такой вопрос лишён смысла. Можно ставить вопрос только о происхождении отдельных небесных тел: Земли, Солнца, звёздных систем, потому что вещества, из которых они состоят, и движения, которым они подвержены, должны были существовать и раньше, но в другой форме. Возникнув, всякое небесное тело, как и всё в природе, не остаётся таким неизменно, а развивается, т. е. видоизменяется. Таким образом, происхождение, образование небесных тел и их развитие тесно связаны между собой.

*Раздел астрономии, занимающийся вопросами происхождения и развития небесных тел, называется космогонией.*

**§ 137. Трудности изучения и развития небесных тел.** Изучение развития небесных тел сталкивается с громадными трудностями. Эти трудности состоят главным образом в том, что развитие небесных тел протекает чрезвычайно медленно, так медленно, что в сравнении с ним не только длительность человеческой жизни, но даже всё время существования человечества на Земле (около миллиона лет) является только кратким мигом. За время же научных наблюдений небесные светила тем более не успевают сколько-нибудь заметно измениться.

С другой стороны, решить вопрос о происхождении и развитии многочисленных небесных тел и их систем, часто весьма непохожих друг на друга, нельзя без точного знания физической природы небесных тел и точного знания законов природы и действия их в каждом отдельном случае.

Но в противоположность религии, которая приписывает всё богу и утверждает, что мир непознаваем, что люди никогда его не постигнут, наука изучает вселенную шаг за шагом. Наука строго разграничивает твёрдо известное от предполагаемого и предполагаемое от ещё не известного.

В этом и состоит сила науки, движение которой вперёд постепенно делает предполагаемое твёрдо установленным, а вместо неизвестного позволяет выставить предполагаемое. Этим наука постоянно доказывает возможность познания природы и всё большую точность этого познания, хотя ни в какой момент все наши знания и не могут быть абсолютно точными. Развитие науки уточняет наши ранее существовавшие представления. Если те или иные научные представления приходились иногда заменять новыми, то это как раз доказывает силу науки, а не её слабость, так как новые представления оказываются из них всегда так или иначе связанными с старыми. Смена научных представлений — это как бы восхождение к вершинам знания по ступенкам лестницы.

Например, из кажущегося противоречия в движении Урана с законом всемирного тяготения, как мы знаем, возникло предположение о существовании планеты за Ураном, а затем была открыта неизвестная до того планета Нептун.

Наука объясняет происхождение и описывает развитие различных небесных тел с помощью гипотез, т. е. научных предположений. История показывает, что с развитием науки одни гипотезы иногда приходилось заменять другими, но новые гипотезы оказывались ближе к истине, так как они возникали в результате углубления научных знаний.

Роль гипотез в науке очень велика. Фридрих Энгельс, называя гипотезу "формой развития естествознания", подчеркнул, что без гипотез "мы не получили бы никогда закона".

Гипотезы вызывают новые и новые теоретические исследования, ведущие к новым открытиям в науке. Некоторые гипотезы, как, например, широко известные гипотезы Канта и Лапласа о происхождении нашей солнечной системы, сыграли огромную роль во всём развитии науки.

*Гипотезы, или научные предположения, отличающиеся от простых предположений тем, что они основываются на всей совокупности наших знаний в данный момент и должны удовлетворять множеству научных требований.* Поэтому научную гипотезу в наше время создать не так просто, как это иногда думают. В основе каждой из принятых гипотез лежит глубокое знание ряда наук, хотя при общедоступном их изложении, как, например, в данном учебнике, эти гипотезы и кажутся на первый взгляд совсем простыми или легко поддающимися проверке.

**§ 138. Возраст небесных тел** (т. е. время, протекавшее со времени их образования до настоящего момента) очень велик, и в сравнении с ним человеческая жизнь и возраст науки на Земле — лишь краткий миг. Об этом можно догадаться уже по тому, как медленно, хотя и непрерывно, изменяется поверхность нашей Земли, по тому, что за время существования человечества энергии, издаваемая Солнцем, заметно не изменилась и т. д.

Время, протекавшее с момента образования Земли, т. е. её возраст, в настоящее время поддается учёту, как это не кажется на первый взгляд невероятным, и для этого существует даже несколько способов.

Самый точный из них состоит в следующем.

Известно, что атомы так называемых радиоактивных химических элементов, как, например, радия, урана, тория и других, распадаются самопроизвольно, превращаясь в атомы других химических элементов. Уран образует радий, а радий, распадаясь в свою очередь, превращается в конце концов в свинец, который дальше уже не распадается, а так и остаётся свинцом. Свинец, образовавшийся таким путём, легко отличается от обыкновенного по атомному весу. Никакие внешние воздействия, как, например, нагревание, не могут ни ускорить, ни замедлить скорость превращения урана в свинец. Закон этого распада урана и скорость его хорошо известны из опыта. За единицу времени распадаётся и превращается в свинец определённая доля атомов урана, находящихся в наличии.

Если поместить куда-либо некоторое количество урана, то с течением времени в нём образуются определённое заранее известное количество свинца.

И наоборот: по отношению количества свинца к количеству урана, находящихся в радиоактивной руде, можно определить, сколько времени продолжался распад данного урана.

В земной коре многие минералы и горные породы содержат, хотя и в очень малых количествах, уран и протрут его распада — свинец. Определить отношение количества свинца к количеству урана в данной горной породе, мы можем определить, сколько времени длился распад урана, первоначально заключавшегося в этой горной породе. Другими словами, мы можем определить, сколько времени прошло с момента включения урана в состав данной породы, т. е. каково время, прошедшее с момента её образования, в каком состоянии (будучи раскалённой), когда составляющие её части ещё могли перемешиваться.

Определение возраста разных горных пород показало, что *самые древние из них образовались 2 или даже 3 миллиарда лет назад*. Такой, очевидно, возраст земной коры, время, прошедшее с начала её отвердевания. До этого поверхность Земли была жидкой и раскалённой, на что указывают извержения раскалённой расплавленной каменной массы (лавы) из кратеров вулканов. Конечно, всякое тело путём лучеиспускания охлаждается с поверхности, и Земля стала охлаждаться и затвердевать именно с поверхности, сохраняя в недрах ещё раскалённое состояние. Так образовалась земная кора, имеющая толщину не более 200—300 км. Чем глубже в Землю мы будем опускаться, например в шахте, тем выше становится температура (в среднем на 1° на каждые 30 м).

Подобные исследования, изучение распространения волн землетрясений и другие данные заставляют заключить, что в недрах Земли её масса находится в сильно нагретом состоянии. Это свидетельствует о том, что в далёком, далёком прошлом вся Земля была раскалённым телом и, вероятно, даже светилась собственным светом.

Вероятно, таковым же должно быть и строение других планет, хотя более массивные планеты должны были охлаждаться медленнее. Если все планеты и их спутники образовались более или менее одновременно, то более массивные из них к настоящему времени должны были менее остыть, чем менее массивные, такие, как Луна и астероиды.

Возраст Земли с момента её образования как небесного тела должен быть больше возраста её коры, т. е. больше двух-трёх миллиардов лет. Несомненно, что возраст Солнца должен быть ещё значительно больше. Это следует, в частности, из оценки тех грандиозных процессов, которые происходят в недрах Солнца. А кроме того, изучение окаменелых растений в земной коре показывает, что за сотни миллионов лет излучение Солнца существенно не изменилось, т. е. что оно остается и теперь всё ещё таким же горячим, как и в далёком прошлом.

Исследования движения звезд в нашей Галактике показали, что возраст этой звёздной системы не меньше, а, вероятно, даже во много раз больше, чем возраст Земли.

Со всеми этими данными необходимо считаться, когда мы хотим представить себе происхождение и развитие отдельных небесных тел и их систем.

**§ 139. Происхождение планетных систем.** Выяснение происхождения солнечной системы, т. е. образования планет, и в частности Земли, встречается с наибольшими трудностями. Большую роль в этих трудностях играет то, что мы не знаем никаких других подобных систем, хотя они и должны существовать. Действительно, если бы мы наблюдали другие солнечные системы, то, вероятно, среди них встречались бы системы, находящиеся на разных ступенях своего развития. Сравнивая их между собой, мы смогли бы восстановить историю возникновения и развития солнечной системы. Это было бы подобно тому, как, сопоставляя в лесу мелкие и крупные деревья одной и той же породы, мы можем догадаться о ходе их развития, хотя на наших глазах за короткий срок отдельное дерево и не успевают заметным образом измениться.

Нельзя забывать того, что и в гигантские современные телескопы планет, подобных Земле, мы не можем видеть даже около ближайших звезд, так слабо они должны светиться. Поэтому то, что мы их не видим, вовсе не является доказательством того, что в действительности их не существует.

Недавно (с 1937 г.) было замечено, что некоторые звезды двигаются так, как если бы их притягивали невидимые спутники, с массой, лишь в несколько раз превышающими массу Юпитера. Иными словами, уже найдены указания на существование пока ещё не видных планет, обрастающих около некоторых звезд. Поэтому не могут быть верны гипотезы образования планет в результате отрыва их от Солнца при его столкновении в далёком прошлом с другой звездой или его сближении с ней.

Как полагали некоторые, отрыв от Солнца части вещества и распад последнего на куски, превратившиеся в планеты, мог бы произойти в результате возникновения случайно встретившейся звезды. Такого рода взгляд приводит к выводу о том, что солнечная система должна быть чрезвычайно редким исключением во всеобщей, чего, как мы видим, нет. Исключительность солнечной системы вытекала бы из того, что звезды сближаются, а тем более сталкиваются слишком редко, как показывают подсчёты, и, следовательно, таким путём многочисленные системы планет произойти не могут.

На протяжении всего XIX столетия, исходя из гипотез Канта и Лапласа, учёные предполагали, что солнечная система образовалась из большой газовой туманности, от которой при её сжатии под действием взаимного тяготения её частиц и происшедшем поэтому ускорении вращения, вследствие увеличения центробежной силы, отрывались вдоль экватора одно за другим газовые кольца, существовавшие затем в шарообразные планеты. Современнее данные говорят, что таким путём солнечные системы не могли образоваться по целому ряду причин. Но показанная Кантом и Лапласом возможность постепенного развития материялистического материи из других её форм являлась важной опорой материалистического объяснения всеобщей. Это объяснение навело следасто ненаучными попытками рассуждать о „сотворении мира“ в определённый день и час.

По мнению советского учёного академика В. Г. Фесенкова, планеты могли образоваться следующим путём. Судя по близкому сходству количественного химического состава земной коры и солнечной атмосферы, Земля, а следовательно, и все планеты некогда могли составлять часть Солнца и от него отделились. Это могло произойти тогда, когда Солнце вращалось вокруг своей оси гораздо быстрее, чем сейчас, и когда планеты могли отрываться от его раскалённой массы одна за другой. При этом академик Фесенков учитывает те физические процессы, которые происходят в Солнце и могут способствовать образованию у него планет.

Небольшое утолщение на конце грушевидной фигуры, какую вследствие быстрого вращения принимало тогда Солнце, должны были иметь сравнительно не такую уж высокую температуру. Иначе, оторвавшись, газы предполагаемой планеты после отделения от Солнца рассеялись бы в мировом пространстве.

Существенно важно вспомнить, что планеты, даже и великаны, как Юпитер, являются крошками в сравнении с Солнцем: на долю Солнца приходится 99,86% всей массы солнечной системы и только 0,14% на долю всех планет, вместе взятых.

Естественно, что в дальнейшем планеты постепенно удалялись от Солнца и заняли те места, где мы их наблюдаем в настоящее время. Поутру они, и сравнительно быстро, охлаждались и наконец покрылись твёрдой корой.

В 1944 году советский учёный академик О. Ю. Шмидт предложил подробно изложить им гипотезу образования планет у Солнца. По этой гипотезе солнечная система образовалась в результате прохождения нашего Солнца через огромное облако, состоявшее из пыли и мелких метеорных частиц. (Во вселенной существуют такого рода пылевые туманности: они в большом числе разбросаны среди звёзд в мировом пространстве.) Проходя через такое облако, Солнце увлекло за собой множество мелких частиц, которые стали обращаться вокруг него почти в одной и той же плоскости. Более крупные частицы притягивали к себе мелкие или просто сталкивались с ними. Таким образом происходил рост небольших небесных тел — будущих планет. Другими словами, образование планет было похоже на образование снежного кома, на который всё время налипает новые и новые частицы.

В настоящее время объяснение всех подробностей строения солнечной системы, исходя из имеющихся гипотез, дать пока ещё нельзя. Это будет сделано в ходе дальнейшего развития науки.

**§ 140. О развитии звёзд, Солнца и туманностей.** Физическая природа звёзд изучена ещё недостаточно полно, и вообще её стали изучать ещё слишком недавно, чтобы можно было сделать уверенные заключения о том, как возникают звёзды, как в том числе возникло Солнце и какова судьба звёзд.

Вполне возможно, что с течением времени в некоторых местах пространства межзвёздная пыль стучается в тела больших размеров. Дальнейшее сжатие таких тел поведёт к разогреванию их и к

свечению, т. е. к превращению в звёзды. Когда температура внутренних слоёв достигает достаточно высоко, там должно начаться превращение водорода в более тяжёлые химические элементы, что сопровождается длительным и огромным выделением энергии. В таком состоянии звёзды находились по меньшей мере десятки миллиардов лет и в таком состоянии находится сейчас Солнце.

Так или иначе вокруг звёзд образуются планеты. Когда на планетах появляются условия, пригодные для возникновения жизни, как, например, на Земле и, повидному, на Марсе, жизнь там возникает с неизбежностью. Мы не знаем в точности, какова будет дальнейшая судьба звёзд, но несомненно, что с течением времени их энергия истощится и они перестанут светиться. Их вещество должно будет каким-то образом пойти на образование новых небесных тел, быть может другой природы, чем звёзды.

Б. А. Воронцовым-Вельяминовым доказано, что газовые туманности нашей Галактики образуются в результате накопления газов, выбрасываемых звёздами (наиболее горячими и новыми). Этот газ может стучаться в пыль, из которой со временем опять образуются звёзды. Но вечный круговорот материи во вселенной, вероятно, гораздо сложнее и многообразнее. Не приходится думать, что звёзды и туманности без конца превращаются друг в друга, то-есть, что вместо развития происхождения простое повторение пройденных форм и состояний материи.

**§ 141. Вечность вселенной.** Подобно тому как вселенная в свете научных данных оказывается бесконечной в пространстве, она оказывается бесконечной и во времени, т. е. вечной. *Вселенная никогда не имела начала и никогда не будет иметь конца, она всегда существовала и всегда будет существовать.* Всё это касается вселенной в целом, точнее говоря — материи, из которой она состоит, отдельные же её части, как, например, Земля, солнечная система, звёзды и даже системы галактик, постоянно то тут, то там возникают, зарождаются, совершают долгий путь развития и, наконец, прекращают своё существование в этом виде, с тем, чтобы образующая их материя приняла новую форму. Сама же материя, постоянно изменяя свою форму, не уничтожается никогда; она вечна и вечно её движение. На смену отжившим мирам возникают новые, на которых с течением времени также возникает жизнь, путём постепенного усложнения воспроизводящая своё высшее выражение — разумные мыслящие существа.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое космогония?
2. Как правильно ставить вопрос о происхождении небесных тел?
3. В чём состоят трудности выяснения происхождения небесных тел и какова роль научных гипотез? Чем последние отличаются от простых предположений?
4. Каким способом оценивают возраст земной коры и чему он равен?
5. Сколько лет существует Земля?
6. Какие есть гипотезы о происхождении солнечной системы?
7. Что можно сказать о развитии звёзд, Солнца и о происхождении газовых туманностей?
8. Изложите подробно диалектико-материалистическое учение о вечности вселенной.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### 1. ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЧИСЛОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫХ ВЕЛИЧИН, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В АСТРОНОМИИ

Видимый угловой диаметр Солнца и Луны	$1/2^\circ$
Наклон эклиптики к экватору	$23\frac{1}{2}^\circ$
Средний радиус Земли	6 370 км
Разность экваториального и полярного радиусов Земли	20 км
Продолжительность тропического года	365 дн. 5 час. 49 мин.
Продолжительность синодического месяца (промежуток между двумя одинаковыми лунными фазами)	29 $\frac{1}{2}$ суток
Продолжительность звездного месяца (период обращения Луны вокруг Земли)	27 $\frac{1}{3}$ суток
Масса Земли	$6 \cdot 10^{27}$ г
Масса Солнца по сравнению с Землей	330 000
Самый короткий период обращения планеты (Меркурия)	три месяца (88 суток)
Самый долгий период обращения планеты (Плутона)	250 лет
Диаметр самой большой планеты (Юпитера)	11 диаметров Земли
Среднее расстояние Луны от Земли	380 000 км
Среднее расстояние Земли от Солнца или 1 астрон. единица	150 000 000 км
1 парсек	260 000 астрон. единиц, или $3\frac{1}{4}$ световых года
Расстояние от Солнца до ближайшей планеты (Меркурия) по сравнению с расстоянием Земли от Солнца	0,4 астрон. единицы
Среднее расстояние от Солнца самой дальней планеты (Плутона)	40 астрон. единиц
Расстояние от солнечной системы до ближайшей звезды (α Центавра)	4 световых года или $1\frac{1}{3}$ парсека, или 270 000 астрон. единиц
Поперечник нашей звездной системы — Галактики	100 000 световых лет
Расстояние до ближайшей звездной системы — Галактики в созвездии Андромеды	1 000 000 световых лет

Число звезд, видимых невооруженным глазом	около 6 000
Диаметр Луны по сравнению с диаметром Земли	$1/4$
Диаметр Солнца по сравнению с диаметром Земли	109
Температура поверхности Солнца	6 000°
Средний период изменения числа солнечных пятен	11 лет
Температура звезд	от 3 000° (красные звезды) до 30 000° (белые звезды)
Возраст земной коры	около 2 млрд. лет
Наибольшее значение уравнения времени	$1/4$ часа
Средняя рефракция (на горизонте)	35'
Весеннее равноденствие	около 21 марта
Летнее солнцестояние	22 июня
Осеннее равноденствие	23 сентября
Зимнее солнцестояние	22 декабря
Земля в перигелии	1 января
Земля в афелии	1 июля

### II. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Α α — альфа	Ι ι — иота	Ρ ρ — ро
Β β — бета	Κ κ — капта	Σ σ — сигма
Γ γ — гамма	Λ λ — ламбда	Τ τ — тау
Δ δ — дельта	Μ μ — ми	Υ υ — нисмлон
Ε ε — эпсилон	Ν ν — ни	Φ φ — фи
Ζ ζ — зета	Ξ ξ — кси	Χ χ — хи
Η η — эта	Ο ο — омикрон	Ψ ψ — пси
Θ θ — тета	Π π — пи	Ω ω — омега

### III. НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБИТЕЛЬНЫЕ НАЗВАНИЯ ЯРКИХ ЗВЕЗД

Альдебальн	— β Персея	Кастор	— α Близнецов
Альдебальн	— α Тельца	Мицар	— ζ В. Медведицы
Альтаир	— α Ора	Поллукс	— β Близнецов
Антарес	— α Скорпиона	Поларна	— α М. Медведицы
Артур	— α Волоса	Процион	— α М. Пса
Беллатрикс	— γ Ориона	Регул	— α Льва
Бетельгейзе	— α Ориона	Ригель	— β Ориона
Вега	— α Лиры	Сиринус	— α В. Пса
Денеб	— α Лебеди	Спика	— α Девы
Капелла	— α Возничего	Фомальгаут	— α Южной Рыбы

Основные данные об этих звездах см. в табл. IV.

# IV. КАТАЛОГ ЯРКИХ ЗВЁЗД (ДО 2,0 ЗВЁЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ И ДО 30° ЮЖНОГО СКЛОНЕНИЯ)

В каталоге обозначение спектра в то же время служит указанием цвета: белые звёзды — O, B, A, жёлтые — F, G, K, красные — M.

Звёзды	Звёздная величина	Правое восхождение в	Склонение δ	Спектр. класс
α Персея . . . . .	1,90	3 19 19	+49 36,8	F
α Тельца . . . . .	1,06	4 31 54	+16 22,2	K
β Ориона . . . . .	0,34	5 11 10	— 8 16,9	B
α Возничего . . . .	0,21	5 11 31	+45 55,7	G
γ Ориона . . . . .	1,70	5 21 22	+6 17,3	B
β Тельца . . . . .	1,78	5 21 52	+28 33,0	B
ε Ориона . . . . .	1,75	5 32 40	— 1 14,7	B
α Ориона . . . . .	0,92	5 51 23	+7 23,7	M
β Б. Пса . . . . .	1,99	6 19 37	—17 55,2	B
γ Близнецов . . . .	1,93	6 33 40	+16 27,6	A
α Б. Пса . . . . .	—1,58	6 42 4	—16 37,1	A
ε Б. Пса . . . . .	1,63	6 55 52	—28 52,5	B
δ Б. Пса . . . . .	1,98	7 5 33	—26 16,9	B
α Близнецов . . . .	1,99	7 30 8	+32 2,6	A
α М. Пса . . . . .	0,48	7 35 38	+5 24,3	F
β Близнецов . . . .	1,21	7 41 2	+28 11,8	K
α Льва . . . . .	1,34	10 4 39	+12 18,6	B
ε Б. Мелведицы . .	1,95	10 59 25	+62 7,8	K
ε Б. Мелведицы . .	1,68	12 50 57	+56 20,4	A
α Девы . . . . .	1,21	13 21 30	—10 47,8	B
η Б. Мелведицы . .	1,91	13 44 47	+49 39,7	B
α Волопаса . . . . .	0,24	14 12 28	+19 32,8	K
α Скорпиона . . . .	1,22	16 25 7	—26 16,7	M
α Лирь . . . . .	0,14	18 34 34	+38 43,1	A
α Орла . . . . .	0,89	19 47 22	+8 40,9	A
α Лебедя . . . . .	1,33	20 39 3	+45 1,8	A
α Южной Рыбы . .	1,29	22 53 47	—29 59,6	A

# V. ШИРОТЫ И ДОЛГОТЫ ГОРОДОВ СССР (ОТ ГРИНВИЧА)

Город	Широта	Долгота	Полос	Широта	Долгота	Полос
Адига-Ата . . . . .	43°16'	5 7,8	V	Ново-черкасск . . . . .	47°25'	2 40,4
Архангельск . . . .	64 34	2 42,1	II	Одесса . . . . .	46 29	2 3,0
Астрахань . . . . .	46 21	3 12,1	III	Омск . . . . .	54 59	4 53,5
Аххабад . . . . .	37 45	3 53,6	IV	Орёл . . . . .	52 58	2 24,3
Баку . . . . .	40 21	3 19,4	III	Дзуджикау		
Батуме-шенск . . . . .	50 15	8 30,1	IX	(Орджоникидзе)43 02	2 58,7	III
Вильнюс . . . . .	54 41	1 41,1	II	Пенза . . . . .	53 11	3 0,1
Витебск . . . . .	55 10	2 0,8	II	Петрозаводск . . . .	61 47	2 17,6
Владивосток . . . .	43 07	8 47,5	IX	Петропавловск		
Владимир . . . . .	56 08	2 41,6	II	на Камчатке . . . . .	53 00	10 34,9
Волгода . . . . .	58 13	2 39,5	II	Полтава . . . . .	49 35	2 18,3
Воронеж . . . . .	51 39	2 36,8	II	Псков . . . . .	57 49	1 53,3
Горький . . . . .	56 20	2 56,0	III	Рига . . . . .	56 58	1 36,5
Днепропет-ровск . . . . .	48 28	2 20,3	II	Ростов на Дону . . . . .	47 13	2 38,9
Енисейск . . . . .	58 27	6 8,8	VI	Рязань . . . . .	54 38	2 39,0
Ереван . . . . .	40 14	2 58,0	III	Самарканд . . . . .	39 39	4 27,9
Житомир . . . . .	50 15	1 54,7	II	Саратов . . . . .	51 32	3 4,3
Иланово . . . . .	57 00	2 43,9	II	Свердловск . . . . .	56 49	4 2,4
Иркутск . . . . .	52 16	6 57,1	VII	Севастополь . . . . .	44 37	2 14,1
Казань . . . . .	55 48	3 16,5	III	Семипала-тинск . . . . .	50 24	5 20,4
Калинин . . . . .	56 52	2 23,6	II	Симферополь . . . . .	44 57	2 16,4
Калининград . . . .	54 42	1 22,0	II	Смоленск . . . . .	54 46	2 08,2
Кауга . . . . .	54 31	2 25,0	II	Сталинабад . . . . .	38 33	4 35,0
Каменец-Подольск . .	48 40	1 46,3	II	Сталинград . . . . .	48 42	2 58,1
Киев . . . . .	50 27	2 2,0	II	Таллин . . . . .	59 26	1 39,0
Киров . . . . .	58 36	3 18,7	III	Тамбов . . . . .	52 44	2 45,8
Кишинёв . . . . .	47 02	1 55,3	II	Ташкент . . . . .	41 20	4 37,2
Краснодар . . . . .	45 03	2 35,9	III	Тбилиси . . . . .	41 42	2 59,3
Красноярск . . . . .	56 01	6 11,4	VI	Тобольск . . . . .	58 12	4 33,1
Куйбышев . . . . .	53 11	3 20,4	III	Томск . . . . .	56 30	5 39,8
Курск . . . . .	51 44	2 24,8	II	Тула . . . . .	54 12	2 30,5
Кутанси . . . . .	42 15	2 50,8	III	Ульяновск . . . . .	54 19	3 13,6
Ленинград . . . . .	59 57	2 1,0	II	Уральск . . . . .	51 12	3 25,4
Львов . . . . .	49 49	1 36,1	II	Уфа . . . . .	54 43	3 43,8
Минск . . . . .	53 54	1 50,3	II	Фрунзе . . . . .	42 53	4 58,5
Могилёв . . . . .	53 54	2 1,3	II	Хабаровск . . . . .	48 28	9 0,2
Молотов . . . . .	58 00	3 45,1	IV	Харьков . . . . .	50 00	2 24,9
Москва . . . . .	55 45	2 30,3	II	Херсон . . . . .	46 38	2 10,5
Мурманск . . . . .	68 59	2 12,2	II	Чернигов . . . . .	51 29	2 5,2
Николаевск на Амуре . . . . .	53 08	9 22,9	IX	Чита . . . . .	52 01	7 34,0
Новгород . . . . .	58 31	2 5,1	II	Чкалов . . . . .	51 47	3 40,4
Новосибирск . . . .	55 01	5 31,6	VI	Якутск . . . . .	62 02	8 39,0
				Ярославль . . . . .	57 38	2 39,5

VI. ТАБЛИЦА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

VI. ТАБЛИЦА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

1	Сидерический период обращения в годах	Синодический период обращения в сутках	Среднее рас- стояние от Солнца		Эксцентриситет орбиты	Наклонение орбиты к эклиптике	Масса (Земля — 1)	Плотность $\rho/\text{см}^3$	Экваториаль- ный диаметр		Сжатие	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Число известных спутников
			в астр. ед.	в млн. км.					Земля 1	в км.				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Меркурий . . .	0,241	116	0,387	58	0,206	7°	0,04	3,8	0,39	5 000	—	88 суток	0°	—
Венера . . . .	0,615	584	0,728	108	0,007	3°	0,81	4,9	0,97	12 400	—	6 суток?	—	—
Земля . . . . .	1,000	—	1,000	150	0,017	—	1,00	5,5	1,00	12 742	$1/298$	23 часа 56 мин. 4 сек.	23°27'	1
Марс . . . . .	1,881	780	1,524	228	0,093	2°	0,11	4,0	0,53	6 770	$1/192$	24 часа 37 мин. 23 сек.	25°10'	2
Юпитер . . . .	11,86	399	5,203	778	0,048	1°	316,9	1,3	10,95	139 560	$1/16$	9 час. 50 мин.	3°6'	11
Сатурн . . . .	29,46	378	9,539	1425	0,056	2°	94,9	0,7	9,02	115 110	$1/10$	10 час. 14 мин.	26°45'	9
Уран . . . . .	84,01	370	19,19	2868	0,047	1°	14,66	1,3	4,00	51 000	$1/18$	10,7 часа	98°	5
Нептун . . . .	164,7	368	30,07	4494	0,099	2°	17,16	1,6	3,92	50 000	$1/60$	15,8 часа	29°	2
Плутон . . . .	248,9	367	39,58	5915	0,247	17°	1?	?	0,45	~ 6 000	?	?	?	—
Солнце . . . .	—	—	—	—	—	—	331950	1,4	109,1	1 390 600	—	25 суток (на экваторе)	7°15' (к экли- птике)	—

## VII. ОБРАЩЕНИЕ С ПОДВИЖНОЙ КАРТОЙ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Положение звезд относительно горизонта беспрерывно меняется вследствие суточного вращения Земли и ее движения вокруг Солнца. Оно различно в разные часы одних и тех же суток и в одни и те же часы разных месяцев. Подвижная карта звездного неба дает возможность быстро и просто механически устанавливать положение звезд относительно горизонта для любого момента времени.

Для работы с картой ее надо соответственно смонтировать и уметь ею пользоваться.

Имен в виду, что учебник будет нужен для пользования в последующие годы другим учащимся, надо постараться сделать с обеих частей карты копии, сохранив оригиналы при себе. Желательно, при возможности, перевернуть обе части карты, увеличив их линейно раза в полтора-два (до 40—45 см в диаметре). Большой размер карты способствует большей наглядности.

Карту и накладной круг надо наклеить на достаточно плотный картон, употребив для этого мучной клей, а не гумми-арабик и не синтетикон, от которых бумага желтеет. Проклейте (во избежание коробления — под некоторым давлением) листы аккуратно обрезанной картоны, а в накладном круге делайте шпательный вырез по одной из заштрихованных линий с определенной шириной. Линия для выреза выбирается применительно к широте места, в котором предполагается пользоваться картой: для Москвы, например (широта 56°), — линия с отметками 56°, для Ростова на Дону (широта 47°) — линия с отметками 45° и т. п.

Пользование картой сводится в основном к следующему: накладной круг кладется на карту так, чтобы нужные нам час (часы отмечены по краю накладного круга) пришлились против даты, соответствующей нашей задаче (месяц и числа отмечены на краю звездной карты). Тогда в вырезе накладного круга будут находиться те созвездия и звезды, которые в данный момент оказываются над горизонтом, и притом именно в указанных картой направлениях и положениях.

Край выреза в накладном круге отмечает горизонт, а центр круга — зенит. Точки горизонта отмечены на накладном круге.

Соответствие показаний карты с наблюдаемой картиной звездного неба будет полным, если карту приподнять перед собой, обратив ее край с надписью «север» к северной точке горизонта. Держа карту на столе, надо помнить о том, что в этом случае она отражает расположение звезд, как в зеркале.

С другой стороны, надо помнить, что созвездия на карте изображены в несколько искаженном, растянутом виде, потому что небесную сферу, так же как и земной шар, нельзя изобразить на плоскости без искажений.

Радиальные линии на карте — круги склонений. Отсчет их по прямому восхождению указан у края карты (оцифрованы четные круги склонений). Для отсчета склонений светил служат концентрические окружности, вычерченные через каждые 30° (третьи от центра окружность — небесный экватор — склонение 0°). Легко видеть, что карта указывает звезды со склонением до 45° (изображены звезды до 4-й величины включительно).

Эксцентриситетный круг на карте — эклиптика, точки пересечения которой с небесным экватором имеют прямое восхождение: 0 часов (точка весеннего равноденствия) и 18 часов (точка осеннего равноденствия).

Зная звездное время момента наблюдения, можно расположить накладной круг так, чтобы на линии небесного меридиана (линия «север — юг») к югу от полюса мира оказывались звезды, прямое восхождение которых равно заданному звездному времени.

Получающаяся картина будет соответствовать виду звездного неба в заданный момент. А так как звездное время всегда равно прямому восхождению звезд, находящихся в верхней кульминации, можно, расположив накладной круг для данных дня и часа с минутами, определить (приблизительно) звездное время момента наблюдения по прямым восхождениям звезд, пересекающих меридиан к югу от полюса мира.

Полезно на эскизике отметить положение Солнца, например, для двудатых чисел всех месяцев года (учитывая его прямое восхождение); тогда записанная карта станет еще более наглядной и удобной для наблюдений.

Последний наш совет: для частного и длительного пользования картой увеличенных размеров ее лучше оформить в собранном виде. Для этого надо поместить ее на квадратном листе фанеры или очень плотного картона так, чтобы карта с четырех сторон немного выступала за края этого листа. Накладной круг в этом случае надо неподвижно закрепить поверх карты в четырех углах фанерного листа, для чего при наклеивании его на картон и при последующем вырезывании оставить по два сантиметра поперитоположных выступов — ушки, которые и послужат для прикрепления накладного круга к фанере. Накладной круг надо так закрепить, чтобы карта могла свободно вращаться под ним (ее можно будет вращать, пользуясь выступавшими за фанеру краями).

Карту можно насадить ее центром (вблизи Полярной звезды) на удобный для вращения штифт, помещенный на фанере. Лучше, однако, избежать этого, чтобы не шорить карту: ее можно обожить по углам фанерного листа неподвижно укрепленными кусочками плотного картона или фанеры с луповыми очертаниями. Эти кусочки должны иметь несколько большей толщину, чем карта, наклеенная на картон. К ним и прикрепляется накладной круг его ушками. В таком достаточно хорошо сработанном гнезде карта должна без затруднения вращаться.

Вращая карту (против движения стрелки часов), можно наглядно представлять картины изменений положения небесных светил относительно горизонта при суточном вращении Земли.

## VIII. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- В. А. Россовская, *Время и его измерение*. Гос. изд-во „Стандарты-издательство и рационализация“, 1933.
- И. Ф. Полак, *Время и календарь*, ГТТИ, 1948.
- Г. А. Тихов, *Новейшие данные о растительности на Марсе*. Стенограмма публичной лекции. ВОРП и НЭИ, 1948.
- Е. Т. Кринов, *Метеориты*. Изд. АН СССР, 1948.
- К. Л. Баев и В. А. Шишakov, *Луна*. Изд-во Академии наук СССР, 1937.
- В. А. Воронцов-Вельяминов, *Как открывают планеты*. ГАИЗ, 1937.
- И. Ф. Полак, *Планета Марс и вопрос о жизни на ней*, изд. 3-е ОНТИ, 1938.
- С. В. Орлов, *Природа комет*. ГТТИ, 1934.
- И. С. Астапович и В. В. Федьинский, *Метеоры*. Изд-во Академии наук СССР, 1940.
- К. Л. Баев и В. А. Шишakov, *Всемирное тяготение*. Изд-во Московского университета, 1945.
- И. Ф. Полак, *Общедоступная астрономия*. ГТТИ, 1944.
- П. И. Попов, *Общедоступная практическая астрономия*. ГТТИ, 1950.
- Я. И. Перельман, *Межпланетные путешествия*, изд. 10-е, ОНТИ, 1936.
- В. Г. Фесенков, *Современные представления о вселенной*. Изд. АН СССР, 1950.
- В. А. Воронцов-Вельяминов, *Вселенная*. ГТТИ, 1947.
- Г. Шаронов, *Марс*. Изд-во Академии наук СССР, 1947.
- Г. Спенсер-Джонс, *Жизнь на других мирах*. ГТТИ, 1946.
- К. Ф. Огородников, *Как наблюдать небо прежде и как его наблюдают теперь*. Изд-во Академии наук СССР, 1938.
- М. Ф. Сүбөгөтин, *Происхождение и возраст Земли*. ГТТИ, 1945.

- А. Г. М а с е в и ч, *Источник энергии солнца и звезд*. Изд. АН СССР, 1949.
- В. Г. Фесенков, *Космогонии солнечной системы*. Изд-во Академии наук СССР, 1944.
- О. Ю. Шмидт, *Четыре лекции о теории происхождения Земли*. Изд. АН СССР, 1949.

## ПО ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

- К. Л. Баев и В. А. Шишakov, *Творцы астрономии*. ОНТИ, 1936.
- К. Л. Баев, *Создатели новой астрономии*. Учитель, 1948.
- Артур Беерн, *Краткая история астрономии*, перевод С. Г. Займовского под редакцией Р. В. Куликовского, изд. 2-е, ГТТИ, 1946.
- К. Л. Баев, *Коперник, Жюльено-галактическое объяснение*, 1936.
- В. А. Шишakov, *Роль русских ученых в развитии астрономии*. ВОРТИНЭН, 1948.

## ПОСОБИЯ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ

- Астрономический календарь-ежегодник.** Перемежная часть. Изд. Горьковского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества и Горьковского изд-ва (на данный год).
- Русский астрономический календарь.** Постоянная часть. Изд. 4-е, Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, 1930.
- С. П. Глазенац, *Друзьям и любителям астрономии*, изд. 3-е, допол. и перераб., под ред. проф. В. А. Воронцова-Вельяминова. ОНТИ, 1936.
- М. Е. Набоков, *Астрономия с биноклем*, изд. 3-е, Гостехиздат, 1948.
- П. П. Паренато и Б. В. Кукаркин, *Перемещенные звезды и способы их наблюдения*, изд. 2-е, ГТТИ, 1948.
- А. А. Михайлов, *Звездный атлас*. Четыре карты звездного неба до 40° южного склонения, содержащие все звезды до 5<sup>и</sup> величин. Изд. 2-е. Московское общество любителей астрономии, 1920.
- В. В. Шаронов, *Солнце и его наблюдения*. Гостехиздат, 1948.
- П. Г. Куликовский, *Справочник астронома-любителя*. ГТТИ, 1949.

## ПОСОБИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

- П. И. Попов, К. Л. Баев, В. А. Воронцов-Вельяминов и Р. В. Куликовский, *Астрономия*. Учебник для высших педагогических учебных заведений. Учитель, 1949.
- И. Ф. Полак, *Курс общей астрономии*, изд. 6-е, пересмотр. и допол. ГТТИ, 1950.
- С. Н. Блажко, *Курс общей астрономии*. ГТТИ, 1947.
- В. А. Воронцов-Вельяминов, *Сборник задач и упражнений по астрономии*. Учитель, 1939; ГТТИ, 1949.

## IX. КРАТКАЯ ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ПО ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

	Дата
Первые записи астрономических наблюдений у египтян, вавлонян и китайцев . . . . .	3000 лет до н. э.
Первое (в Греции) представление солнечного затмения . . . . .	585 г.
Изложение Аристотелем взглядов на вселенную в книге „О небе“ . . . . .	IV в.
Определение размеров земного шара из измерений . . . . .	III в.

Первые идеи о гелиоцентрической системе. Попытки определения расстояния до Солнца (Аристарх) . . .	III в. до н. э.
Изучение движения Солнца и Луны. Открытие явления прецессии. Первый звездный каталог (Плиниус) . . .	II в. "
"Альмагест" — книга с изложением геоцентрической системы мира. Первый из дошедших до нашего времени звездный каталог (Клавдий Птолемей) . . .	II в. н. э.
Научное обоснование гелиоцентрической системы мира (Николай Коперник) . . .	1543 г.
Сожжение Джордано Бруно с обозначением ярких звезд	1600 г.
Первый звездный атлас с обозначением ярких звезд буквами греческого алфавита . . .	1603 г.
Применение зрительной трубы к астрономическим наблюдениям, открытие солнечных пятен, лунных гор, фаз Венеры, спутников Юпитера и т. д. (Галилей)	1610 г. и след.
Открытие законов движения планет Кеплером . . .	около 1620 г.
Суд над Галилеем . . .	1633 г.
Изобретение часов с маятником . . .	1656 г.
Изобретение триангуляции и применение зрительных труб к градусным измерениям . . .	XVII в.
Определение скорости распространения света . . .	1675 г.
Установление закона тяготения . . .	1682 г.
Первое определение расстояния от Земли до Солнца	1671 г.
Открытие периодичности комет и собственного движения звезд . . .	1682 г., 1718 г.
Основание обсерватории Академии наук в С-Петербурге	1725 г.
Открытие М. В. Ломоносовым атмосферы у Венеры	1761 г.
Открытие Урана . . .	1781 г.
Открытие первой малой планеты Цереры . . .	1801 г.
Первое измерение годичного параллакса звезд (В. Я. Струве в России) . . .	1835—1840 гг.
Основание Пулковской обсерватории (В. Я. Струве)	1839 г.
Начало астрономии невидимого* — открытие существования спутников у Сириуса и Прокциона . . .	1844 г.
Открытие Нептуна . . .	1846 г.
Открытие поглощения света в межзвездной среде и неравномерной плотности звезд в пространстве (В. Я. Струве) . . .	1847 г.
Русское градусное измерение от Ледовитого океана до Луны для определения формы и размеров Земли . . .	1816—1855 гг.
Начало применения спектрального анализа . . .	1859 г.
Начало спектроскопии звезд . . .	1860 г.
Разработка способа наблюдать солнечные протуберанцы вне затмений . . .	1868 г.
Разработка теории строения комет (Бреглихи) . . .	с 1877 г.
Открытие и затем измерение П. Н. Лебедевым давления света . . .	1901 г.
Открытие связи между периодом цефеид и их светимостью . . .	1908 г.
Выяснение природы пятен, видимых на планете Марс (Г. А. Тихов) . . .	1909—1948 гг.
Обнаружение существования звезд-карликов и гигантов	1913 г.
Открытие вращения Галактики . . .	1924 г.
Открытие планеты звезд (Г. А. Шайн) . . .	1927 г.
Открытие планеты Плутон . . .	1930 г.
Открытие единства светлых и темных пылевых туманностей (В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горленко) . . .	1937 г.
Изобретение менiskusового телескопа (Д. Д. Максудов) . . .	1941 г.

## X. АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автомат, цирк рис. 81	Галактика \$ 130, рис. 117
Алоник, астероид \$ 95	Галактические туманности \$ 133, \$ 134
Аллит \$ 15	Галилей \$ 65, \$ 66
Азимутовая установка телескопа \$ 82, рис. 73	
Алголь \$ 123, рис. 109	
Альбир \$ 3, \$ 4, \$ 5	
Альфа Центавра \$ 80, \$ 117	
Амбарцумян В. А. \$ 133	
Амур, астероид \$ 95	
Андромеда, созвездие \$ 3	
Андромеды туманность \$ 131, рис. 118	
Анарес \$ 118, \$ 120	
Апогей \$ 47	
Аристарх, цирк рис. 81	
Аристотель \$ 58	
Арктур \$ 3, \$ 4	
Архимед, цирк рис. 81	
Астероиды \$ 88, \$ 95	
Астрограф \$ 81	
Астрология \$ 55	
Астрономич. единица \$ 64, \$ 78, \$ 135	
Афеий \$ 64	
Базис \$ 77	
Белоголовский А. А. \$ 84, \$ 93, \$ 103, рис. 123, рис. 92	
Белые карлики \$ 121	
Белые ночи \$ 19, \$ 31	
Бесконечность вселенной \$ 135	
Бетельгейзе \$ 118, \$ 120, рис. 107	
Близкая комета \$ 100	
Близнецы, созвездие \$ 30, рис. 28	
Болды \$ 101	
Бредлини Ф. А. \$ 98, рис. 98	
Бруно Джордано \$ 66, рис. 58	
Вет \$ 3	
Волоней, созвездие \$ 30, рис. 28	
Веретенообразные туманности \$ 131, рис. 120	
Весы, созвездие \$ 30, рис. 28	
Викосонный год \$ 50	
Валлиена, астероид \$ 95	
Возмущения в движении планет \$ 71	
Возникший, созвездие \$ 3	
Вращение Луны вокруг оси \$ 85	
Вращение Солнца \$ 106	
Времена года \$ 33	
Воронцов-Вельяминов В. А. \$ 126, \$ 140, \$ 161	
Высота утолща \$ 7, \$ 21	
Высота полюса \$ 21	
Высота Солнца \$ 28, \$ 31	
Галактика \$ 130, рис. 117	
Галактические туманности \$ 133, \$ 134	
Галилей \$ 65, \$ 66	
Галактика \$ 97, \$ 102, рис. 97	
Геоцентризм \$ 58	
Геркулеса зв. скопл. \$ 128, рис. 114	
Гермес-астероид \$ 95, рис. 94	
Гершель В. \$ 72	
Гипербола \$ 67	
Гипотеза \$ 137	
Год \$ 49, \$ 74	
Гонимый Псов туманность \$ 131, рис. 119	
Горладезе Ш. Г. \$ 133	
Горизонт математический \$ 6, \$ 11	
Горизонт, установка телескопа \$ 82	
Гороскоп \$ 55	
Градус \$ 7, \$ 9	
Градусные измерения \$ 24	
Гранулы \$ 105	
Движение Солнца \$ 127, \$ 130	
Двойные звезды \$ 122	
Дева, созвездие \$ 30, рис. 28	
Дельтос \$ 91	
Декретное время \$ 38	
Длина Кита \$ 125	
Диффузные туманности \$ 132, \$ 133	
Для недели \$ 51	
Долгота географич. \$ 9, \$ 37, \$ 45	
Допплера-физо принцип \$ 84	
Звездная величина \$ 4	
Звездный год \$ 74	
Зенит \$ 6, рис. 11	
Зенитное расстояние \$ 15	
Зодиак \$ 30, рис. 28	
Зодиакальный свет \$ 112, \$ 113	
Истинное солнечное время \$ 34	
Истинный полдень \$ 34	
Капелла \$ 118	
Кассиопея \$ 3	
Квадратура \$ 62	
Кеплер Юганн \$ 64	
Килопарсек \$ 135	
Козерога, созвездие \$ 30, рис. 28	
Конфигурации планет \$ 62	
Коперник \$ 60	
Корона солнечная \$ 111, \$ 113	
Космогония \$ 136	
Красный цвет Солнца и Луны у горизонта \$ 53	
Крат В. А. \$ 123.	
Кратеры \$ 86	
Крошечная звезда \$ 120, рис. 107	
Кукуария В. В. \$ 126	
Кульминация \$ 13	
Кульминация Луны \$ 48	

- Лесев П. Н. § 98  
 Лебиль, созвездие § 3, § 129  
 Лев, созвездие § 30, рис. 28 и 46  
 Леверье § 72  
 Линия изменения даты § 39  
 Лира, созвездие § 3, § 127  
 Ломоносов М. В. § 89, § 98, § 136
- Максимум созв. пятен § 107  
 Максимум Д. Д. § 81  
 Мартынов Д. Я. § 123  
 Масса Луны § 69  
 Масса Солнца § 67  
 Матиник Фуко § 27  
 Металлургия § 135  
 Меридиан § 11  
 Меридианный круг § 17  
 Меридианная звезда § 19  
 Местное время § 37, § 38, рис. 35 и 37  
 Месяц § 47, § 48, § 51  
 Метеор § 99  
 Метеориты § 101, рис. 101  
 Минута времени § 9  
 Мира (в созв. Кита) § 125  
 Михайлов А. А. § 54  
 Млечный Путь § 129, рис. 115 и 116  
 Море дождей рис. 81 и 82  
 Моря лунные § 86
- Надр § 11, рис. 11  
 Наклонение эклиптики к экватору § 29  
 Наклонение лунной орбиты § 47  
 Нептун § 51  
 Нептун § 72, § 94  
 Невин Г. Н. § 96  
 Новая Ора § 126  
 Новый стиль § 50  
 Новоземелье § 48  
 Новотичье § 48  
 Новые звезды § 126  
 Ньютон § 67
- Обрабатывающий слой § 110  
 Овен, созвездие § 30, рис. 28  
 Орбита Земли § 32  
 Орел, созвездие § 3, § 126  
 Орион, созвездие § 3  
 Ориона туманность § 132, рис. 122  
 Орлов С. В. § 98
- Павлов А. П. § 87  
 Падющие звезды § 99  
 Паладиус Н. Д. § 78  
 Парабола § 67  
 Парадиз § 77, § 78, § 80, § 117  
 Паренато П. П. § 126  
 Парсек § 117  
 Петас, созвездие § 3  
 Пепельный свет § 48
- Переменные звезды § 125  
 Перигей § 47  
 Перигей § 64  
 Персей, созвездие § 123  
 Перли планет § 57, § 61, рис. 47  
 Планетарные туманности § 132, рис. 121  
 Платон, широк рис. 81  
 Плутон § 128  
 Плотность Солнца § 106  
 Плутон § 72, § 94  
 Покраснение Луны и Солнца у горизонта § 53  
 Покрытые звезды § 47  
 Полноземие § 48  
 Полнолуние § 48  
 Полугодная линия § 11, § 12  
 Полное мира § 10, § 74  
 Полный эклиптика рис. 63, 64  
 Полярная звезда § 3, § 10  
 Полярное движение планеты § 57  
 Повное время § 38, рис. 36  
 Процессы § 74  
 Приливы § 73  
 Проксима (Центавра) § 80, § 117  
 Противоположные планеты § 62  
 Протуберанцы § 110, § 113  
 Прокхождение Венеры § 62  
 Прямое движение планеты § 57  
 Прямое восхождение § 16  
 Пролетей § 58  
 Пулковская обсерватория § 81
- Равноденствия § 33  
 Ралионт § 99, рис. 100  
 Рак, созвездие § 30, рис. 28  
 Рефлекторы § 81  
 Рефлекторы § 81  
 Рефракция атмосферная § 18, рис. 16  
 Ригель § 5  
 Рыбы, созвездие § 30, рис. 28
- Светимости звезд § 116, § 119  
 Световой год § 117  
 Секстант § 46  
 Секунда времени § 9  
 Секунда утолкая § 9  
 Жатие Земли § 25  
 Жатие планет § 25, § 92, § 93  
 Сидерический период § 63, § 74  
 Сидерический период Луны § 47  
 Сила тяжести § 68, на Луне § 87  
 Синодический месяц § 48  
 Синодический период планеты § 63  
 Сириус § 3, § 5  
 Сириус спутник § 121, рис. 107  
 Склонение § 14, § 16  
 Скорпион, созвездие § 30, рис. 28  
 Служба времени § 43
- Смена времен года § 33  
 Собственные движения звезд § 84, § 127, рис. 112  
 Соединение планеты § 62  
 Солнечная постоянная § 109  
 Солнечное время § 42  
 Солнечное пятно § 107, § 115, рис. 102 и 103  
 Солнечные часы § 35  
 Солнечное сияние § 33  
 Спектрограф, спектроскоп § 83, рис. 77  
 Спектры § 83  
 Среднее время § 36  
 Стиль старый и новый § 50  
 Стрелы, созвездие § 30, § 129, рис. 28  
 Струве В. Я. § 24, § 80, § 81, § 122, § 134  
 Струве О. В. § 122  
 Сумерки § 19
- Телескоп, созвездие § 3, § 30, рис. 28  
 Температуры небес, светила § 84  
 Температура звезд § 118  
 Температура Солнца § 106, § 109  
 Температура с солнечной пятно § 107  
 Теодолит § 17  
 Терминатор § 86  
 Термоземлет § 84  
 Титан, спутник Сатурна § 93  
 Тихов Г. А. § 91  
 Точки горизонта § 11  
 Точки равноденствий § 29  
 Триангуляция § 26  
 Тронический год § 49, § 74  
 Туманности: внегалактические, спиральные § 131; галактические, светлые, диффузные, темные § 132, § 133
- Увеличение телескопа § 81  
 Угловые измерения § 7  
 Угловой микроскоп § 133, рис. 123  
 Углы "длинной" Кита § 125  
 Углы лунной орбиты § 47  
 Универсальный инструмент § 17, рис. 15
- Уравнение времени § 36, рис. 34  
 Уран § 72, § 94  
 Ускорение центростремительное § 67
- Фаза затмения § 54  
 Фазы Луны § 48, рис. 40  
 Фазы § 105, § 107  
 Фазенков В. Г. § 112, § 139  
 Фокус § 91  
 Форма орбиты § 75  
 Фотосфера § 105
- Хромосфера § 110, § 113
- Цвет неба § 2, § 53  
 Цераский В. К. § 109  
 Церера, астероид § 95  
 Цервин В. П. § 123  
 Церинды § 125, рис. 111  
 Цирковский К. Э. § 76  
 Цирки лунные § 86
- Часовой угол § 40, рис. 37  
 Часы солнечные § 35
- Шайн Г. А. § 123  
 Шаровые зв. скопления § 128, рис. 114  
 Широта географич. § 9, § 21, § 45  
 Шмидт О. Ю. § 139
- Эйнгенсон М. С. § 134  
 Экватор небесный § 10, рис. 11, 14, 27  
 Экватор, установка телескопа § 82, рис. 76  
 Эксплициет § 29, рис. 27, 28  
 Эксплициет § 64  
 Эксплициет § 64  
 Эпоха планет § 62  
 Энке, комета § 97, рис. 97  
 Эпиклиды планет § 58  
 Эра § 51  
 Эратосфен, цирк рис. 81  
 Эрот, астероид § 95, рис. 94

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.	Стр.	Стр.	Стр.	
Предисловие . . . . .	2	§ 25. Сжатие Земли . . . . .	28	§ 68. Тяжесть тяготения и силы тяжести . . . . .	79
Введение . . . . .	3	§ 26. Триангуляция . . . . .	28	§ 69. Определение масс небесных тел . . . . .	80
§ 1. Предмет астрономии . . . . .	3	§ 27. Дозвездельства, суточного вращения Земли . . . . .	30	§ 70. Определение массы Земли . . . . .	80
<b>Глава I. Небесная сфера и Земли</b>					
<b>Небесная сфера.</b>					
§ 2. Небосвод и созвездия . . . . .	5	<b>Глава II. Годичный кругоборот Солнца и движение Земли. Определение времени и географических координат</b>			
§ 3. Нахождение созвездий на небе . . . . .	6	§ 28. Годичные изменения полуденной высоты Солнца и вида звездного неба . . . . .	32	§ 71. Возмущения в движениях планет . . . . .	81
§ 4. Звездные величины . . . . .	9	§ 29. Кажущееся движение Солнца на эклиптике . . . . .	33	§ 72. Открытия планет Нептуна и Плутона . . . . .	81
§ 5. Названия и обозначения звезд . . . . .	10	§ 30. Зодиакальные созвездия . . . . .	34	§ 73. Приливы и отливы . . . . .	82
§ 6. Небесная сфера, зенит, горизонт . . . . .	10	§ 31. Изменения суточного пути Солнца на разных широтах . . . . .	35	§ 74. Преломления или преломление равнодействий . . . . .	83
§ 7. Угловые измерения . . . . .	11	<b>Глава III. Развитие научного мировоззрения</b>			
§ 8. Суточное вращение небесной сферы . . . . .	13	<b>Затмения.</b>			
§ 9. Географические координаты . . . . .	13	§ 52. Затмения . . . . .	57	§ 75. Зависимость формы орбиты от начальной скорости . . . . .	85
§ 10. Полюсы и ось мира . . . . .	14	§ 53. Лунные затмения . . . . .	58	§ 76. Межпланетные путешествия . . . . .	85
§ 11. Небесный меридиан и полуденная линия . . . . .	16	§ 54. Солнечные затмения . . . . .	58	<b>Глава IV. Основные методы изучения всемирной истории.</b>	
§ 12. Практическое определение полуденной линии . . . . .	17	<b>Глава III. Развитие научного мировоззрения</b>			
§ 13. Кульминации светил . . . . .	18	<b>Астрономия в древности.</b>			
§ 14. Координаты небесных светил . . . . .	19	§ 55. Культ небесных светил и астрология . . . . .	62	§ 77. Параллактическое смещение небесных светил . . . . .	89
§ 15. Горизонтальная система координат . . . . .	19	§ 56. Астрономия у древних народов . . . . .	63	§ 78. Определение расстояний до небесных светил . . . . .	89
§ 16. Экваториальная система координат . . . . .	19	§ 57. Планеты и их видимые движения . . . . .	64	§ 79. Определение размеров небесных светил . . . . .	90
§ 17. Способы практического определения . . . . .	20	§ 58. Системы мира Аристотеля и Птолемея . . . . .	66	§ 80. Годичный параллакс как доказательство обращения Земли вокруг Солнца . . . . .	91
§ 18. Атмосферная рефракция . . . . .	20	§ 59. Средневековые представления о мироздании . . . . .	66	<b>Глава V. Солнечная система</b>	
§ 19. Сумерки и меридиане звезд . . . . .	21	<b>Революция в мировоззрении.</b>			
§ 20. Соотношение между Землей и небесной сферой . . . . .	22	§ 60. Революционное открытие Коперника . . . . .	67	§ 81. Устройство телескопов . . . . .	93
§ 21. Высота полюса над горизонтом и географическая широта места . . . . .	23	§ 61. Объяснение видимого движения планет по теории Коперника . . . . .	68	§ 82. Два способа установки телескопов и обращение с ними . . . . .	96
§ 22. Вид звездного неба в зависимости от положения наблюдателя на Земле . . . . .	24	§ 62. Конфигурации планет . . . . .	70	§ 83. Спектральный анализ . . . . .	98
<b>Земля.</b>					
§ 23. Шарообразность Земли . . . . .	26	§ 63. Сидерические и синодические периоды обращения планет . . . . .	71	§ 84. Определение химического состава, скоростей и температуры небесных светил . . . . .	100
§ 24. Определение размеров Земли . . . . .	27	§ 64. Законы Кеплера . . . . .	72	<b>Глава V. Солнечная система</b>	
§ 25. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 65. Изобретение телескопа и открытие Галилея . . . . .	74	<b>Луна.</b>	
§ 26. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 66. Борьба церкви против науки . . . . .	75	§ 85. Вращение Луны вокруг оси . . . . .	103
§ 27. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 67. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 86. Стреление лунной поверхности . . . . .	103
§ 28. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 68. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 87. Физические условия на Луне . . . . .	107
§ 29. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 69. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	<b>Планеты.</b>	
§ 30. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 70. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 88. Общий обзор солнечной системы . . . . .	108
§ 31. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 71. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 89. Меркурий и Венера . . . . .	110
§ 32. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 72. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 90. Земля как планета . . . . .	110
§ 33. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 73. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 91. Марс . . . . .	110
§ 34. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 74. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 92. Юпитер . . . . .	113
§ 35. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 75. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 93. Сатурн . . . . .	114
§ 36. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 76. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 94. Уран . . . . .	114
§ 37. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 77. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 95. Нептун . . . . .	114
§ 38. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 78. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 96. Плутон . . . . .	114
§ 39. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 79. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 97. Кометы . . . . .	114
§ 40. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 80. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 98. Метеоры . . . . .	114
§ 41. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 81. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 99. Астероиды . . . . .	114
§ 42. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 82. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 100. Солнечный ветер . . . . .	114
§ 43. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 83. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 101. Звездный ветер . . . . .	114
§ 44. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 84. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 102. Космические лучи . . . . .	114
§ 45. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 85. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 103. Радиация . . . . .	114
§ 46. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 86. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 104. Космическая пыль . . . . .	114
§ 47. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 87. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 105. Космические аппараты . . . . .	114
§ 48. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 88. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 106. Космические корабли . . . . .	114
§ 49. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 89. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 107. Космические станции . . . . .	114
§ 50. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 90. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 108. Космические аппараты . . . . .	114
§ 51. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 91. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 109. Космические корабли . . . . .	114
§ 52. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 92. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 110. Космические станции . . . . .	114
§ 53. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 93. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 111. Космические аппараты . . . . .	114
§ 54. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 94. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 112. Космические корабли . . . . .	114
§ 55. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 95. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 113. Космические станции . . . . .	114
§ 56. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 96. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 114. Космические аппараты . . . . .	114
§ 57. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 97. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 115. Космические корабли . . . . .	114
§ 58. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 98. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 116. Космические станции . . . . .	114
§ 59. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 99. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 117. Космические аппараты . . . . .	114
§ 60. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 100. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 118. Космические корабли . . . . .	114
§ 61. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 101. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 119. Космические станции . . . . .	114
§ 62. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 102. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 120. Космические аппараты . . . . .	114
§ 63. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 103. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 121. Космические корабли . . . . .	114
§ 64. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 104. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 122. Космические станции . . . . .	114
§ 65. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 105. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 123. Космические аппараты . . . . .	114
§ 66. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 106. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 124. Космические корабли . . . . .	114
§ 67. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 107. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 125. Космические станции . . . . .	114
§ 68. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 108. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 126. Космические аппараты . . . . .	114
§ 69. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 109. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 127. Космические корабли . . . . .	114
§ 70. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 110. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 128. Космические станции . . . . .	114
§ 71. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 111. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 129. Космические аппараты . . . . .	114
§ 72. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 112. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 130. Космические корабли . . . . .	114
§ 73. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 113. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 131. Космические станции . . . . .	114
§ 74. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 114. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 132. Космические аппараты . . . . .	114
§ 75. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 115. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 133. Космические корабли . . . . .	114
§ 76. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 116. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 134. Космические станции . . . . .	114
§ 77. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 117. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 135. Космические аппараты . . . . .	114
§ 78. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 118. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 136. Космические корабли . . . . .	114
§ 79. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 119. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 137. Космические станции . . . . .	114
§ 80. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 120. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 138. Космические аппараты . . . . .	114
§ 81. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 121. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 139. Космические корабли . . . . .	114
§ 82. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 122. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 140. Космические станции . . . . .	114
§ 83. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 123. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 141. Космические аппараты . . . . .	114
§ 84. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 124. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 142. Космические корабли . . . . .	114
§ 85. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 125. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 143. Космические станции . . . . .	114
§ 86. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 126. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 144. Космические аппараты . . . . .	114
§ 87. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 127. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 145. Космические корабли . . . . .	114
§ 88. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 128. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 146. Космические станции . . . . .	114
§ 89. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 129. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 147. Космические аппараты . . . . .	114
§ 90. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 130. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 148. Космические корабли . . . . .	114
§ 91. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 131. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 149. Космические станции . . . . .	114
§ 92. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 132. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 150. Космические аппараты . . . . .	114
§ 93. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 133. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 151. Космические корабли . . . . .	114
§ 94. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 134. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 152. Космические станции . . . . .	114
§ 95. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 135. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 153. Космические аппараты . . . . .	114
§ 96. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 136. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 154. Космические корабли . . . . .	114
§ 97. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 137. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 155. Космические станции . . . . .	114
§ 98. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 138. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 156. Космические аппараты . . . . .	114
§ 99. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 139. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 157. Космические корабли . . . . .	114
§ 100. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 140. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 158. Космические станции . . . . .	114
§ 101. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 141. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 159. Космические аппараты . . . . .	114
§ 102. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 142. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 160. Космические корабли . . . . .	114
§ 103. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 143. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 161. Космические станции . . . . .	114
§ 104. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 144. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 162. Космические аппараты . . . . .	114
§ 105. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 145. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 163. Космические корабли . . . . .	114
§ 106. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 146. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 164. Космические станции . . . . .	114
§ 107. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 147. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 165. Космические аппараты . . . . .	114
§ 108. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 148. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 166. Космические корабли . . . . .	114
§ 109. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 149. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 167. Космические станции . . . . .	114
§ 110. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 150. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 168. Космические аппараты . . . . .	114
§ 111. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 151. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 169. Космические корабли . . . . .	114
§ 112. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 152. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 170. Космические станции . . . . .	114
§ 113. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 153. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 171. Космические аппараты . . . . .	114
§ 114. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 154. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 172. Космические корабли . . . . .	114
§ 115. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 155. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 173. Космические станции . . . . .	114
§ 116. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 156. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 174. Космические аппараты . . . . .	114
§ 117. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 157. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 175. Космические корабли . . . . .	114
§ 118. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 158. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 176. Космические станции . . . . .	114
§ 119. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 159. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 177. Космические аппараты . . . . .	114
§ 120. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 160. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 178. Космические корабли . . . . .	114
§ 121. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 161. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 179. Космические станции . . . . .	114
§ 122. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 162. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 180. Космические аппараты . . . . .	114
§ 123. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 163. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 181. Космические корабли . . . . .	114
§ 124. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 164. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 182. Космические станции . . . . .	114
§ 125. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 165. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 183. Космические аппараты . . . . .	114
§ 126. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 166. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 184. Космические корабли . . . . .	114
§ 127. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 167. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 185. Космические станции . . . . .	114
§ 128. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 168. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 186. Космические аппараты . . . . .	114
§ 129. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 169. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 187. Космические корабли . . . . .	114
§ 130. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 170. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 188. Космические станции . . . . .	114
§ 131. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 171. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 189. Космические аппараты . . . . .	114
§ 132. Шарообразность Земли . . . . .	27	§ 172. Закон всемирного тяготения . . . . .	77	§ 190. Космические корабли . . . . .	

	Стр.
§ 94. Уран, Нептун и Плутон . . . . .	114
§ 95. Астероиды . . . . .	115

#### Кометы и падающие звёзды.

§ 96. Вид комет . . . . .	116
§ 97. Орбиты комет . . . . .	116
§ 98. Физическая природа комет . . . . .	118
§ 99. Метеоры . . . . .	119
§ 100. Распад комет и метеоры . . . . .	120
§ 101. Болиды и метеориты . . . . .	121
§ 102. Возможно ли столкновение Земли с кометой . . . . .	122

#### Солнце.

§ 103. Общие сведения о Солнце . . . . .	123
§ 104. Солнце и жизнь на Земле . . . . .	123
§ 105. Вид Солнца в телескоп . . . . .	124
§ 106. Вращение Солнца . . . . .	125
§ 107. Солнечные пятна и их изменения . . . . .	125
§ 108. Спектр и химический состав Солнца . . . . .	126
§ 109. Свет и теплота Солнца . . . . .	127
§ 110. Обращающий слой, хромосфера и протуберанцы . . . . .	127
§ 111. Солнечная корона . . . . .	128
§ 112. Зодиакальный свет . . . . .	129
§ 113. Строение Солнца . . . . .	129
§ 114. Источники солнечной энергии . . . . .	130
§ 115. Цикл солнечной деятельности и его связь с земными явлениями . . . . .	131

### Глава VI. Звёзды и строение вселенной

#### Физическая природа звёзд.

§ 116. Светимости звёзд . . . . .	132
§ 117. Годи́чный параллакс и расстояния до звёзд . . . . .	133
§ 118. Цвета, спектры и температуры звёзд . . . . .	134
§ 119. Определение размеров звёзд . . . . .	135
§ 120. Звёзды-гиганты и звёзды-карлики . . . . .	135
§ 121. Белые звёзды-карлики . . . . .	136
§ 122. Двойные звёзды и их массы . . . . .	137
§ 123. Спектрально-двойные и затменно-двойные звёзды . . . . .	138
§ 124. Определение масс двойных звёзд . . . . .	139
§ 125. Физически-переменные звёзды . . . . .	139
§ 126. Новые звёзды . . . . .	141
§ 127. Движения звёзд . . . . .	141

### Звёздные системы и туманности.

§ 128. Звёздные скопления . . . . .	143
§ 129. Млечный Путь . . . . .	144
§ 130. Наша звёздная система — Галактика . . . . .	144
§ 131. Другие звёздные системы — галактики . . . . .	147
§ 132. Светлые туманности . . . . .	149
§ 133. Тёмные туманности . . . . .	150
§ 134. Межзвёздная среда . . . . .	152
§ 135. Бесконечность вселенной . . . . .	153

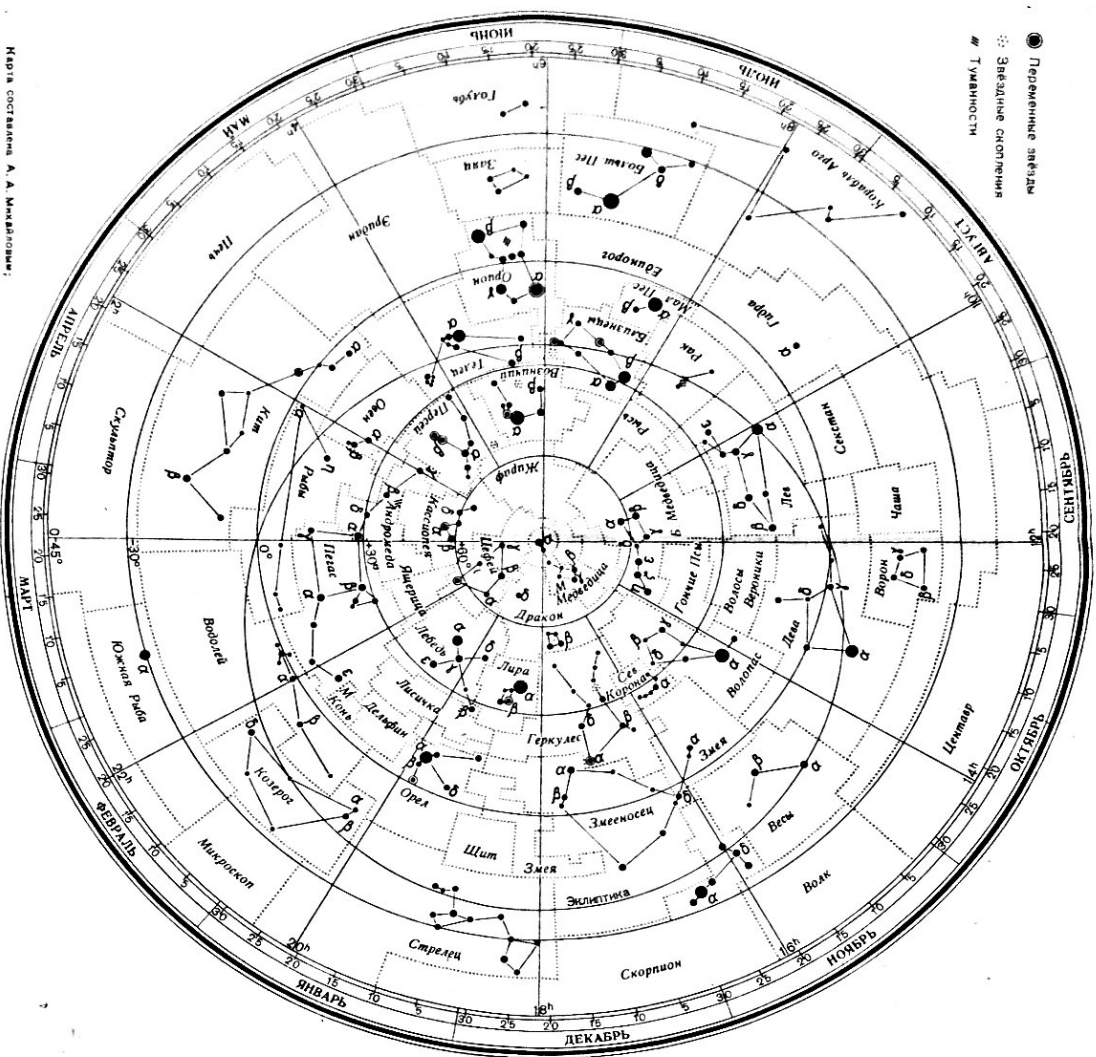
### Глава VII. Происхождение и развитие небесных тел

§ 136. Постановка вопроса о происхождении небесных тел . . . . .	155
§ 137. Трудности изучения и развития небесных тел . . . . .	156
§ 138. Возраст небесных тел . . . . .	157
§ 139. Происхождение планетных систем . . . . .	159
§ 140. О развитии звёзд, Солнца и туманностей . . . . .	160
§ 141. Вечность вселенной . . . . .	161

### Приложения

I. Приближённые числовые значения наиболее важных величин, встречающихся в астрономии . . . . .	162
II. Греческий алфавит . . . . .	163
III. Наиболее употребительные названия ярких звёзд . . . . .	163
IV. Каталог ярких звёзд (до 2,0 зв. велич. и до 30° южного склонения) . . . . .	164
V. Широты и долготы городов СССР (от Гринвича) . . . . .	165
VI. Таблица солнечной системы . . . . .	166
VII. Обращение с подвижной картой звёздного неба . . . . .	167
VIII. Рекомендуемая литература . . . . .	168
IX. Краткая хронологическая таблица по истории астрономии . . . . .	169
X. Алфавитный указатель имён, названий, терминов и определений, имеющих в учебнике . . . . .	171
К учебнику приложены:	
1) подвижная карта звёздного неба,	
2) цветная таблица спектров.	

# ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЁЗДНОГО НЕБА



Карта составлена А. А. Михайловым.  
 Основана на работе профессора А. А. Михайлова,  
 академика Академии Наук СССР.  
 и др. Академик — М. Е. Павловский.

# НАКЛАДНОЙ КРУГ К КАРТЕ ЗВЁЗДНОГО НЕБА

