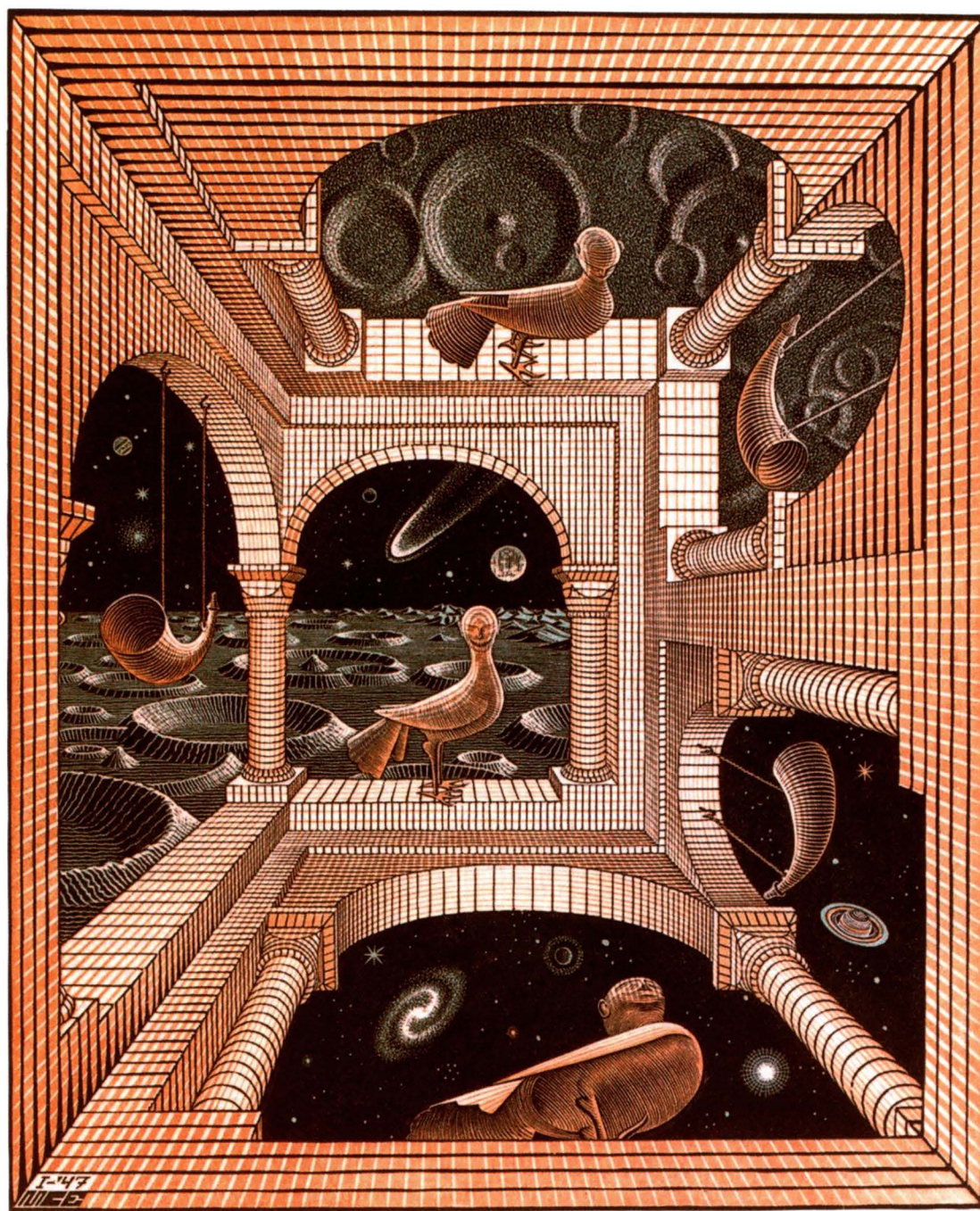


Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

БОЛЬШАЯ КНИГА ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ НАУК

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ



ЗЕМЛЯ, ЕЕ ФОРМА И ДВИЖЕНИЯ • ЛУНА И ЕЕ ДВИЖЕНИЯ • РАКЕТОЙ НА ЛУНУ
ПЛАНЕТЫ • ЗВЕЗДЫ • ТЯГОТЕНИЕ • АСТРОНОМИЯ СЕГОДНЯ



Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

БОЛЬШАЯ КНИГА ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ НАУК

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ



СЗКЭО

Санкт-Петербург

УДК 51
ББК 22.1
П27

В оформлении обложки и титула использована работа М. Эшера
«Another world», 1947

Выпускающий редактор

С. Раделов

Компьютерная верстка

М. Судакова

Дизайн обложки

А. Яскевич

П27 **Перельман Я. И. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ.** — Санкт-Петербург, СЗКЭО, 2017. — 160 с.: ил.

Книга Я. И. Перельмана знакомит читателя с современной астрономией и ее замечательными научными достижениями, рассказывает в увлекательной форме о важнейших явлениях звездного неба, о законах движения Земли, Солнца, Луны и звездного мира в целом. Автор показывает многие кажущиеся привычными и обыденными явления с совершенно новой и неожиданной стороны и раскрывает их действительный смысл. Задача книги — развернуть перед читателем широкую картину мирового пространства и происходящих в нем удивительных явлений, и возбудить интерес к одной из самых увлекательных наук, к науке о звездном небе.

В книгу Я. И. Перельмана «Занимательная астрономия» включены еще две крайне интересные книги автора - «Далекie миры» издания 1919 г. и «Ракетой на луну» издания 1935 г.

«Что же может быть интересного в таких явно устаревших книгах?» – спросит читатель. На самом деле автор этих книг уже в то время принципиально верно изложил действительную картину Солнечной системы, причем настолько точно, что остается только поражаться тому, насколько гениальны были наши предшественники, которые, оставаясь на Земле, смогли научно обосновать свои наблюдения и сделать верные выводы из накопленных знаний. На примере этих книг особо ярко выглядит тот удивительный по своей дерзости путь, который человечество проделало всего лишь за неполное столетие от первых опытов с реактивной тягой до потрясающих воображение полетов на Луну и исследований дальних уголков Солнечной системы, когда были осуществлены посадки космических аппаратов на далекие планеты и даже комету. Последняя глава книги рассказывает именно об этих выдающихся вехах современной науки о космосе, оставить которые без внимания было бы недопустимо.

Все дополнения к книге «Занимательная астрономия» включены в нее по смыслу: книги «Далекie миры» и «Ракетой на луну» вошли дополнениями к соответствующим главам, а краткая глава о современном состоянии астрономии и космонавтики, как и положено, завершает настоящий сборник.

Предисловие Я. И. Перельмана к «Занимательной астрономии» издания 1938 г.

Астрономия – счастливая наука: она, по выражению Араго¹, не нуждается в украшениях. Достижения ее настолько захватывающи, что не приходится прилагать особых забот для привлечения к ним внимания. Однако наука о небе не всецело состоит из удивительных открытий и смелых теорий. Ее основу составляют факты обыденные, повторяющиеся изо дня в день. Люди, не принадлежащие к числу любителей неба, в большинстве случаев довольно смутно знакомы с этой прозаической стороной астрономии и проявляют к ней мало интереса, так как трудно сосредоточить внимание на том, что всегда перед глазами.

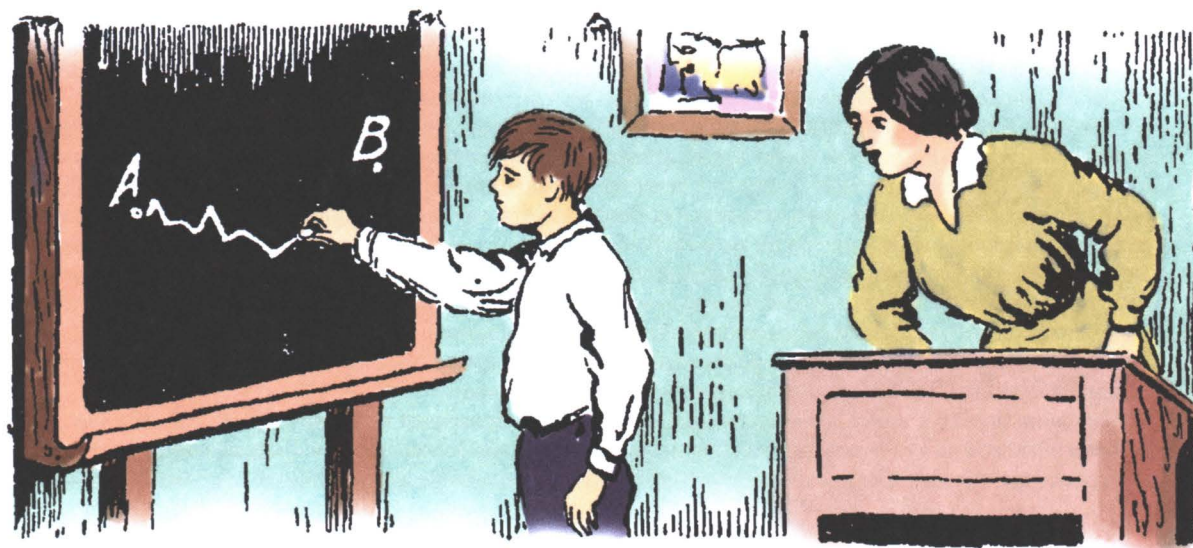
Будничная часть науки о небе, ее первые, а не последние страницы и составляют главным образом (но не исключительно) содержание «Занимательной астрономии». Она стремится прежде всего помочь читателю в уяснении основных астрономических фактов. Это не значит, что книга представляет нечто вроде начального учебника. Способ обработки материала существенно отличает ее от учебной книги. Полузнакомые обыденные факты облечены здесь в необычную, нередко парадоксальную форму, показаны с новой, неожиданной стороны, чтобы привлечь к ним обостренное внимание и освежить интерес. Изложение по возможности освобождено от специальных терминов и от того технического аппарата, который часто становится преградой между астрономической книгой и читателем.

Популярным книгам нередко делают упрек в том, что по ним ничему серьезно научить нельзя. Упрек до известной степени справедлив и поддерживается (если иметь в виду сочинения в области точного естествознания) обычаем избегать в популярных книгах всяких численных расчетов. Между тем читатель тогда только действительно овладевает материалом книги, когда научается, хотя бы в элементарном объеме, оперировать с ним численно. Поэтому в «Занимательной астрономии», как и в других своих книгах той же серии, составитель не избегает простейших расчетов и заботится лишь о том, чтобы они предлагались в расчлененной форме и были вполне посильны для знакомых со школьной математикой. Подобные упражнения не только прочнее закрепляют усваиваемые сведения, но и подготавливают к чтению более серьезных сочинений.

В предлагаемый сборник вошли главы, относящиеся к Земле, Луне, планетам, звездам и тяготению, при чем составитель избирал преимущественно такой материал, который обычно в популярных сочинениях не рассматривается. Темы, не представленные в этом сборнике, автор надеется обработать со временем во второй книге «Занимательной астрономии». Впрочем, сочинение подобного типа вовсе и не ставит себе задачей равномерно исчерпать все богатейшее содержание современной астрономии.

Я. П.

¹ Франсуа Араго – французский астроном (1786–1853).



1. Кратчайший путь на Земле и на карте

Наметив мелом две точки на классной доске, учительница зарубежной школы предлагает юному школьнику задачу:

– Начертить кратчайший путь между обеими точками.

Ученик, подумав, старательно выводит между ними запутанно-извилистую линию.

– Вот так кратчайший путь! – удивляется учительница. – Кто тебя так научил?

– Мой папа. Он шофер такси.

Чертеж наивного школьника, конечно, анекдотичен, но разве не улыбнулись бы вы, если бы вам сказали, что пунктирная дуга на рис. 1 – самый короткий путь от мыса Доброй Надежды до южной оконечности Австралии? Или что начерченная на рис. 2 дуга есть кратчайший путь между Гамбургом и Нью-Йорком? Еще поразительнее следующее утверждение: изображенный на рис. 3 кружной путь из Японии к Панамскому каналу короче прямой линии, проведенной между ними на той же карте!



Рис. 1. На морской карте кратчайший путь от мыса Доброй Надежды до южной оконечности Австралии обозначается не прямой линией («локсодромией»), а кривой («ортодромией»).

Все это похоже на шутку, а между тем перед вами бесспорные истины, хорошо известные картографам.

Для разъяснения вопроса придется сказать несколько слов о картах вообще и о морских в частности. Изображение на бумаге частей земной поверхности – дело непростое даже в принципе, потому что Земля – шар, а известно, что никакую часть шаровой поверхности нельзя развернуть на плоскости без складок и разрывов. Поневоле приходится мириться с неизбежными искажениями на картах. Придумано много способов черчения карт, но все они не свободны от этого недостатка: на одних имеются искажения одного рода, на других иного рода, но карт вовсе без искажений нет.

Моряки пользуются картами, начерченными по способу старинного голландского географа XVI в., основателя научной картографии – Меркатора. Способ этот называется «меркаторской проекцией». Узнать морскую карту легко по ее прямоугольной сетке: меридианы изображены на ней в виде ряда параллельных прямых линий; круги широты – тоже прямыми линиями, перпендикулярными к первым (рис. 6).

Вообразите теперь, что требуется найти кратчайший путь от одного океанского порта до другого, лежа-



Рис. 2. Кратчайший путь на карте не всегда является кратчайшим на Земле. На этой карте (морской) кратчайший путь из Гамбурга в Нью-Йорк есть тот, который обозначен кривой линией.



Рис. 3. Парадокс морской карты. Кажется невероятным что криволинейный путь, соединяющий на морской карте Йокогаму с Панамским каналом, короче прямой линии, проведенной между теми же пунктами.

щего на той же параллели. На океане все пути доступны, и осуществить там путешествие по кратчайшему направлению всегда возможно, если знать, как оно пролегает. В нашем случае естественно думать, что кратчайший путь идет вдоль той параллели, на которой лежат оба порта: ведь на карте это – прямая линия, а что

люй круг. Дуга большого круга менее искривлена, чем дуга любого малого круга, проведенного через те же две точки: большему радиусу отвечает меньшая кривизна. Натяните на глобусе нить между нашими двумя точками (ср. рис. 4); вы убедитесь, что она вовсе не ляжет вдоль параллели. Натянутая нить – бесспорный указатель кратчайшего пути: а если она на глобусе не совпадает с параллелью, то и на морской карте кратчайший путь не обозначается прямой линией: вспомним, что круги параллелей изображаются на такой карте прямыми линиями, всякая же линия, не совпадающая с прямой, есть кривая.

После сказанного становится понятным, почему кратчайший путь на морской карте изображается не прямой, а кривой линией.

Рассказывают, что при выборе направления для Октябрьской (тогда Николаевской) железной дороги велись нескончаемые споры о том, по какому пути ее проложить. Конец спорам положило вмешательство царя Николая I, который решил задачу буквально «прямолинейно»: соединил Ленинград² с Москвой по линейке. Если бы это было сделано на меркаторской карте, получилась бы конфузная неожиданность: вместо прямой, дорога вышла бы кривой.

Кто не избегает расчетов, тот несложным вычислением может убедиться, что путь, кажущийся нам на карте кривым, в действительности короче того, который мы готовы считать прямым. Пусть обе наши гавани лежат на широте Ленинграда – 60-й – и разделены расстоянием в 60°. (Существуют ли в действительности такие две гавани – для расчета, конечно, безразлично.) На рис. 5 точка *O* – центр земного шара, *AB* – дуга круга широты, на котором лежат гавани *A* и *B*; в ней 60°.

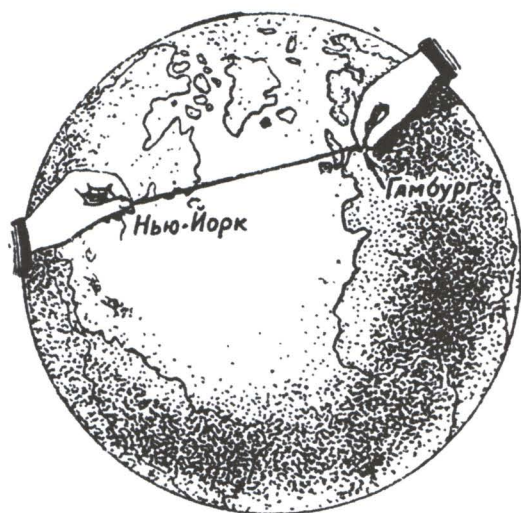


Рис. 4. Простой способ отыскания действительно кратчайшего пути из Гамбурга в Нью-Йорк: надо на глобусе натянуть нитку между этими пунктами.

может быть короче прямого пути? Но мы ошибаемся: путь по параллели вовсе не кратчайший.

В самом деле: на поверхности шара кратчайшее расстояние между двумя точками есть соединяющая их дуга большого круга¹. Но параллельный круг – ма-

¹ «Большим кругом» на поверхности шара называется в геометрии каждый круг, центр которого совпадает с центром этого шара. Все остальные круги на шаре называются «малыми».

² Согласно указу Президиума Верховного Совета РСФСР, принятому на основе городского референдума, 6 сентября 1991 г. городу было возвращено историческое название Санкт-Петербург (прим. ред.).

Центр круга широты в точке C . Вообразим, что из центра O земного шара проведена через те же гавани дуга большого круга; ее радиус $OB = OA = R$; она пройдет близко к начерченной дуге AB , но не совпадает с нею.

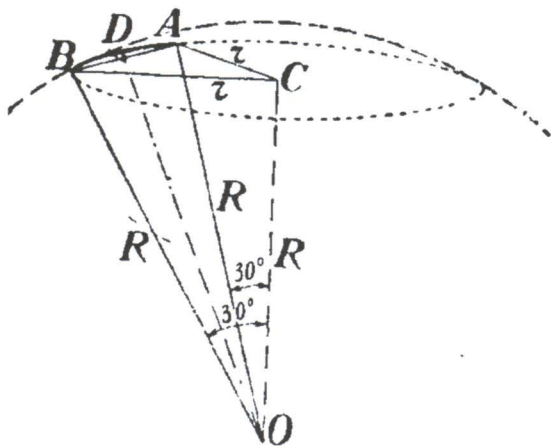


Рис. 5. Вычисление расстояний между точками A и B на шаре по дуге параллели и по дуге большого круга.

Вычислим же длину каждой дуги. Так как точки A и B лежат на широте 60° , то радиусы OA и OB составляют с OC (осью земного шара) угол в 30° . В прямоугольном треугольнике ACO катет $AC (= r)$, лежащий против 30° , равен половине гипотенузы AO ; значит $r = \frac{R}{2}$. Длина дуги AB составляет 6-ю часть длины круга широты, а так как круг этот имеет вдвое меньшую длину, чем большой круг (соответственно вдвое меньшему радиусу), то длина дуги малого круга

$$AB = \frac{1}{6} \times \frac{40\,000}{2} = 3\,330 \text{ км.}$$

Чтобы определить теперь длину дуги большого круга, проведенного между теми же точками (т. е. кратчайшего пути между ними), надо узнать величину угла AOB . Хорда AB , стягивающая дугу в 60° (малого круга), есть сторона правильного шестиугольника, вписанного в тот же малый круг; поэтому

$$AB = r = \frac{R}{2}.$$

Проведя прямую OD , соединяющую центр O земного шара с серединою D хорды AB , получаем прямоугольный треугольник ODA , где угол D – прямой,

$$DA = \frac{1}{2} AB \text{ и } OA = R.$$

Значит:

$$\sin AOD = AD : AO = \frac{R}{4} : R = 0,25.$$

Отсюда находим (по таблицам):

$$\text{уг. } AOD = 14^\circ 28',5$$

и, следовательно,

$$\text{уг. } AOB = 28^\circ 57'.$$

Теперь уже нетрудно найти искомую длину кратчайшего пути в километрах. Расчет можно упростить, если вспомнить, что длина минуты большого круга земного шара есть морская миля, т. е. около 1,85 км. Следовательно, $28^\circ 57' = 1\,737' \approx 3\,210 \text{ км.}$

Мы узнали, что путь по кругу широты, изображенный на морской карте прямой линией, составляет 3 330 км, а путь по большому кругу – кривой на карте – 3 210 км, т. е. на 120 км короче.

Хотя Гамбург не лежит с Нью-Йорком на одной широте, сказанное сейчас о воображаемых гаванях относится и к ним. Для парохода, идущего из Нью-Йорка в Гамбург, кратчайший путь на морской карте есть не прямая, а та кривая, которую вы видите на рис. 2.

Вооружившись ниткой и имея под руками глобус, вы легко можете проверить правильность наших чертежей, убедиться, что дуги больших кругов действительно пролегают так, как показано на чертежах. Изображенный на рис. 1 будто бы «прямой» путь из Африки в Австралию составляет 6 020 миль, а «кривой» – 5 450 миль, т. е. короче на 570 миль, или на 1 050 км. «Прямой» на карте путь из Лондона в Шанхай перерезает Каспийское море, между тем как действительно кратчайший путь пролегает к северу от Ленинграда. Понятно, какую роль играют эти вопросы в экономии времени и угля.

Если в эпоху парусного судоходства не всегда дорожили временем, – в тот век «время» еще не считалось «деньгами», – то с появлением паровых судов приходится платить за каждую излишне израсходованную тонну угля. Вот почему в наши дни ведут суда по действительно кратчайшему пути, пользуясь нередко картами, выполненными не в меркаторской, а в так называемой «центральной» проекции: на этих картах дуги больших кругов изображаются прямыми линиями.

Почему же прежние мореплаватели пользовались столь обманчивыми картами и избирали невыгодные пути? Ошибочно думать, что в старину не знали о сейчас указанной особенности морских карт. Дело объясняется, конечно, не этим, а тем, что карты, начерченные по способу Меркатора, обладают наряду с неудобствами весьма ценными для моряков выгодами. Такая карта, во-первых, изображает отдельные небольшие части земной поверхности без искажения, сохраняя углы контура. Этому не противоречит то, что с удалением от экватора все контуры заметно растягиваются. В высших широтах растяжение так значительно, что морская карта внушает человеку, незнающему с ее особенностями, совершенно ложное представление об истинной величине материков: Гренландия кажется такой же величины, как Африка, Аляска больше Австралии, – хотя Гренландия в 15 раз меньше Африки, а Аляска вместе с Гренландией вдвое меньше Австралии. Но моряка, хорошо знакомого с этими особенностями карты, они не могут ввести в заблуждение. Он мирится с ними, тем более, что в небольших участках морская карта дает точное подобие натуры.

Зато морская карта весьма облегчает решение задач штурманской практики. Это единственный род карт, на которых путь корабля, идущего постоянным курсом, изображается прямой линией. Идти «постоянным курсом» значит держаться неизменно одного на-

правления, одного определенного «румба», иначе говоря, идти так, чтобы пересекать все меридианы под равным углом. Но этот путь («локсодромия») может изобразиться прямой линией только на такой карте, на которой все меридианы – прямые линии, параллельные друг другу¹. А так как на земном шаре широты пересекаются с меридианами под прямыми углами, то на такой карте и круги широты должны быть прямыми линиями, перпендикулярными к линиям меридианов. Короче сказать, мы приходим к той именно сетке, которая составляет характерную особенность морской карты.

Пристрастие моряков к картам Меркатора теперь понятно. Желая определить курс, какого надо держаться, идя к назначенному порту, штурман прикладывает линейку к конечным точкам пути и измеряет угол, составляемый ею с меридианами. Держась в открытом море все время этого направления, штурман безошибочно доведет судно до цели. Вы видите, что «локсодромия» хотя и не кратчайший и не самый экономный, зато в известном отношении весьма удобный для моряка путь. Чтобы дойти, например, от мыса Доброй Надежды до южной оконечности Австралии (рис. 1), надо неизменно держаться одного курса $S 87^{\circ},50$. Между тем, чтобы довести судно до того же конечного пункта кратчайшим путем (по «ортодромии»), приходится, как видно из рисунка, непрерывно менять курс: на-

чать с $S 42^{\circ},50$, а кончить курсом $S 39^{\circ},50$ (в этом случае кратчайший путь даже и неосуществим, – он упирается в ледяную стену Антарктики).

Оба пути – по «локсодромии» и по «ортодромии» – совпадают только тогда, когда путь по большому кругу изображается на морской карте прямой линией: при движении по экватору или по меридиану. Во всех прочих случаях пути эти различны.

2. Градус долготы и градус широты

Задача

Читатели, без сомнения, имеют достаточное представление о географических долготе и широте. Но я уверен, не все дадут правильный ответ на следующий вопрос: Всегда ли градусы широты длиннее градусов долготы?

Решение

Большинство уверено, что каждый параллельный круг меньше круга меридиана. И так как градусы долготы отсчитываются по параллельным кругам, градусы же широты – по меридианам, то заключают, что первые нигде не могут превышать по длине вторых. При этом забывают, что Земля – не шар в строгом смысле слова, а эллипсоид, раздутый на экваторе. На земном эллипсоиде не только экватор длиннее круга меридиана, но и ближайшие к экватору параллельные круги также длиннее кругов меридиана. Расчет пока-

¹ В действительности же локсодромия есть спиралевидная линия, винтообразно наматывающаяся на земной шар.

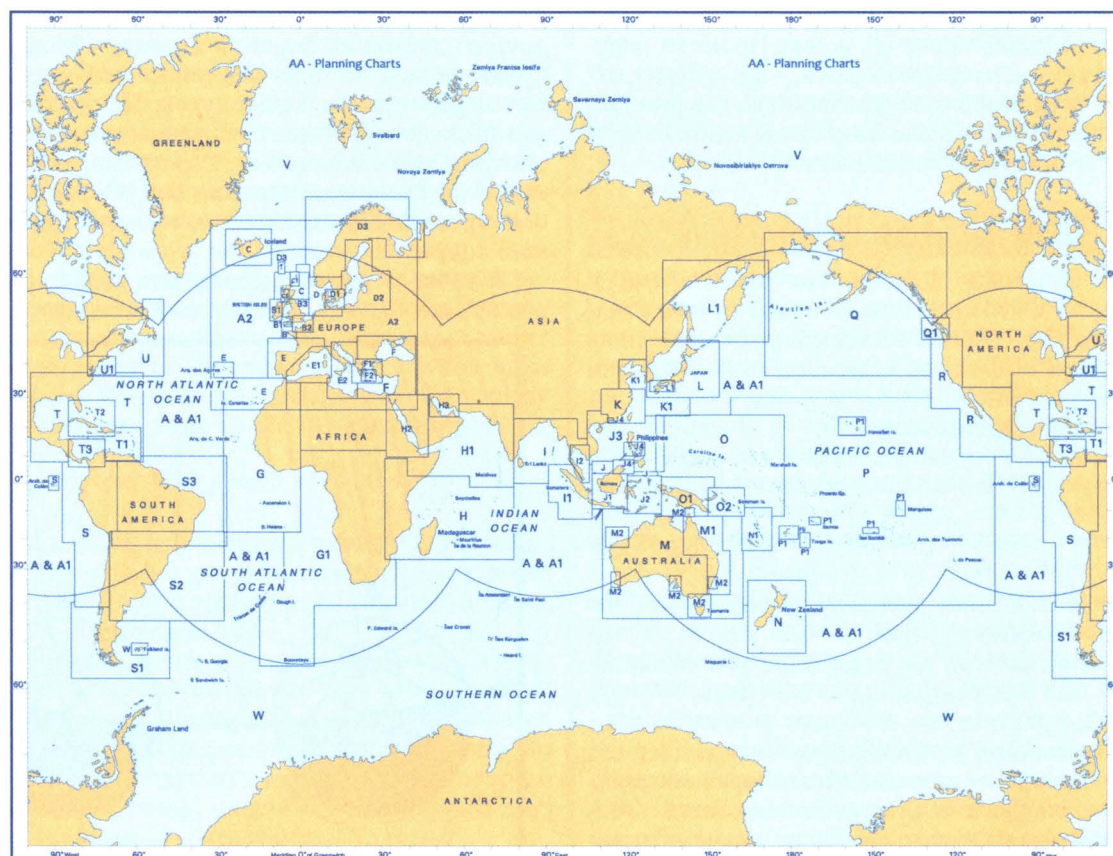


Рис. 6. Морская, или меркаторская, карта земного шара. Этот способ изображения сильно преувеличивает размеры контуров, удаленных от экватора. Что, например, больше: Гренландия или Африка? (Ответы – в тексте).

зывает, что примерно до 5° широты градусы параллельных кругов (т. е. долготы) длиннее градусов меридиана (т. е. широты).

3. Куда полетел Амундсен?

Задача

В какую сторону горизонта направился Амундсен, возвращаясь с северного полюса, и в какую – возвращаясь с южного? Дайте ответ, не заглядывая в дневники великого путешественника.

Решение

Северный полюс – самая северная точка земного шара.

Куда бы мы оттуда ни направились, – мы бы отправились на юг. Возвращаясь с северного полюса, Амундсен мог направиться только на юг; иного направления от туда не было. Вот выписка из дневника его полета к северному полюсу на «Норвегии»:

«Норвегия» описала круг около северного полюса. Затем мы продолжали путь... Курс был взят на юг в первый раз с того времени, как дирижабль оставил Рим».

Точно так же с южного полюса Амундсен мог идти только к северу.

У Козьмы Пруtkова есть шуточный рассказ о турке, попавшем в «самую восточную» страну. «И впереди восток, и с боков восток. А запад? Вы думаете, может быть, что он все-таки виден, как точка какая-нибудь, едва движущаяся вдаль?.. Неправда! И сзади восток. Короче: – везде и всюду нескончаемый восток».

Такой страны, окруженной со всех сторон востоком, на земном шаре существовать не может. Но место, окруженное всюду югом, на Земле имеется, – как и пункт, охваченный со всех сторон «нескончаемым» севером. На северном полюсе можно было бы соорудить дом, все четыре стены которого обращены на юг¹.

4. Пять родов времени

Мы так привыкли пользоваться карманными и стенными часами, что не отдаем себе даже отчета в значении их показаний. Среди читателей, я убежден, лишь немногие смогут объяснить, что собственно хотят они сказать, когда говорят:

– Теперь семь часов вечера.

Неужели только то, что малая стрелка часов показывает цифру семь? Что же означает эта цифра?

Она показывает, что после полудня протекло $\frac{7}{24}$ суток.

Но после какого полудня и прежде, всего $\frac{7}{24}$ от каких суток? Что такое сутки?

Сутки – это промежуток времени, в течение которого земной шар успевает один раз обернуться вокруг своей оси. На практике его измеряют так: наблюдают два последовательных прохождения Солнца (вернее, его центра) через ту линию на небе, которая соединяет точку, находящуюся над головой наблюдателя («зенит») с точкой юга на горизонте. Промежуток этот во-

все не всегда одинаков: Солнце приходит на указанную линию то немного раньше, то позже. Регулировать часы по этому «истинному полудню» невозможно; самый искусный мастер не в состоянии выверить часы так, чтобы они шли строго по Солнцу: для этого оно чересчур неаккуратно. «Солнце показывает время обманчиво», – писали парижские часовщики на своем гербе сто лет назад.

Часы наши регулируются не по реальному Солнцу, а по некоему воображаемому солнцу, которое не светит, не греет, а придумано только для правильного счета времени. Представьте себе, что в природе существует небесное светило, которое движется в течение всего года равномерно, обходя Землю ровно во столько же времени, во сколько обходит вокруг Земли – конечно, кажущимся образом – наше подлинно существующее Солнце. Это созданное воображением светило есть то, что в астрономии именуется «средним солнцем». Момент прохождения его через линию зенит – юг называется «средним полуднем»; промежуток между двумя средними полуднями есть «средние солнечные сутки», а время, так исчисляемое, есть «среднее солнечное время». Карманные и стенные часы идут именно по этому среднему солнечному времени, между тем как солнечные часы, в которых стрелку заменяет тень от стерженька, показывают истинное солнечное время для данного места.

У читателя после сказанного составилось, вероятно, такое представление, что земной шар вращается вокруг оси неравномерно, и отсюда-то происходит неравенство истинных солнечных суток. Это неправильно: неравенство суток обусловлено неравномерностью другого движения Земли, а именно – ее движения по орбите вокруг Солнца. Мы сейчас поймем, как это может отразиться на длине суток. На рис. 7 вы видите два последовательных положения земного шара. Рассмотрим левое положение. Стрелка справа внизу показывает, в каком направлении Земля вращается вокруг оси: против часовой стрелки, если смотреть на северный полюс.

В точке А теперь полдень: эта точка проходит как раз против Солнца. Представьте себе теперь, что Зем-

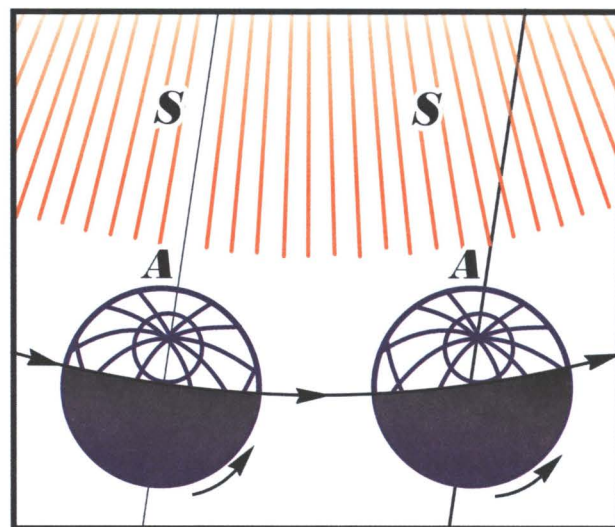


Рис. 7. Почему солнечные сутки длиннее звездных? (Подробности в тексте).

¹ Во время печатания книги славные советские полярники осуществили это на деле.

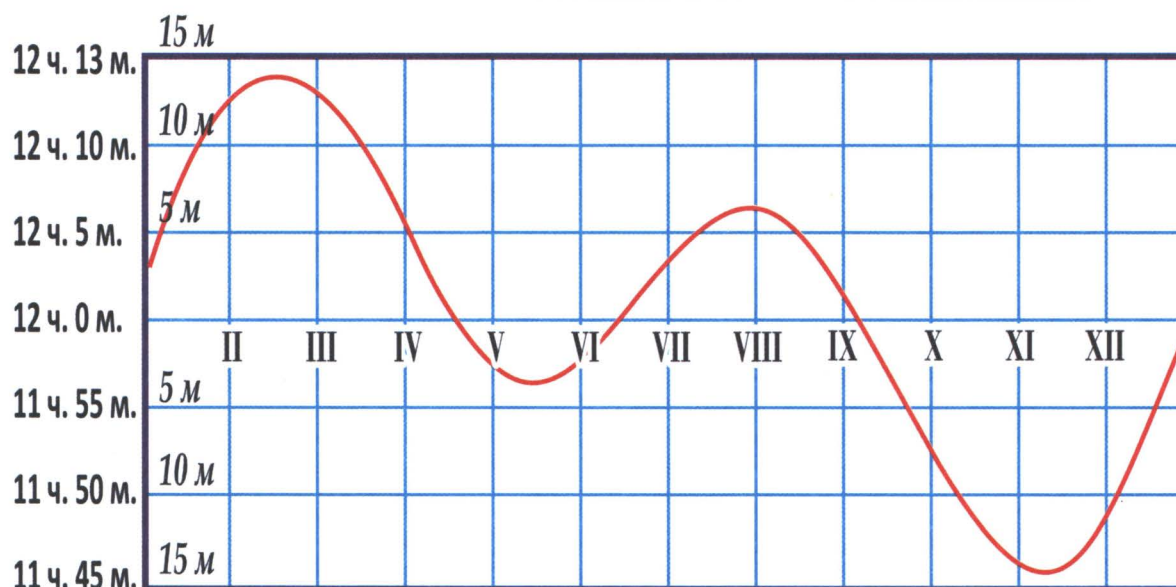


Рис. 8. Эта кривая показывает, как велико в тот или иной день расхождение между истинным и средним солнечным полднем. Например, 1 апреля в истинный полдень верные механические часы должны показывать 12 ч. 5 м. Иными словами, кривая показывает среднее время в истинный полдень.

ля сделала один полный оборот вокруг оси; за это время она успела переместиться по орбите направо и заняла другое место. Радиус Земли, проведенный к точке А, имеет такое же направление, как и сутки назад, но точка А оказывается уже лежащей не прямо против Солнца. Для человека, стоящего в точке А, полдень еще не наступил: Солнце левее прочерченной линии. Земле надо вращаться еще несколько минут, чтобы в точке А наступил новый полдень.

Что же отсюда следует? То, что промежуток между двумя истинными солнечными полуднями длиннее времени полного оборота Земли вокруг оси. Если бы Земля обходила вокруг Солнца по кругу, в центре которого находилось бы Солнце, то разница между действительной продолжительностью оборота вокруг оси и тою кажущейся, которую мы устанавливаем по Солнцу, была бы изо дня в день одна и та же. Ее легко определить, если принять во внимание, что из этих небольших добавок должны в течение года составиться целые сутки (Земля, двигаясь по орбите, делает в год один лишний оборот вокруг оси); значит, действительная продолжительность каждого оборота равнялась бы

$$365 \frac{1}{4} \text{ суток} : 366 \frac{1}{4} = 23 \text{ ч. } 56 \text{ м. } 4 \text{ сек.}$$

Заметим кстати, что «действительная» продолжительность суток есть не что иное, как время вращения Земли по отношению к любой звезде; оттого такие сутки и называют «звездными».

Итак, звездные сутки в среднем короче солнечных на 3 м. 56 сек., круглым счетом — на 4 минуты. Разница не остается постоянной, потому что земной шар обходит около Солнца не равномерным движением по круговой орбите, а по эллипсу, в одних частях которого (более близких к Солнцу) он движется быстрее, в других (более отдаленных) — медленнее.

Эта причина (и еще другая, которую мы здесь рассматривать не будем), обуславливает то, что истинное и среднее солнечное время в разные дни расходятся меж-

ду собою на различное число минут, достигающее в некоторые дни до 16. Только четыре раза в год оба времени совпадают:

15 апреля,
14 июня,
1 сентября,
24 декабря.

Напротив, в дни

11 февраля и
2 ноября

разница между истинным и средним временем достигает наибольшей величины — около четверти часа. Кривая рис. 8 показывает, как велико это расхождение в разные дни года.

До 1919 г. граждане СССР¹ жили по местному солнечному времени. Для каждого меридиана земного шара средний полдень наступает в различное время («местный» полдень); поэтому каждый город жил по своему местному времени; только прибытие и отход поездов назначались по общему для всей страны времени: по ленинградскому (петербургскому, петроградскому). Граждане различали «городское» и «вокзальное» время; первое — местное среднее солнечное время — показывалось городскими часами, а второе — петроградское среднее солнечное время — показывалось часами железнодорожного вокзала².

С 1919 г. в основу счета времени дня положено не местное, а так называемое «международное», или «поясное» время. Земной шар разделен меридианами на 24 одинаковых «пояса», и все пункты одного пояса исчисляют одинаковое время, именно то среднее сол-

¹ Автор имеет ввиду СССР — Союз Советских Социалистических Республик, государство, существовавшее с 1922 по 1991 г. В результате распада СССР возникла Российская Федерация и другие независимые страны, прежде входившие в его состав.

² В настоящее время в России все железнодорожное движение ведется по московскому времени (прим. ред.).

нечное время («главное» время), которое отвечает времени среднего меридиана данного пояса. На всем земном шаре в каждый момент «существует» поэтому только 24 различных времени, а не множество времен, как было до 1919 г.

Впрочем некоторые страны, например Китай, Иран, Мексика еще не присоединились к соглашению о международном времени¹.

К этим трем родам времени – 1) истинному солнечному, 2) среднему местному солнечному и 3) поясно-му – надо прибавить четвертый, употребляемый только астрономами. Это «звездное» время, исчисляемое по упомянутому ранее звездным суткам, которые, как мы уже знаем, короче средних солнечных примерно на 4 минуты. В полдень 22 марта оба времени совпадают, но с каждым следующим днем звездное время опережает гражданское на 4 минуты.

Наконец, существует еще и пятый вид времени, так называемое декретное время, – то, по которому круглый год живет все население СССР, а большинство западных стран – в течение только летнего сезона.

Декретное время исчисляет ровно на один час раньше, чем поясное. Цель этого мероприятия, возникшего впервые на Западе и введенного у нас, состоит в следующем: в светлое время года – с весны до осени – важно заставить население начинать и кончать свой трудовой день пораньше, чтобы снизить расход горючего на искусственное освещение. Этого всего проще достичь официальным переводом часовой стрелки вперед. Такой перевод в западных государствах делается каждую весну (в час ночи стрелка переставляется к цифре 2), а каждую осень часы вновь приводятся в нормальное состояние.

В СССР часы переведены на круглый год, т. е. не только на летнее время, но и на зимнее: расход энергии на освещение этим хотя и не сокращается, но достигается зато более равномерная нагрузка электростанций.

Декретное время впервые было введено у нас в 1917 г.²; в течение некоторого периода оно разнилось от поясного на два и даже на три часа; после нескольких лет перерыва оно вновь введено в СССР с весны 1930 г. и отличается от поясного на один час.

¹ В настоящее время Китай использует единое Пекинское время на всей территории страны. В Иране используется время Тегеранского меридиана, часовой пояс которого отличается от Гринвича на +3,5 часа зимой и на +4,5 часа – летом. Мексика присоединилась к Вашингтонской конвенции о часовых поясах и всемирном времени, состоявшейся в октябре 1884 года в Вашингтоне. Ее территория располагается в трех часовых поясах (прим. ред.).

² По почину Я. И. Перельмана, предложившего этот законопроект³.

³ Декретное время впервые было введено в нашей стране в 1917 году. Ныне понятие «декретное время» выведено из официального употребления в России в связи с введением в 2011 году понятия «местное время», однако порядок исчисления времени «поясное время плюс один час» продолжает действовать во многих регионах и после этого. А в марте 2016 года шесть регионов РФ фактически вернули себе декретное время (прим. ред.).

5. Продолжительность дня

Точная продолжительность дня для каждого места и любой даты года может быть вычислена по таблицам астрономического ежегодника. Нашему читателю едва ли, однако, понадобится для обиходных целей подобная точность; если он готов удовольствоваться сравнительно грубым приближением, то хорошую службу со-служит ему прилагаемый чертеж (рис. 9). Вдоль левого

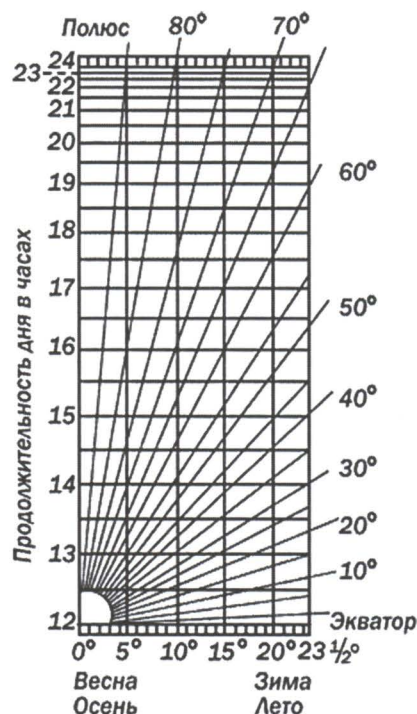


Рис. 9. Чертеж для графического определения продолжительности дня. (Объяснения в тексте).

его края показана в часах продолжительность дня. Вдоль нижнего края нанесено угловое расстояние Солнца от небесного экватора (т. е. того большого круга на небесной сфере, плоскость которого совпадает с плоскостью земного экватора). Это расстояние, измеряемое в градусах, называется «склонением» Солнца. Наконец, косые линии отвечают различным широтам мест наблюдения.

Чтобы пользоваться чертежом, надо знать, как велико угловое расстояние («склонение») Солнца от экватора в ту или иную сторону для различных дней года. Соответствующие данные указаны в табличке ниже:

Склонение Солнца	В какие дни года
0°	21 марта и 23 сентября
+5°	4 апреля и 10 сентября
+10°	16 апреля и 28 августа
+15°	1 мая и 12 августа
+20°	21 мая и 24 июля
+23°	22 июня
-5°	6 октября и 8 марта
-10°	20 октября и 23 февраля
-15°	3 ноября и 8 февраля
-20°	22 ноября и 21 января
-23°	22 декабря

(Знак плюс означает северное полушарие неба, минус – южное).

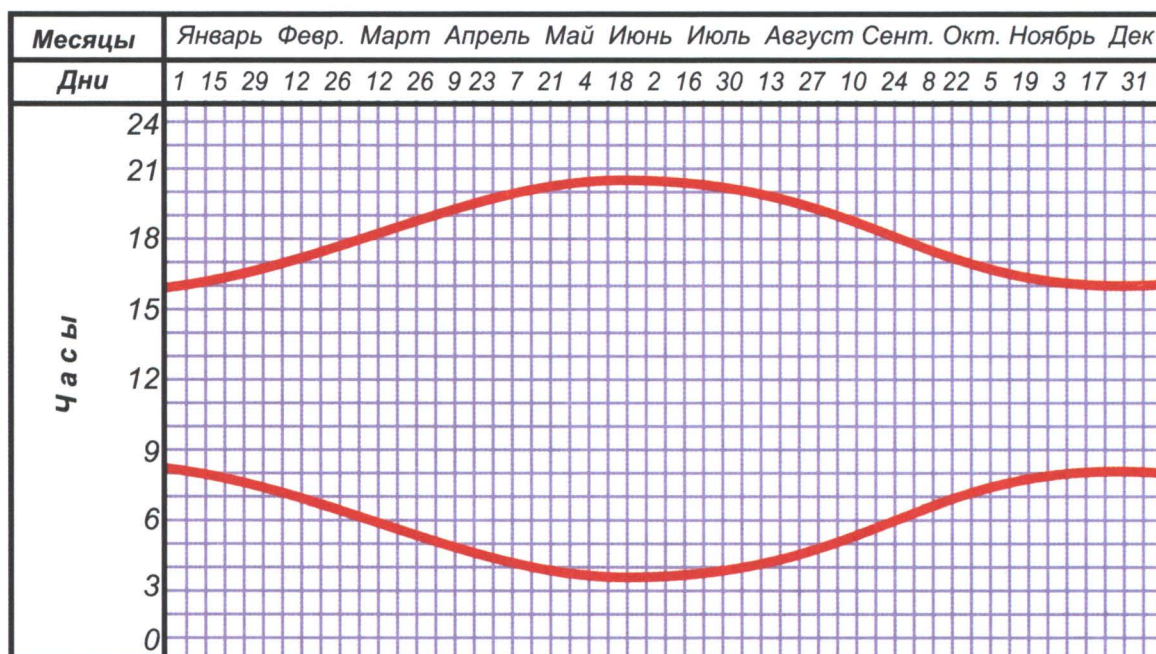


Рис. 10. График восхода и захода Солнца в течение года для 50-й параллели.

Покажем на примерах, как пользоваться этим чертежом.

1. Найти продолжительность дня в середине апреля в Ленинграде (т. е. на широте 60°).

Находим в табличке «склонение» Солнца в середине апреля, т. е. угловое расстояние его в эти дни от небесного экватора: $+10^\circ$. На нижнем краю чертежа отыскиваем число 10° и ведем от него прямую линию под прямым углом к нижнему краю до пересечения с косой линией, отвечающей 60-й параллели. На левом краю точка пересечения отвечает числу $14\frac{2}{3}$, т. е. искомая продолжительность дня равна примерно 14 час. 40 мин. Говорим «примерно» потому, что чертеж не учитывает влияния так называемой «атмосферной рефракции» (см. стр. 18).

2. Найти продолжительность дня 10 ноября в Астрахани (46° ш.).

Склонение Солнца 10 ноября равно -17° . (Солнце в южном полушарии неба.) Поступая по прежнему, находим $14\frac{1}{4}$ часа. Но так как мы имеем на этот раз склонение с минусом, то полученное число означает продолжительность не дня, а ночи. Искомая же продолжительность дня равна $24 - 14\frac{1}{4} = 9\frac{3}{4}$ часа.

Мы можем вычислить также и момент восхода Солнца. Разделив $9\frac{3}{4}$ пополам, получим 4 ч. 50 мин. Зная из рис. 8, что 10 ноября часы в истинный полдень показывают 11 ч. 45 мин., узнаем момент восхода Солнца: $11\text{ ч. }45\text{ мин.} - 4\text{ ч. }50\text{ мин.} = 6\text{ ч. }55\text{ мин.}$ Заход Солнца в этот день произойдет в $11\text{ ч. }45\text{ мин.} + 4\text{ ч. }50\text{ мин.} = 16\text{ ч. }35\text{ мин.}$, т. е. в 4 ч. 35 мин.

Вы видите, что оба чертежа (рис. 8 и 9) при надлежащем использовании могут заменить соответствующие таблицы астрономического ежегодника.

Вы можете, пользуясь изложенным сейчас приемом, составить для широты места вашего постоянного жительства на весь год график восхода и захода Солнца, а также продолжительности дня. Образчик такого графика для 50-й параллели вы видите на рис. 10 (он со-

ставлен по местному, а не по декретному времени). Рассмотрев его внимательно, вы поймете, как надо чертить подобные графики. А начертив его один раз для той широты, где вы живете, вы сможете уже, бросив взгляд на чертеж, сразу сказать, в котором примерно часу взойдет или зайдет Солнце в тот или иной день года.

6. Необычайные тени

Рисунок 11, воспроизведенный на этой странице, может показаться загадочным: человек при полном свете Солнца почти не отбрасывает тени, как герой фанта-



Рис. 11. Человек почти без тени. Рисунок воспроизводит фотографию, снятую вблизи экватора.

стической повести Шамиссо (Петр Шлемиль), Однако рисунок сделан с натуры, – не в наших широтах, а близ экватора, в тот момент, когда Солнце стояло почти отвесно над головой наблюдателя (в «зените»).

В наших широтах Солнце никогда не бывает в зените; видеть такую картину у нас невозможно. Когда полуденное Солнце достигает у нас наибольшей высоты, 22 июня, оно стоит в зените всех мест, расположенных на северной границе жаркого пояса (на тропике Рака, т. е. на параллели $23\frac{1}{2}^\circ$ северной широты). Спустя полгода, 22 декабря, Солнце стоит в зените всех мест, расположенных на $23\frac{1}{2}^\circ$ южной широты (на тропике Козерога). Между этими границами, т. е. в жарком поясе, расположены места, где полуденное Солнце дважды в год стоит в зените и освещает местность сверху так, что люди не дают теней.



Рис. 12. Тени на полюсе не изменяют своей длины в течение суток.

Рис. 12, относящийся к полюсу, напротив, фантастический, но все же поучительный. Человек не может отбрасывать сразу шесть теней; этим приемом художник хотел лишь наглядно показать своеобразную особенность полярного солнца: тени от него в течение целых суток получаются одинаковой длины. Причина та, что Солнце на полюсе в течение суток движется не под углом к горизонту, как у нас, а почти параллельно ему. Ошибка художника однако в том, что он изобразил тени чересчур короткими по сравнению с ростом человека. Если бы тени были такой длины, это указывало бы на высоту Солнца около 40° , невозможную на полюсе: Солнце никогда не поднимается там выше $23\frac{1}{2}^\circ$. Легко вычислить, – читатель, знакомый с тригонометрией, может меня проверить, – что самая короткая тень на полюсе должна быть не меньше 2,3 высоты отбрасывающего ее предмета.

7. Задача о двух поездах

Два совершенно одинаковых поезда идут с одинаковой скоростью в противоположные стороны: один с востока на запад, другой – с запада на восток. Какой из них тяжелее?

Решение

Тяжелее (т. е. сильнее давит на рельсы) тот, который движется против вращения Земли, с востока на запад. Этот поезд медленнее движется вокруг оси земного шара; поэтому он теряет (вследствие центробежного эффекта) из своего веса меньше, чем поезд, идущий на восток.



Рис. 13. Задача о двух поездах.

Как велика разница? Сделаем расчет для поездов, идущих вдоль 60-й параллели со скоростью 36 км/час, или 10 м/сек. Точки земной поверхности на указанной параллели движутся вокруг оси со скоростью 230 м/сек. Значит, поезд, идущий на восток, в направлении вращения Земли, обладает круговой скоростью в $230 + 10$, т. е. 240 м/сек, а идущий на запад, против движения Земли, – скоростью в 220 м/сек. Центростремительное ускорение для первого составляет

$$\frac{24\,000^2}{320\,000\,000} \text{ см/сек}^2,$$

так как радиус кругового пути на 60-й параллели равен 3 200 км.

Для второго поезда оно составляет

$$\frac{22\,000^2}{320\,000\,000} \text{ см/сек}^2.$$

Разница в величине центростремительного ускорения обоих поездов равна

$$\frac{24\,000^2 - 22\,000^2}{320\,000\,000} = \text{около } 0,3 \text{ см/сек}^2.$$

Так как направление центростремительного ускорения составляет с направлением тяжести угол в 60° , то принимаем во внимание только соответствующую часть центростремительного ускорения, именно $0,3 \text{ см/сек}^2 \times \cos 60^\circ = 0,15 \text{ см/сек}^2$.

Это составляет от ускорения тяжести долю $\frac{0,15}{980}$, около 0,00015.

Значит, поезд, идущий на восток, легче идущего в западном направлении на 0,00015 своего веса. Если поезд состоит, например, из паровоза и 15 груженых товарных вагонов, т. е. весит 400 т, то разница в весе будет равняться

$$400 \times 0,00015 = 0,06 \text{ т} = 60 \text{ кг}.$$

Это – вес взрослого человека.

Для крупного парохода водоизмещением в 20 000 т разница составляла бы 3 т: пароход этот при движении на восток со скоростью 36 км/час (20 узлов) весит на 3 т меньше, чем при движении на запад (по 60-й параллели) и, конечно, соответственно мельче сидит в воде. Уменьшение веса при движении судна на восток должно отразиться между прочим на показаниях ртутного барометра; при отмеченной скорости высо-

та барометра должна быть на $0,00015 \times 760$, т. е. на 0,1 мм меньше на пароходе, идущем в восточном направлении, нежели на идущем к западу. Даже пешеход, шагающий по улице Ленинграда с запада на восток, при скорости ходьбы 5 км/час, становится примерно на 1 г легче, чем идя с востока на запад.

8. Стороны горизонта по карманным часам

Способ находить в солнечный день стороны горизонта по карманным часам общеизвестен. Циферблат располагают так, чтобы часовая стрелка была направлена на Солнце. Угол между этой стрелкой и линией VI–XII делят пополам: равноделящая укажет тогда направление на юг. Нетрудно понять основание этого способа. Солнце в суточном движении обходит небо в 24 часа, часовая же стрелка обходит циферблат в 12 часов, т. е. описывает в одинаковое время вдвое большую дугу. Значит, если в полдень часовая стрелка указывала на Солнце, то спустя некоторое время она опередит его, описав своим концом вдвое большую дугу. Вот почему, разделив при указанном раньше положении циферблата пополам дугу, описанную стрелкой, мы должны най-

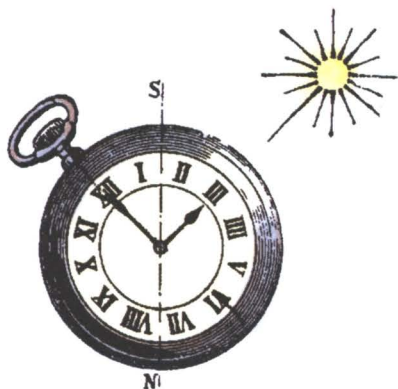


Рис. 14. Простой, но неточный прием определения сторон света с помощью карманных часов.

ти то место неба, где находилось Солнце в полдень, т. е. направление на юг (рис. 14).

Испытание показывает однако, что прием этот крайне неточен, греша на десятки градусов. Чтобы понять, почему так происходит, надо ближе разобраться в рекомендуемом способе.

Основная причина неточности та, что циферблат располагается параллельно плоскости горизонта, суточный же путь Солнца лежит в горизонтальной плоскости только на полюсе, на всех же других широтах он составляет с горизонтом разные углы – вплоть до прямого на (экваторе). Поэтому ориентироваться по карманным часам можно безошибочно только на полюсе, во всех же прочих местах неизбежна большая или меньшая погрешность.

Обратимся к чертежу (рис. 15). Пусть наблюдатель расположен в точке M ; точка N – полюс мира; круг $HASNQBQ$ (небесный меридиан) проходит через зенит наблюдателя и через полюс. На какой широте находится наблюдатель, легко определить: для этого достаточно

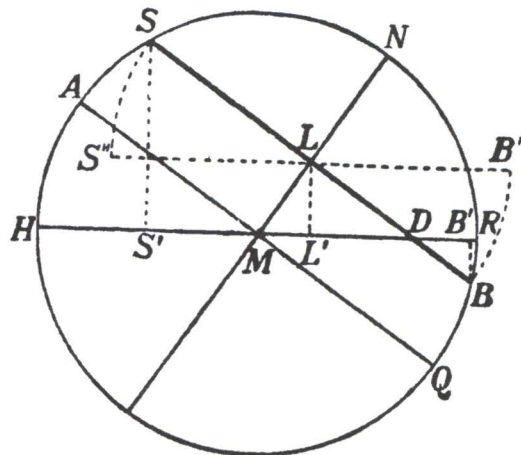


Рис. 15. Почему карманные часы в роли компаса дают неточные показания? (Сравни с рис. 16).

измерить транспортиром высоту полюса над горизонтом HR ; она равна широте места¹. Глядя из M в направлении H , наблюдатель имеет перед собою точку юга. Путь Солнца по небу мы видим на этом чертеже с ребра – в форме не дуги, а прямой линии, которая частью лежит над линией горизонта HR (дневной путь), частью же под нею (ночной путь). Прямая AQ изображает путь Солнца в дни равноденствий; как видим, дневной путь равен тогда ночному. SB – путь Солнца в начале лета; он параллелен AQ , но большая часть его лежит выше горизонта, и только незначительная часть (вспомним короткие летние ночи) находится под горизонтом. По этим кругам Солнце ежедневно проходит 24-ю долю их полной длины, т. е. $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$. И все же

через три часа после полудня Солнце не оказывается в юго-западной точке горизонта, как можно ожидать ($15^\circ \times 3 = 45^\circ$); причина расхождения та, что проекции равных дуг солнечного пути на плоскость горизонта неравны между собою.

Это станет нагляднее, если разберемся в рис. 16. На нем $SWNO$ изображает круг горизонта, видимый с зенита. Прямая SN – небесный меридиан. Наблюдатель и здесь занимает центральное положение в точке M . Центр круга, описываемого на небе Солнцем, проектируется на круг горизонта не в точке M , а в точке L . Самый круг солнечного пути SB представим себе повернутым сначала в горизонтальное положение ($S''B''$ рис. 15); от этого форма его не исказится, и мы легко можем разделить его на 24 равные части, по 15° в каждой. Затем повернем этот круг снова в первоначальное наклонное положение и спроектируем его на плоскость горизонта. Получим эллипс с центром в L (рис. 16). Точки деления эллипса на часовые промежутки найдем, если из точек деления охватывающего его круга $S''B''$ проведем прямые линии, параллельные SN . Ясно, что мы получим при этом неравные дуги; они будут казаться наблюдателю еще более неравными, потому что он рассматривает их не из центра L эллипса, а из точки M в стороне от него.

¹ Почему это так, объяснено в моей книге «Занимательная геометрия», в главе «Геометрия Робинзонов».

Проследим теперь, как велика может быть погрешность определения по циферблату сторон горизонта в летний день для взятой нами широты (53°). Солнце восходит тогда между 3 и 4 часами утра (граница заштрихованного сегмента, означающего ночь). В точку O востока (90°) Солнце приходит не в 6 часов, как должно быть по циферблату, а в половине 8-го. В 60° от точки юга оно будет не в 8 ч. утра, а в $9\frac{1}{2}$ ч.; в 30° от точки юга – не в 10 ч., а в 11 ч. В точку юго-запада (45° по другую сторону от 8) Солнце является не в 3 ч. дня, а в 1 ч. 40 м.; на западе оно бывает не в 6 ч. вечера, а в 4 ч. дня.

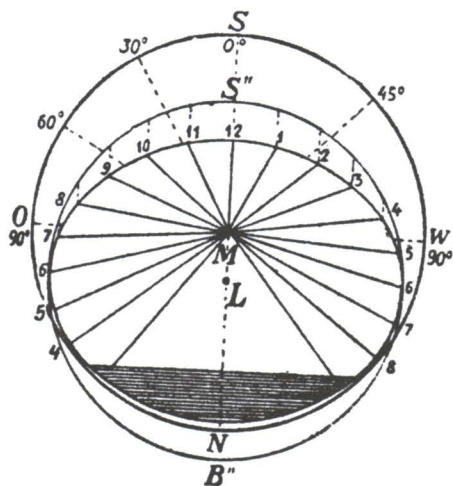


Рис. 16. Дополнение к рис. 15.

Если прибавить ко всему этому то, что декретное время, которое показывают карманные часы, не совпадает с местным истинным солнечным временем, то неточность в определении сторон горизонта должна еще возрасти.

Итак, карманные часы хотя и могут служить компасом, но очень ненадежным. Меньше всего грешит такой компас около эпохи равноденствия (отпадает эксцентрическое положение наблюдателя) и в зимнее время.

9. Белые ночи и черные дни

С середины апреля Ленинград вступает в период белых ночей – того «прозрачного сумрака» и «блеска безлунного», в фантастическом свете которого родилось столько поэтических замыслов. Литературные традиции так тесно связали белые ночи именно с Ленинградом (Петербургом), что многие готовы считать их исключительной достопримечательностью нашей бывшей столицы. В действительности, конечно, белые ночи, как явление астрономическое, характерны для всех мест, лежащих выше определенной широты.

Если отвлечься от поэзии и обратиться к астрономической правде этого явления, то белая ночь – не что иное, как слияние вечерних и утренних сумерек. Пушкин правильно определил сущность этого феномена, как смычку двух зорь, вечерней и утренней: «И не пуская тьму ночную на золотые небеса, одна заря сменить другую спешит...» В тех широтах, где Солнце в своем суточном движении по небесному своду неглубоко опускается ниже горизонта, не глубже $17\frac{1}{2}^\circ$, – там вечерняя

заря не успевает померкнуть, как уже загораются лучи утренней, не давая ночи и получаса.

Разумеется ни Ленинград, ни какой-либо другой пункт не имеет привилегии быть единственным местом, где наблюдается это явление. Граница зоны белых ночей вычисляется астрономически. И оказывается, что слияние зорь может быть наблюдаемо уже гораздо южнее широты Ленинграда. Москвичи тоже могут любоваться белыми ночами, – приблизительно со средних чисел мая по конец июля. Здесь они не так светлы, как в Ленинграде в те же дни, но ленинградские майские белые ночи, так сказать, могут быть наблюдаемы в Москве в течение всего июня и начала июля.

Южная граница зоны белых ночей проходит в СССР на широте Полтавы, на 49° ($66\frac{1}{2}^\circ - 17\frac{1}{2}^\circ$). Здесь бывает одна белая ночь в году – именно 22 июня. К северу, начиная с этой широты, белые ночи становятся все светлее, а период их – длиннее. Есть белые ночи и в Куйбышеве, и в Казани, и в Пскове, и в Кирове, и в Енисейске, но так как пункты эти южнее Ленинграда, то белые ночи охватывают там меньший период (по обе стороны от 22 июня) и не достигают такой яркости. Зато в Пудожье они еще светлее, чем в Ленинграде, а особенно светлы в Архангельске, расположенном уже недалеко от зоны незаходящего Солнца. Белые ночи Стокгольма ничем не отличаются от ленинградских.

Когда нижняя часть суточного пути Солнца совсем не погружается под горизонт, а лишь слегка скользит по нему, мы имеем уже не только слияние двух зорь, но и непрерывный день. Это впервые можно наблюдать на $65^\circ 42'$ широты: здесь начинается царство полярного Солнца. Еще севернее – с $67^\circ 24'$ – можно наблюдать также и непрерывную ночь, слияние утренней зари с вечерней через полдень, а не через полночь. Это – «черный день», противоположность белой ночи, хотя степень их освещения одинакова. Страна черных дней – та же страна полярного Солнца, только в другое время года. Где можно видеть незаходящее Солнце в июне¹, там в декабре господствует многосуточный мрак, обусловленный невосходящим Солнцем.

10. Смена света и тьмы

Белые ночи – наглядное доказательство того, что усвоенное нами с детства представление о правильной смене дня и ночи на земном шаре слишком упрощенно охватывает картину этого чередования. На самом деле периодическая смена света и темноты на нашей планете гораздо разнообразнее и не укладывается в привычную схему дня и ночи. В этом отношении обитаемый нами шар можно разделить на 5 поясов, каждый из которых имеет свой порядок чередования света и тьмы.

Первый пояс – если идти от экватора к обоим полюсам – простирается до 49° параллели: здесь, и только здесь – каждые сутки бывают полный день и полная ночь.

Второй пояс – между 49 и $65\frac{1}{2}^\circ$, включающий все места нашего Союза севернее Полтавы, – имеет около

¹ На о-ве Тромзе, в Норвегии, Солнце не погружается под горизонт, начиная с 19 мая по 26 июля, в Гаммерфесте (на о-ве Квало) – с 14 мая по 30 июля, а близ мыса Нордкапа – с 12 мая по 1 августа.

времени летнего солнцестояния период непрерывных сумерек; это пояс белых ночей.

В третьем, узком поясе между $65\frac{1}{2}^\circ$ и $67\frac{1}{2}^\circ$ Солнце около 22 июня в течение ряда суток вовсе не заходит: пояс полуночного Солнца.

Для четвертого пояса, между $67\frac{1}{2}^\circ$ и $83\frac{1}{2}^\circ$, характерна кроме непрерывного дня в июне еще многосуточная ночь в декабре: Солнце в течение ряда суток вовсе не восходит, утренние и вечерние сумерки поглощают день. Это – пояс черных дней.

Самый сложный случай чередования света и темноты мы имеем в пятом поясе, севернее $83\frac{1}{2}^\circ$. Та брешь, которую пробивают в однообразной смене дней и ночей ленинградские белые ночи, достигает здесь полного разрыва с привычным порядком. Все полугодие от летнего до зимнего солнцестояния, т. е. от 22 июня до 22 декабря, разделяется на 5 периодов, на 5 времен года, если хотите. В течение первого периода стоит непрерывный день; в течение второго – дни чередуются с сумерками около полуночи, но полных ночей не бывает (слабым подобием их и являются летние ленинградские ночи); в течение третьего периода стоят непрерывные сумерки, – полных дней и ночей вовсе не бывает; в течение четвертого периода эти сплошные сумерки сгущаются около полуночи в полную ночь; наконец, в пятый период царит сплошная ночь. В следующем полугодии – с декабря по июнь – те же явления повторяются в обратном порядке.

По другую сторону экватора, в южном полушарии, на соответствующих географических широтах наблюдаются, конечно, такие же явления.

Если мы ничего не слышим о белых ночах «далекого юга», то лишь по той причине, что там – область океана.

Параллель, отвечающая в южном полушарии широте Ленинграда, не пересекает ни одного клочка твердой земли, – вся лежит в океане; любоваться «белыми ночами юга» могут только южно-полярные мореплаватели и исследователи.

11. Полярная загадка

Задача

Полярные путешественники отмечают любопытную особенность лучей летнего Солнца в высоких широтах. Лучи его слабо греют там землю, зато оказывают неожиданно сильное действие на все предметы, возвышающиеся отвесно.

Заметно нагреваются крутые склоны скал и стены домов, быстро тают ледяные горы, растопляется смола в бортах деревянных судов, обжигается кожа лица и т. п.

Чем же объяснить подобное действие лучей полярного солнца на вертикально стоящие предметы?

Решение

Мы имеем здесь неожиданное следствие физического закона, в силу которого действие лучей тем значительнее, чем отвеснее падают они на поверхность тела. Солнце в полярных странах даже летом стоит невысоко: его высота за полярным кругом не может превышать половины прямого угла, а в высоких широтах значительно меньше половины прямого угла.

Легко сообразить, что если солнечные лучи составляют с горизонтальной поверхностью угол мень-

ше половины прямого, то с отвесной линией они должны составлять угол больше половины прямого, иначе говоря, встречать вертикальные поверхности довольно круто.

Теперь понятно, что по той же причине, по какой лучи полярного солнца слабо греют землю, они должны усиленно нагревать все отвесно возвышающиеся предметы.

12. Об одном заблуждении

С вращением Земли связано заблуждение, широко распространенное даже среди людей образованных. Оно касается стремления рек северного полушария отклоняться в правую сторону, вследствие чего правые берега северных рек высокие, обрывистые, а левые – низкие, размытые. Заблуждение состоит в том, что указанную особенность считают присущей только рекам, текущим вдоль меридианов, т. е. на юг или на север; реки же, текущие вдоль параллелей, – на запад или на восток, – не отличаются будто бы этой особенностью.

Академик Бэр, установивший (в 1857 г.) это правило, которое называется «законом Бэра», сам придерживался сейчас отмеченного ошибочного мнения. Его работа носит заглавие: «Почему у наших рек, текущих на север или на юг, правый берег высок, левый – низмен». Попало это ошибочное представление и во многие учебники, наши и заграничные, и даже в лучший из русских дореволюционных энциклопедических словарей («Новый энц. словарь Брокгауза и Ефрона»). Вот что мы читаем в этом издании:

«Скорость вращения различных точек земной поверхности не одинакова, а изменяется от максимальной у экватора, постепенно уменьшаясь к полюсам, где она равна нулю. Если мы остановимся на реках северного полушария, текущих на юг, то мы заметим, что каждая частица воды, переходя из широт с меньшей скоростью в широты с большей скоростью, удерживая некоторое время по инерции свою прежнюю скорость, будет отставать от движения соответственных точек поверхности земли в данной широте. Результатом совокупной деятельности этого отставания и меридионального движения вследствие падения реки явится, по закону параллелограмма сил, равнодействующая, подмывающая правый (западный) берег». Иначе говоря, вода в реке, текущей на юг, имеет восточную скорость, но все время отстает от своего ложа, тоже уносимого земным вращением на восток; поэтому вода ударяет в западный берег.

В приведенном рассуждении причина отклонения указана неполно: дело не столько в сохранении водою ее скорости по величине, сколько в сохранении ее по направлению. Привожу далее более полное объяснение явления Бэра, не порождающее ошибочных выводов.

Следите за ходом рассуждений, держа перед глазами рис. 17. Пусть мы имеем реку, текущую на восток вдоль параллели, начерченной на рисунке. Выделим небольшой участок этой реки в тот момент, когда он находится в положении *I*; вода течет в направлении *WO*. Когда же участок займет положение *II*, он словно повернется, как показано стрелками; вода же будет стремиться течь по прежнему направлению, параллельно линии *WO* в кружке *I*; это параллельное направление обозна-

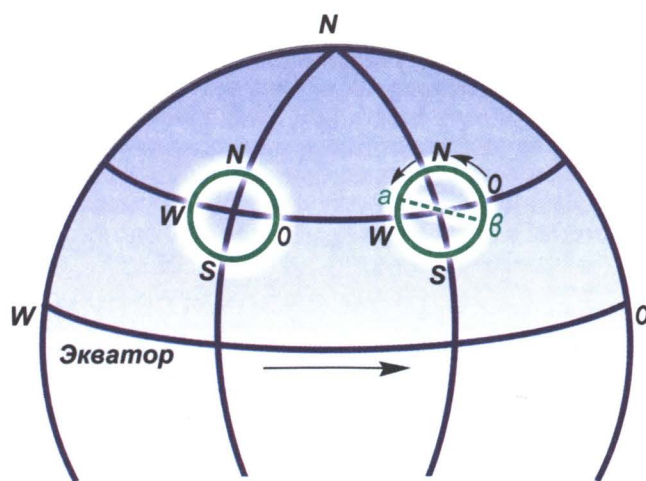


Рис. 17. Причина явления Бэра.

чено в кружке II пунктирной линией *ab*. Вы видите, что вода должна ударять в правый берег своего русла.

Читатель сам сможет применить те же соображения к случаям, когда река течет в любом другом направлении; он убедится, что во всех случаях закон Бэра вполне применим. Ограничение его применимости одним лишь меридиональным направлением – предрассудок. Правый берег Дуная высок и обрывист по той же причине, как и правый берег Днестра или Енисея.

Многие очень смутно уясняют связь между строением берегов и отклонением реки. Дело надо представлять себе так. Ударяя в свой правый берег, вода постепенно размывает его и отступает вправо; по истечении долгого промежутка времени река оставит по левую сторону от себя низкую, размытую ею равнину и будет прижиматься к еще неразмытому, высокому берегу. Процесс этот протекает нередко так деятельно, что отступление рек от прежнего русла наблюдается даже в исторически охватываемые промежутки времени. Город Черный Яр, например, триста лет назад перенесенный дальше от подмываемого правого берега Волги, сейчас оказался снова у самой воды и подвержен опасности разрушения.

Закон Бэра применим не только к текучей воде, но и ко всяким перемещающимся по земной поверхности массам, например, к движению железнодорожных поездов или к полету артиллерийских снарядов. Поезда чаще сходят с рельсов в правую сторону; больше изнашивается (на двухпутных дорогах) также правый рельс. Добавочное давление поезда на правый рельс, порождаемое явлением Бэра, может быть вычислено; для поезда, например, весом 500 т, мчащегося со скоростью 80 км/час, оно равно 150 кг. Это, конечно, слишком малая сила, чтобы вызвать сход с рельсов, но достаточная, чтобы объяснить преимущественный сход в правую сторону.

Что касается артиллерийских снарядов, то в северном полушарии путь их также несколько отклоняется вправо; это отклонение принимается во внимание при точных артиллерийских расчетах.

Самое поучительное применение находят себе изложенные соображения в теории известного маятника Фуко. Едва ли нужно на нем здесь останавливаться: я убежден, что читатель знаком с ним, а может быть и ви-

дел его в Ленинградском антирелигиозном музее (бывшем Исаакиевском соборе)¹.

Подвержены отклоняющему действию даже и ружейные пули: пуля, выпущенная из винтовки на 45-й параллели в северном направлении, при дальности полета в 1 км и продолжительности его 2 сек., отклоняется от точки прицела примерно на 10 см; более медленная пуля отклоняется на том же расстоянии на еще большую величину.

13. Когда начинаются времена года

Бушует ли 21 марта снежная метель, стоит ли крепкий мороз или, наоборот, установилась мягкая оттепель, – день этот во всех случаях считается концом зимнего сезона и началом весны, весны астрономической. Многим представляется совершенно непонятным, почему именно указанная сейчас дата, 21 марта (в иные годы – 22) избрана служить границей между зимой и весной, хотя в эту пору может еще в полной силе господствовать суровый мороз или же, напротив, давно уже стоять теплая погода.

Дело в том, что начало астрономической весны определяется вовсе не изменчивыми и ненадежными признаками погоды. Уже одно то, что момент наступления весны устанавливается один для всех мест данного полушария Земли, должно навести на мысль, что особенности погоды не имеют здесь существенного значения. Не может же на целой половине земного шара стоять всюду одинаковая погода!

И действительно, при установлении сроков наступления сезонов года астрономы руководствуются явлениями не метеорологическими, а чисто астрономическими: высотой полуденного солнца и вытекающей отсюда продолжительностью дня. Та или иная погода является уже обстоятельством сопутствующим.

День 21 марта отличается от других дней года тем, что в этот момент граница света и тени на нашей планете проходит как раз через оба географических полюса. Взяв в руки глобус и держа его соответственно повернутым к лампе, вы убедитесь, что граница освещения следует тогда по линии земного меридиана, пересекая экватор и все параллельные круги под прямым углом. Поворачивайте глобус в таком положении вокруг оси, освещая его лампой: каждая точка поверхности глобуса опишет при этом круг, ровно половина которого погружена в тень и ровно половина находится в свету. Это означает, что в указанный момент года продолжительность дня равняется продолжительности ночи. Равенство дня и ночи наблюдается в эту пору на всем земном шаре от северного до южного полюса. А так как день длится тогда 12 часов – половину суток, то Солнце восходит всюду в 6 часов и закатывается в 18 часов (конечно, по местному времени).

Итак, вот чем выделяется дата 21 марта: день и ночь равны тогда между собой на всей поверхности нашей

¹ В 1990 г. Музею было возвращено первоначальное название – Государственный музей истории религии. В 2000 г. он переехал в здание на Почтамтской улице. Исаакиевский собор, оставаясь крупнейшим православным храмом Санкт-Петербурга, имеет статус музея (прим. ред.).

планеты. Астрономическое наименование этого замечательного момента: «весеннее равноденствие», – весеннее, потому что равноденствие это не единственное в году. Спустя полгода, 23 сентября, снова бывает момент равенства дня и ночи – «осеннее равноденствие», отмечающее конец лета и начало осени. Когда в северном полушарии весеннее равноденствие, тогда по другую сторону экватора, в южном полушарии, равноденствие осеннее, и наоборот. По одну сторону экватора зима сменяется весной, по другую – лето сменяется осенью. Времена года в северном полушарии не совпадают с сезонами южного.

Проследим также за тем, как меняется в течение года сравнительная долгота дня и ночи. Начиная с осеннего равноденствия, т. е. с 23 сентября, светлая часть суток в северном полушарии короче темной. Так продолжается целое полугодие, в течение которого дни сначала еще укорачиваются – до 22-го декабря, затем прибавляются, пока 21 марта день не сравняется с ночью. С этого момента в течение всего остального полугодия день в Северном полушарии длиннее ночи. Дни удлиняются до 21 июня, после чего убывают, оставаясь первые три месяца длиннее ночи; они опять сравниваются с ночью лишь в момент осеннего равноденствия (23 сентября).

Указанные четыре даты и определяют собою начало и конец астрономических времен года. А именно, для всех мест Северного полушария:

- 21 марта – день, равный ночи, – начало весны,
- 22 июня – самый долгий день – начало лета,
- 23 сентября – день, равный ночи, – начало осени,
- 22 декабря – самый короткий день – начало зимы.

По другую сторону экватора, в южном полушарии Земли, с нашей весной совпадает осень, с нашим летом – зима и т. п.

Предложим читателю в заключение несколько вопросов, размышление над которыми поможет ему лучше уяснить и запомнить сказанное:

1. Где на земном шаре день равен ночи круглый год?
2. В котором часу (по местному времени) взойдет в Ташкенте Солнце 21 марта нынешнего года? В котором часу взойдет оно в тот же день в Токио? В Буэнос-Айресе?
3. В котором часу (по местному времени) закатится Солнце в Новосибирске 23 сентября нынешнего года? А в Нью-Йорке? На мысе Доброй Надежды?
4. В котором часу восходит Солнце в пунктах экватора 2 августа? 27 февраля?
5. Случаются ли июльские морозы и январские знойные дни?¹

¹ Ответы на вопросы: 1) День всегда равен ночи на экваторе, потому что граница освещения делит круг экватора на две равные части при всяком положении земного шара. 2) и 3) В дни равноденствия Солнце всюду на Земле восходит в 6 часов и заходит в 18 часов местного времени. 4) На экваторе Солнце в течении всего года восходит ежедневно в 6 часов местного времени. 5) В высоких широтах южного полушария июльский мороз и январский летний зной – обычные явления.

14. Три «если бы»

Слишком привычное уясняется нередко с большим трудом, чем необычное. Особенности десятичной системы счисления, которой мы овладаем с детства, обнаруживаются для нас только тогда, когда мы пробуем изображать числа в иной, например, в семиричной или двенадцатиричной системе. Сущность евклидовой геометрии постигается нами, лишь когда мы начинаем знакомиться с геометрией неевклидовой. Чтобы хорошо понять, какую роль в нашей жизни играет сила тяжести, надо вообразить, что она во много раз больше или меньше, чем в действительности. Мы так и поступим, когда будем говорить о тяжести. А сейчас воспользуемся способом «если бы», чтобы лучше уяснить себе условия движения Земли вокруг Солнца.

Начнем с затверженного в школе положения, что земная ось составляет с плоскостью орбиты Земли угол в $66\frac{1}{2}^\circ$ (около $\frac{3}{4}$ прямого угла). Вы хорошо поймете значение этого факта лишь тогда, когда вообразите, что угол наклона иной, – составляет не $\frac{3}{4}$ прямого угла, а например, целый прямой. Иначе говоря, представьте себе, что ось вращения Земли перпендикулярна к плоскости орбиты, как мечтали сделать члены Пушечного клуба в фантастическом романе Жюль Верна «Вверх дном». Какие изменения вызвало бы это в привычном обиходе природы?

15. Если бы земная ось была перпендикулярна к плоскости орбиты

Итак, вообразим, что предприятие жюльверновских артиллеристов «выпрямить земную ось» осуществилось, и она стала под прямым углом к плоскости движения нашей планеты вокруг Солнца. Какие перемены заметили бы мы в природе?

Прежде всего, нынешняя Полярная звезда – альфа Малой Медведицы – перестала бы быть полярной. Продолжение земной оси не будет уже проходить близ нее, и звездный купол станет вращаться вокруг другой точки неба.

Совершенно изменилась бы, далее, смена времен года; изменилась бы в том смысле, что смены этой больше не было бы вовсе. Чем обусловлена смена времен года? Почему летом теплее, чем зимой? Не станем уклоняться от ответа на этот банальный вопрос. В школе разъясняют его далеко не достаточно, а позднее у большинства людей не бывает досуга им заняться.

Летом в северном полушарии становится тепло потому, во-первых, что из-за наклонного положения земной оси, северный конец которой теперь обращен больше к Солнцу, дни делаются длинными, ночи – короткими. Солнце дольше греет почву, а по ночам Земля не успевает заметно остыть; приход тепла возрастает, расход уменьшается. Вторая причина та, что вследствие опять-таки наклона земной оси в сторону Солнца дневное светило ходит по небу высоко, и лучи его встречают почву под большим углом. Значит летом Солнце греет не только долго, но и сильно, ночное же остывание непродолжительно. Зимой – наоборот: Солнце греет

мало времени и притом греет слабо, а ночное остывание длится долго. В южном полушарии те же явления происходят шестью месяцами позднее (или раньше). Весною и осенью оба полюса занимают одинаковое положение по отношению к солнечным лучам; круг освещения почти совпадает с меридианами, дни и ночи близки к равенству, – создается климатическая обстановка средняя между зимою и летом.

Будут ли эти перемены происходить, если земная ось станет перпендикулярно к плоскости орбиты? Нет, потому что земной шар окажется всегда в одинаковом положении относительно лучей Солнца, и в

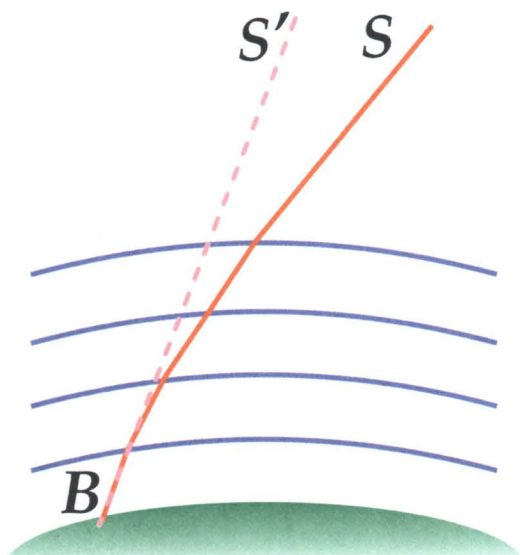


Рис. 18. Что такое атмосферная рефракция. Луч, исходящий от светила S, пронзая земную атмосферу, преломляется в каждом ее слое и искривляется. Вследствие этого наблюдателю В луч кажется вышедшим из точки S'. Явление это обуславливает видимое поднятие всех светил выше их геометрического положения.

каждой точке круглый год будет царить одно время года. Какое? Для умеренного и полярного поясов мы можем назвать его весною, хотя оно имеет столько же прав именоваться и осенью. Дни всегда и всюду будут равны ночи, как теперь бывают только в 20-х числах марта и сентября. (В таком примерно положении находится планета Юпитер: ось ее вращения почти перпендикулярна к плоскости движения ее вокруг Солнца.)

Так происходило бы в нынешнем умеренном поясе. В жарком поясе климатические изменения были бы не столь заметны; на полюсах, напротив, они были бы всего значительнее. Здесь вследствие атмосферной рефракции, слегка поднимающей светила над горизонтом (рис. 18), Солнце никогда не заходило бы, а круглый год скользило бы у горизонта. Стоял бы вечный день, вернее – вечное раннее утро. Хотя теплота, приносимая лучами столь низкого Солнца, незначительна, но так как нагревание длилось бы непрерывно круглый год, то суровый полярный климат был бы заметно смягчен. Вот единственная выгода от перемены угла наклона оси, выгода, не вознаграждаемая ущербом, который понесут самые культурные области земного шара.

Сделаем теперь мысленно другую перемену: придадим земной оси наклон в половину прямого угла. В

16. Если бы земная ось была наклонена к плоскости орбиты на 45°

пору равноденствий (около 21 марта и около 23 сентября) смена дней и ночей на Земле будет такая же, как и теперь. Но в июне Солнце окажется в зените для 45-й параллели (а не для $23\frac{1}{2}^\circ$): эта широта играла бы роль тропиков. На широте Ленинграда (60°) Солнце не доходило бы до зенита только на 15° ; высота Солнца поистине тропическая! Но по другую сторону той же 45-й параллели, которая ограничивала бы тогда жаркий пояс, начинался бы уже вечный день. Жаркий пояс непосредственно примыкал бы к холодному, а умеренного не существовало бы вовсе. В Москве, в Харькове весь июнь царил бы непрерывный, беззакатный день. Зимой, напротив, целые декады длилась бы сплошная полярная ночь в Москве, Киеве, Харькове, Полтаве. Жаркий же пояс на это время превратился бы в умеренный, потому что Солнце будет подниматься там в полдень не выше 45° .

Тропический пояс, конечно, много потерял бы от этой перемены, так же, как и умеренный. Полярная же область и на этот раз кое-что выгадала бы: здесь после очень суровой (суровее, чем ныне) зимы наступал бы умеренно-теплый летний период, когда даже на самом полюсе Солнце стояло бы в полдень на высоте 45° и светило бы дольше полугода. Вечные льды Арктики заметно уступили бы дружному действию солнечных лучей.

Третий мысленный опыт наш состоит в том, что мы кладем ось Земли в плоскость ее орбиты. Земля

17. Если бы земная ось лежала в плоскости орбиты

будет обходить Солнце «лежа», вертясь вокруг оси примерно так, как вертится далекий член нашей планетной семьи – Уран. Что произойдет? Близ полюсов стояли бы тогда непрерывные многосуточные сумерки, или же Солнце кружилось бы несколько суток на

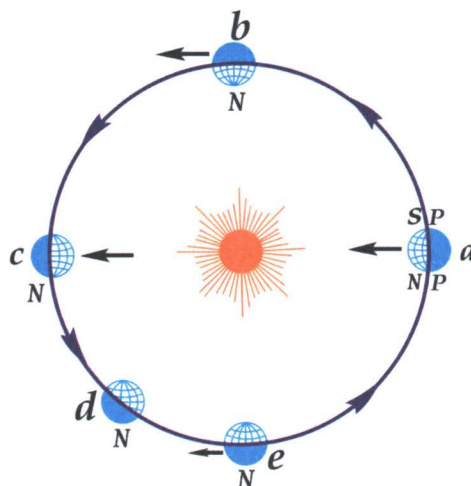


Рис. 19. Как двигался бы земной шар вокруг Солнца, если бы ось вращения Земли лежала в плоскости ее орбиты.

самом горизонте. В остальное время года на полюсах царил бы ночь, а затем – полугодовой день, в течение которого Солнце спирально поднималось бы вверх от горизонта к самому зениту и снова опускалось бы к горизонту по такой же спиральной линии. В такое лето должны растаять все льды, накопившиеся за зиму.

В средних широтах дни будут быстро нарастать от начала весны, а затем в течение некоторого времени будет длиться многосуточный день. Этот долгий день наступит через столько примерно суток, на сколько градусов данное место отстоит от полюса, и будет длиться приблизительно столько суток, сколько градусов в широте места.

Для Ленинграда, например, многосуточный день наступил бы через 30 дней после 21 марта и длился бы 60 суток. За тридцать суток до 23 сентября снова являлись бы ночи. Зимой будет происходить обратное: взамен непрерывного многосуточного дня столько же времени будет сплошная ночь. И только на экваторе день всегда равнялся бы ночи.

Приблизительно в таком положении по отношению к плоскости орбиты находится, как было упомянуто, ось Урана: наклонение оси этой планеты к плоскости ее движения вокруг Солнца равно всего 8° . Уран, можно сказать, обращается вокруг Солнца в «лежащем» положении.

После этих трех «если бы» читателю, вероятно, стала яснее тесная связь между климатическими условиями и наклоном земной оси. Не случайно слово «климат» значит по-гречески «наклон».

18. Еще одно «если бы»

Обратимся теперь к другой стороне движения нашей планеты – к форме ее орбиты. Как и все планеты, Земля подчиняется первому закону Кеплера: планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Каков же тот эллипс, по которому движется земной шар? Сильно ли отличается он от круга?

В учебниках и книгах по начальной астрономии нередко изображают земную орбиту в перспективе, в форме довольно сильно растянутого эллипса. Такой зрительный образ, неправильно понятый, запечатлева-

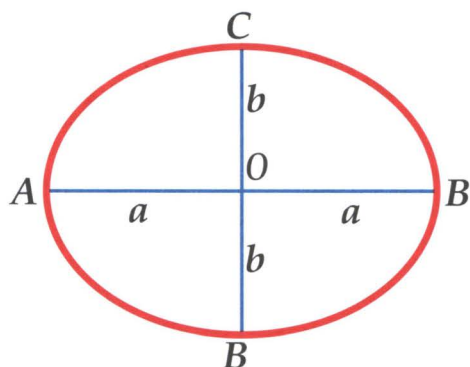


Рис. 20. Эллипс и его оси – большая (AB) и малая (CD), Точка O – центр эллипса.

ется у многих на всю жизнь: они остаются в убеждении, что орбита Земли – заметно растянутый эллипс. Это вовсе не так: земная орбита отличается от круга настоль-

ко мало, что ее нельзя даже изобразить на бумаге иначе, как в форме круга. При поперечнике орбиты на чертеже в целый метр отступление фигуры от круга было бы меньше толщины той линии, которой она изображена. Такого эллипса не отличил бы от круга даже и изощренный глаз художника.

Познакомимся немного с геометрией эллипса. В эллипсе рис. 20 AB – его «большая ось», CD – «малая ось». В каждом эллипсе кроме «центра» O есть еще две замечательные точки – «фокусы», лежащие на большой оси симметрично по обеим сторонам центра.

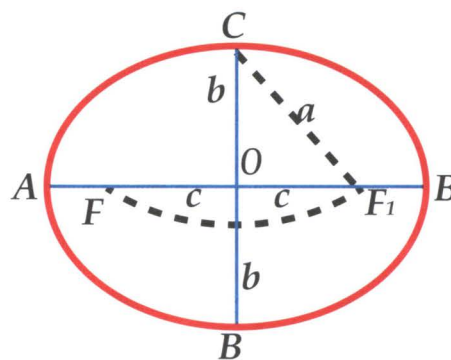


Рис. 21. Как разыскать фокусы (F и F1) эллипса; a – большой полуоси.

Разыскивают фокусы так (рис. 21): раздвигают ножки циркуля на расстояние большой полуоси OB и, установив острие в конце C малой оси, описывают дугу, пересекающую большую ось. Точки пересечения F и F_1 – фокусы эллипса. Расстояния OF и OF_1 (они равны) обозначаются обыкновенно буквою c , а оси, большая и малая, через $2a$ и $2b$. Расстояние c , отнесенное к длине a большой полуоси, т. е. дробь c/a , служит мерою растянутости эллипса и называется его «эксцентриситетом». Чем больше эллипс отличается от круга, тем эксцентриситет его больше.

Мы будем иметь точное представление о форме земной орбиты, если узнаем величину ее эксцентриситета. Это можно определить и не измерив величины орбиты. Дело в том, что Солнце помещается в одном из фокусов орбиты и кажется нам с Земли неодинаковой величины, вследствие различного удаления точек орбиты от этого фокуса. Видимые размеры Солнца то увеличиваются, то уменьшаются, и отношение размеров, конечно, в точности отвечает отношению расстояний Земли от Солнца в моменты наблюдений.

Пусть Солнце помещается в фокусе F_1 эллипса (рис. 21). Земля бывает в точке A орбиты около 1 июля, и тогда мы видим наименьший диск Солнца; его величина в угловой мере – $31'28''$. В точке B Земля бывает 1 января, и тогда диск Солнца кажется нам под наибольшим углом – $32'32''$. Имеем пропорцию

$$\frac{32'32''}{31'28''} = \frac{BF}{AF} = \frac{a+c}{a-c},$$

из которой составляем, так называемую «производную» пропорцию:

$$\frac{32'32'' - 31'28''}{32'32'' + 31'28''} = \frac{a+c-a-c}{a+c+a-c},$$

или

$$\frac{64''}{64'} = \frac{c}{a}.$$

Значит

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60} = 0,017,$$

т. е. эксцентриситет земной орбиты равен 0,017. Достаточно, как видите, тщательно измерить видимый диск Солнца, чтобы определить форму земной орбиты.

Покажем теперь, что орбита Земли весьма мало отличается от круга. Вообразим, что мы начертили ее на огромном чертеже, так что большая полуось орбиты равна 1 м. Какой длины окажется другая, малая ось эллипса? Из прямоугольного треугольника OCF_1 (рис. 21) имеем:

$$c^2 = a^2 - b^2, \text{ или } \frac{c^2}{a^2} = \frac{a^2 - b^2}{a^2}.$$

Но $\frac{c}{a}$ есть эксцентриситет земной орбиты, т. е. $\frac{1}{60}$. Выражение $a^2 - b^2$ заменяем через $(a - b)(a + b)$,

а $(a + b)$ – через $2a$, так как b мало отличается от a .

Имеем:

$$\frac{1}{60^2} = \frac{2a(a - b)}{a^2} = \frac{2(a - b)}{a}$$

и, значит:

$$a - b = \frac{a}{2 \times 60^2} = \frac{1000}{7200}, \text{ т. е. менее } \frac{1}{7} \text{ мм.}$$

Мы узнали, что на чертеже даже столь крупного масштаба разница в длине большой и малой полуосей земной орбиты не превышает $\frac{1}{7}$ мм. Тонкая карандашная линия имеет толщину большую, чем эта разница. Значит, мы практически не делаем никакой ошибки, когда чертим земную орбиту в форме круга.

Куда следует поместить изображение Солнца на таком чертеже? На сколько надо отодвинуть его от центра, чтобы оно оказалось в фокусе орбиты? Другими словами, чему равно расстояние OF или OF_1 на нашем воображаемом чертеже? Расчет несложен:

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60}; \quad c = \frac{a}{60} = \frac{100}{60} = 1,7 \text{ см.}$$

Центр Солнца должен на чертеже отстоять на 1,7 см от центра орбиты. Но так как само Солнце должно быть изображено кружком в 1 см поперечником, то только опытный глаз художника заметил бы, что оно помещено не в центре круга.

Практический вывод из сказанного тот, что на рисунках можно чертить орбиту Земли в виде круга, помещая Солнце чуть сбоку от центра.

Может ли столь незначительная асимметрия в положении Солнца влиять на климатические условия Земли? Чтобы выяснить, в чем могло бы обнаружиться подобное влияние, произведем опять мысленный опыт, обратимся к «если бы». Допустим, что эксцентриситет земной орбиты возрос до более заметной величины, – например, до 0,5. Это значит, что фокус эллипса делит его полуось пополам; такой эллипс будет иметь вытянутость примерно куриного яйца. Ни одна из главных

планет солнечной системы не обладает столь значительным эксцентриситетом; самая вытянутая орбита, Меркурия, имеет эксцентриситет 0,2. (Но астероиды и кометы движутся и по более вытянутым эллипсам.)

19. Если бы путь Земли был вытянут сильнее

Вообразим же, что орбита Земли заметно вытянута, и фокус делит большую ее полуось пополам. Рис. 22

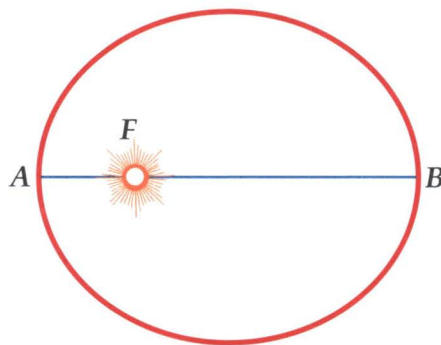


Рис. 22. Какой формы была бы орбита земного шара, если бы ее фокусы находились посредине больших полуосей. В фокусе F – Солнце.

изображает эту новую орбиту. Земля по прежнему бывает 1 января в точке A, ближайшей к Солнцу, а 1 июля в точке B, наиболее удаленной. Так как FB втрое больше, чем FA , то в январе Солнце было бы втрое ближе к нам, чем в июле. Январский поперечник Солнца втрое превышал бы июльский, а количество посылаемого тепла было бы в январе в 9 раз больше, чем в июле (обратно пропорционально квадрату расстояния). Что осталось бы тогда от нашей северной зимы? Только то, что Солнце стояло бы низко на небе, и дни были бы короткие, а ночи – долгие. Но холодов не было бы: большая близость Солнца с избытком покрыла бы невыгодные условия освещения.

Сюда присоединится еще другое обстоятельство, вытекающее из второго закона Кеплера, который гласит, что площади, описываемые радиусом-вектором в равные промежутки времени, равны.

«Радиусом-вектором» орбиты называется прямая линия, соединяющая Солнце с планетой, в нашем случае – с Землей. Так как Земля мчится по орбите, то движется и радиус-вектор, который описывает при этом некоторую площадь; закон Кеплера устанавливает, что части площади эллипса, описываемые в равные времена (например, в сутки или в месяц), равны между собою. Легко сообразить, что в точках своего пути, близких к Солнцу, Земля должна двигаться по орбите быстрее, чем в точках, удаленных от Солнца: иначе площадь, описанная коротким радиусом-вектором, не могла бы равняться площади, образованной более длинным радиусом-вектором (рис. 23).

Применяя сказанное к нашей воображаемой орбите, заключаем, что в декабре – феврале, когда Земля значительно ближе к Солнцу, она должна двигаться по своей орбите соответственно быстрее, чем в июне – августе. Другими словами, зима должна на севере пром-

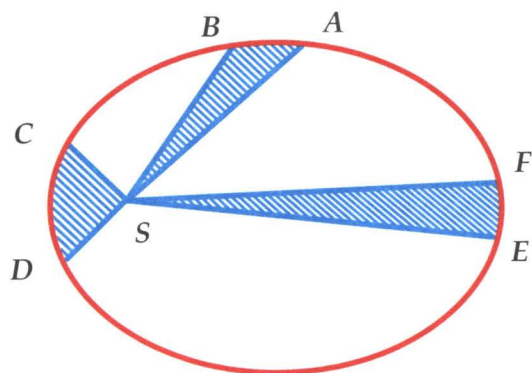


Рис. 23. Закон движения планет по орбите – второй закон Кеплера: если дуги AB, CD и EF пройдены планетой в одинаковые промежутки времени, то заштрихованные площади равны.

чаться скоро, лето же, напротив, должно тянуться долго, как бы вознаграждая этим за скупое изливаемое Солнцем теплоту.

Рис. 24 дает более точное представление о продолжительности времен года при наших воображаемых условиях. Эллипс изображает форму новой земной орбиты (с эксцентриситетом 0,5). Числа 1–12 делят путь Земли на части, пробегаемые ею в равные времена; по закону Кеплера, доли эллипса, на которые он рассекается начерченными в нем радиусами-векторами, равны по площади. В точке 1 Земля бывает 1 января, в точке 2 – 1 февраля, в точке 3 – 1 марта, и т. д. Из чертежа видно, что весеннее равноденствие (A) должно наступить, на подобной орбите, уже в первых числах февраля, а осеннее (B) – в конце ноября. Значит, зимнее время года длилось бы в северном полушарии лишь два с небольшим месяца – от конца декабря до начала февраля. Период же долгих дней и высокого полуденного Солнца в странах северного полушария – от весеннего до осеннего равноденствия – охватывал бы более 9½ месяцев.

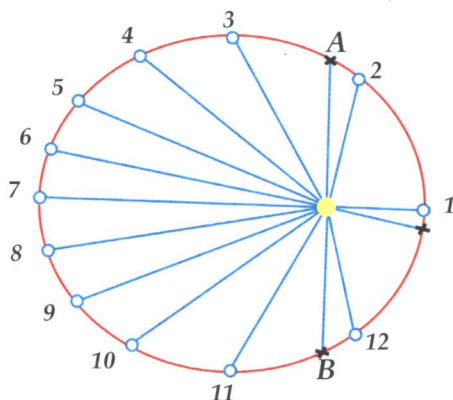


Рис. 24. Как двигался бы вокруг Солнца земной шар по сильно вытянутому эллипсу. Расстояния между соседними цифрами проходились бы в равные промежутки времени, именно – в один месяц: дуга 1–2 в январе, дуга 2–3 в феврале и т. д.

В южном полушарии Земли происходило бы как раз обратное. Низкое стояние Солнца и короткие дни совпадали бы с удалением от дневного светила и 9-кратным оскудением теплового потока, им изливаемого; высокое же стояние Солнца и длинные дни – с 9-кратным усилением солнечного излучения. Зима была бы значительно суровее, чем северная, и длилась бы гораздо дольше ее.

Лето, напротив, было бы невыносимо знойное, хотя и короткое.

Отметим еще одно следствие нашего «если бы». В январе быстрое движение Земли по орбите создало бы значительные расхождения между моментами среднего и истинного полудня, – расхождение, достигающее целых часов. Жить по среднему солнечному времени, как мы живем, было бы крайне неудобно.

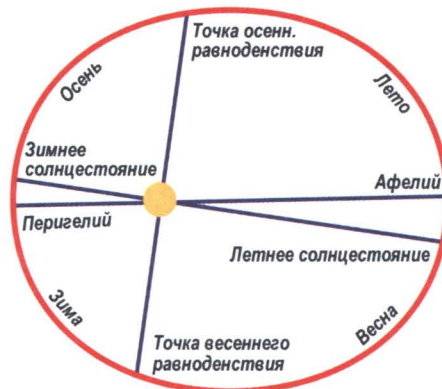


Рис. 25. Схематическое изображение пути Земли вокруг Солнца.

Мы знаем теперь, в чем может сказаться для нас эксцентрическое положение Солнца в земной орбите: в том прежде всего, что зима северного полушария должна быть короче и мягче, а лето – длиннее, чем в южном. Наблюдается ли это в действительности? Безусловно. Земля в январе ближе к Солнцу чем в июле на

$$2 \times \frac{1}{60}, \text{ т. е. на } \frac{1}{30},$$

количество получаемого от него тепла возрастает поэтому в

$$\left(\frac{61}{59}\right)^2$$

раз, т. е. на 14%. Это несколько смягчает суровость северных зим. С другой стороны, северные осень и зима вместе примерно на 8 суток короче южных; лето северного полушария вместе с весной настолько же длиннее, чем в южном. Большое обледенение южного полюса объясняется, вероятно, этим обстоятельством. Вот точная продолжительность времен года в северном и в южном полушариях:

Северное полушарие	Продолжительность	Южное полушарие
Весна	92 суток 21 ч.	Осень
Лето	93 суток 14 ч.	Зима
Осень	89 суток 19 ч.	Весна
Зима	89 суток -	Зима

Вы видите, что северное лето длиннее зимы на 4,6 суток, а северная весна длиннее осени на 3,2 суток.

Такое преимущество северного полушария не будет сохраняться вечно. Большая ось земной орбиты медленно перемещается в пространстве; она переносит удаленнейшие от Солнца и ближайшие точки земного пути в другие места. Полный цикл этих движений завершается в 26 тысяч лет. Вычислено, что в 11900 г. нашей эры указанное сейчас преимущество северного полушария Земли перейдет к южному.

Самый эксцентриситет земной орбиты не остается неизменным: его величина подвержена медленным ве-

ковым колебаниям почти от нуля (0,003), когда орбита Земли превращается почти в круг, до 0,077, когда она получает наибольшую растянутость и уподобляется по форме орбите Марса. В настоящее время ее эксцентриситет находится в периоде убывания; он будет уменьшаться еще 24 тысячелетия – до 0,003, затем станет увеличиваться в течение 40 тысячелетий. Само собою разумеется, что столь медлительные изменения имеют для нас только теоретическое значение.

20. Когда мы ближе к Солнцу, в полдень или вечером?

Если бы Земля двигалась по строго круговой орбите, в центре которой находится Солнце, то ответить на поставленный в заголовке вопрос было бы очень просто: мы ближе к Солнцу в полдень, когда соответствующие точки земной поверхности вследствие вращения Земли вокруг оси выступают по направлению к Солнцу. Наибольшая величина этого приближения к Солнцу была бы для точек экватора – 6 400 км (длина земного радиуса).

Но орбита Земли – эллипс, а Солнце помещается в его фокусе. Земля бывает поэтому то ближе к Солнцу, то дальше от него. В течение полугодия с 1 января по 1 июня Земля удаляется от Солнца, в течение другого полугодия – приближается к нему. Разница между наибольшим и наименьшим расстоянием достигает

$$2 \times \frac{1}{60} \times 150\,000\,000, \text{ т. е. } 5\,000\,000 \text{ км.}$$

Это изменение расстояния составляет в среднем около 30 000 км в сутки. Поэтому за время от полудня до заката Солнца (четверть суток) расстояние точек земной поверхности от дневного светила успевает измениться в среднем на 7 500 км, т. е. больше, чем от вращения Земли вокруг оси.

Значит, на вопрос, поставленный в заголовке, приходится ответить так: в период с января до июля мы бываем в полдень ближе к Солнцу, чем вечером, а с июля до января – наоборот.

21. На один метр дальше

Задача

Земля обращается вокруг Солнца на расстоянии 150 000 000 км. Вообразите, что расстояние это увеличилось на 1 м. На сколько удлинился бы при этом путь Земли вокруг Солнца, и на сколько возросла бы от этого продолжительность года (принимая, что скорость движения Земли по орбите не изменилась)?

Решение

1 м – величина сама по себе небольшая; но, вспоминая об огромном протяжении орбиты Земли, мы склонны думать, что эта незначительная прибавка расстояния должна дать весьма заметную прибавку длины, а следовательно, и продолжительности года.

Однако, выполнив вычисление, мы получаем настолько ничтожный результат, что готовы заподозрить ошибку в выкладках. Удивляться незначительности разницы не приходится; она и должна быть весьма

мала. Разность длины двух концентрических окружностей зависит не от величины радиусов этих окружностей, а только от разности этих радиусов. У двух окружностей, начерченных на полу комнаты, она совершенно та же, что и у окружностей космических размеров, если радиусы в обоих случаях разнятся на 1 м. В этом убеждает нас геометрический расчет. Если радиус земной орбиты (принимаемой за круг) равен R м, то длина ее равна $2\pi R$. При удлинении радиуса на 1 м новая длина орбиты будет равна $2\pi (R+1) = 2\pi R + 2\pi$. Прибавка длины орбиты составляет, как видим, всего 2π , т. е. 6,28 м, и не зависит от величины радиуса.



Рис. 26. На сколько удлинилась бы земная орбита, если бы наша планета удалилась от Солнца на один метр? (Решение дано в тексте).

Итак, путь Земли около Солнца при увеличении расстояния на 1 м удлинился бы всего на $6\frac{1}{4}$ м. На длине года это почти не отразилось бы, так как Земля делает по орбите 30 000 м в секунду: год удлинился бы всего на 5 000-ю долю секунды – величину, конечно, неощутимую.

22. С разных точек зрения

Роняя из рук вещь, вы видите ее падающей по отвесной линии, и вам странно думать, что кому-нибудь другому путь ее падения может представиться не прямой линией. А между тем, именно так и произойдет для каждого наблюдателя, не участвующего вместе с нами в движении земного шара.

Попробуем мысленно взглянуть на падение тела глазами такого наблюдателя. Рис. 27 изображает тяжелый шар, свободно падающий с высоты 500 м. Падая, он, конечно, участвует одновременно во всех движениях земного шара. Этих привходящих и притом гораздо более быстрых движений падающего тела мы не замечаем потому только, что сами в них участвуем. Освободимся от участия в одном из движений нашей планеты, и мы увидим то же тело движущимся уже не отвесно вниз, а по совершенно иной линии. Вообразим, например, что мы следим за падением тела не с земной поверхности, а с Луны. Луна сопутствует Земле в ее движении вокруг Солнца, но не разделяет вращательного ее движения вокруг оси. Поэтому, наблюдая с Луны за падением, мы увидели бы тело, совершающее два движения: одно – отвесно вниз и второе движение, прежде не замечавшееся, по касательной к земной поверхности на восток. Оба одновременных движения, конечно, складываются по правилам механики, и так как одно из них (падение) неравномерное, а другое равномерное, то результирующее движение будет происходить по кривой линии. Рис. 28 изображает эту кривую: по такому пути двигалось бы падающее на Земле тело для достаточно зоркого наблюдателя, помещающегося на Луне.

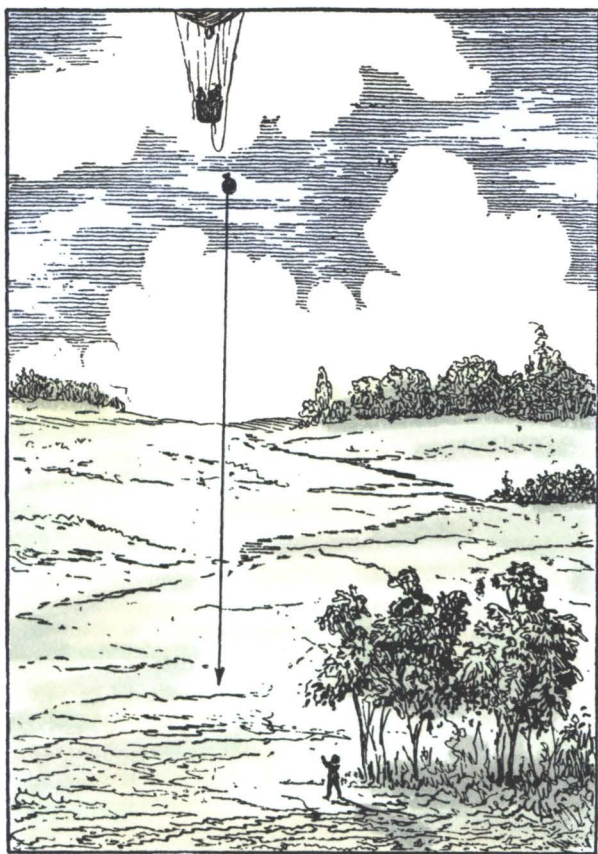


Рис. 27. Для земного наблюдателя путь свободно падающего тела – отвесная линия.

Сделаем еще шаг: перенесемся мысленно на Солнце, захватив с собой сверхмощный телескоп, чтобы отсюда следить за падением на Земле нашего тяжелого шара. Находясь на Солнце, мы не участвуем уже не только во вращении земного шара вокруг оси, но и в его обращении по орбите.

Следовательно, с Солнца мы можем заметить три движения, совершаемые падающим телом одновременно:

- 1) отвесное падение к земной поверхности;
- 2) движение на восток по касательной к земной поверхности;
- 3) движение вокруг Солнца.

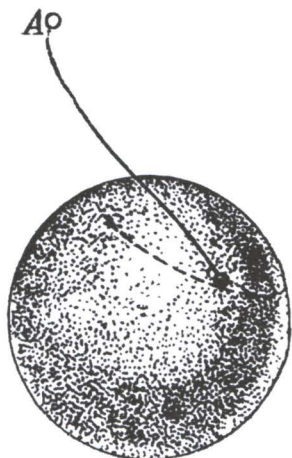


Рис. 28. Тот же путь представляется лунному наблюдателю искривленным.

Первое перемещение равно 0,5 км. Второе за 10 секунд времени падения тела – равно на широте Москвы $0,3 \times 10 = 3$ км. Третье движение – самое быстрое: 30 км в одну секунду.

За 10 сек., пока длится падение, тело переместится по земной орбите на 300 км. По сравнению с столь значительным перемещением оба предыдущих движения – $\frac{1}{2}$ км вниз и 3 км в сторону – будут едва заметны; наблюдая с Солнца, мы обратим внимание лишь на самое значительное перемещение. Что же мы увидим? Примерно то, что показано (без соблюдения масштаба) на рис. 30. Земля переместится налево, а падающее тело – из точки на Земле в правом положении в соответствующую точку (только чуть пониже) на Земле в левом положении. На рисунке, мы сказали, масштаб не соблюден: центр Земли за 10 сек. передвинется не на 10 000 км, как изобразил для наглядности художник, а только на 300 км. Это перемещение Земли в пространстве мы могли бы заметить с Солнца по звездам: Земля будет видна в другом созвездии.

Остается сделать еще шаг: перенестись на какую-нибудь звезду, т. е. на отдаленное Солнце, освободив себя от участия в движении нашего собственного Солнца. Оттуда мы заметим, что помимо трех рассмотренных ранее движений падающее тело совершает еще и четвертое – по отношению к этой звезде. Величина и направление четвертого движения зависят от того, на какую именно звезду мы перенеслись, т. е. какое движение совершает вся солнечная система по отношению к этой звезде. Рис. 31 изображает один из возможных случаев, когда солнечная система движется по отношению к выбранной звезде под острым углом к плоскости земной орбиты со скоростью 100 км в секунду (скорости такого порядка наблюдаются и в действительности). Движение это за 10 сек. перенесет падающее тело на 1000 км по своему направлению и, конечно, еще более усложнит его путь. С такой звезды движение падающего тела представилось бы нам в виде линии, отмечен-

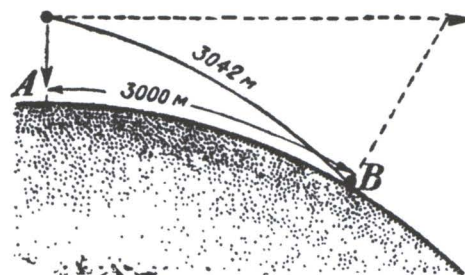


Рис. 29. Тело, свободно падающее на Землю, движется одновременно в направлении касательной к тому круговому пути, который описывают точки земной поверхности вследствие вращения земного шара.

ной на рисунке надписью «1000 км». При наблюдении с другой звезды путь этот имел бы иную величину и иное направление.

Можно было бы идти и еще дальше: поставить вопрос о том, какой вид имеет путь падающего на Землю тела для наблюдателя, расположенного вне Млечного Пути и не участвующего в быстром движении, которое увлекает наше звездное скопление по отношению к другим «островам» вселенной. Но нет нужды забираться так далеко. Читателю ясно теперь, что с каждой но-

вой точки зрения путь одного и того же падающего тела представляется совершенно иным.

Один из читателей предыдущих изданий «Занимательной астрономии» не согласился с высказанными здесь соображениями. Возражения его сводятся к следующему: «Путь падающего на Землю тела несомненно

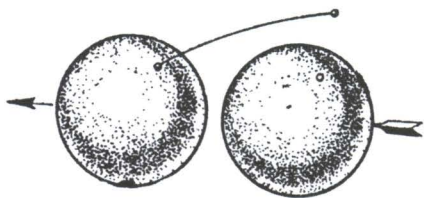


Рис. 30. Что видел бы солнечный наблюдатель, следящий с Солнца за отвесным падением тела на Землю, как показано на рис. 27 (масштаб не соблюден).

направлен к центру Земли... В общем этот путь падения на Землю мог бы быть изображен твердым материальным стержнем, как бы блестящим следом отвесно падающего метеора. Откуда бы со стороны ни смотреть на такой стержень, он должен всегда казаться прямым».

Полезно будет остановиться на рассмотрении этого возражения, так как оно возникло, быть может, в уме и других читателей. С первого взгляда довод представляется весьма доказательным; однако, он основан на заблуждении. Рассуждая так, забывают, что блестящий след метеора, подобно всем телам на земном шаре, участвует во вращательном движении нашей планеты. При этом движении метеорный след описывает в пространстве некоторую поверхность. Последовательно занимая различные точки светящегося следа, метеор движется по этой поверхности, вычерчивая на ней кривую линию – ту, которая показана на наших рисунках.

Кому сейчас изложенное не кажется убедительным, тот пусть подумает о следующем опыте. Пуля падает внутри отвесной стеклянной трубки, имеющей горизонтальное движение (рис. 32). Так как в нашем случае падающее тело остается все время внутри трубки, то

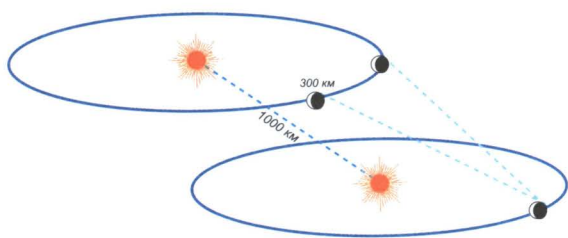


Рис. 31. Как представлялось бы падение тела на Землю наблюдателю, следящему за ним с отдаленной звезды.

можно думать, что путь падения пули также заключен внутри этой прямой трубки и поэтому ни откуда не может казаться кривым. Между тем легко сообразить, что для наблюдателя, не участвующего в движении трубки, пуля падает не по прямой, а по кривой линии. Это ясно из рис. 32, где последовательные положения трубки обозначены римскими цифрами, а положение пули внутри нее – арабскими цифрами.

Основная ошибка рассуждения моего корреспондента в том, что он считает, будто падающее тело бывает одновременно во всех точках своего пути, между тем как оно посещает их последовательно.

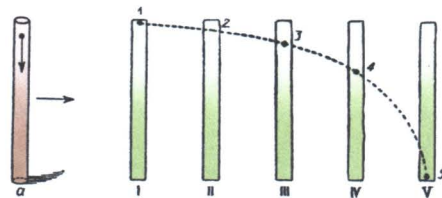


Рис. 32. Падение пули внутри отвесной трубы а – труба неподвижна. Далее – последовательные положения пули в трубе, которая находится в равномерном движении.

23. Неземное время

Вы час работали, час отдыхали. Одинаковы ли оба промежутка времени? Безусловно одинаковы, если они измерены помощью хорошо выверенного часового механизма, – ответит большинство людей. Какой же часовой механизм мы должны считать верным? Тот, конечно, который проверен астрономическими наблюдениями, иначе говоря, согласован с движением земного шара, вращающегося идеально равномерно: он повертывается на равные углы в строго одинаковые промежутки времени.

Но откуда, собственно говоря, известно, что земной шар вращается равномерно? Почему уверены мы, что два последовательных оборота вокруг оси совершаются нашей планетой в одинаковое время? Проверить это нет возможности до тех пор, пока вращение Земли само служит мерою времени.

Надо отдать себе ясный отчет в том, что равномерность вращения Земли вовсе не есть установленный опытом факт. Это не более, как условное допущение. Условились считать вращение Земли равномерным, – вот единственный источник уверенности людей в том, что планета наша вращается равномерно. И, прибавим, – таков единственный смысл этого утверждения. Движение может быть равномерным или неравномерным не само по себе, а лишь по отношению к другому движению. Стрелка часов движется равномерно по отношению к вращению земного шара; уроненное тело падает неравномерно (ускоренно) по отношению к вращению Земли: каждый следующий метр оно проходит в более короткий промежуток времени, чем предыдущий.

Мы могли бы однако, если бы пожелали, условиться считать движение падающего тела равномерным, и тогда вращение земного шара сделалось бы уже неравномерным (замедленным). Но такой выбор образца равномерного движения, допустимый логически, представлял бы много практических неудобств, потому что обширный ряд движений в природе и технике, равномерных при прежнем образце, превратился бы в неравномерные. Технические расчеты и изучение природы значительно усложнились бы. Вращение Земли в качестве образца равномерного движения выбрано человечеством чрезвычайно удачно, хотя и вполне инстинктивно: величественная картина звездного неба породила мысль об абсолютной плавности движения небесного свода (движения, являющегося отражением вращения Земли).

В последнее время, однако, астрономы сочли полезным для некоторых целей этот издавна узаконенный

образец равномерного движения временно заменять другим. Изложим поводы и последствия такой замены.

Тщательное изучение небесных движений обнаружило, что некоторые светила в своем движении отступают от теоретически предуганного, и эти отступления нельзя объяснить законами небесной механики. Такие как бы беспричинные отклонения установлены для Луны, для первого и второго спутников Юпитера, для Меркурия и даже для видимого годового движения Солнца, т. е. для движения нашей собственной планеты по ее орбите. Луна, например, уклоняется от теоретического пути на величину, достигающую в некоторые эпохи до $\frac{1}{4}$ минуты дуги, а Солнце – до 1 секунды дуги. Анализ этих неправильностей обнаружил в них общую черту: все движения в некоторый период времени совершались ускоренно, а затем, в следующий период, опять-таки все разом, стали замедляться. Естественно возникает мысль об общей причине, вызывающей такие отклонения.

Не кроется ли общая причина в «неверности» наших природных часов, в неудачном выборе вращения Земли как образца равномерного движения?

Был поставлен вопрос о замене земных часов. «Земные часы» были временно отвергнуты, и исследуемые движения были измерены другими природными часами, основанными либо на движениях того или другого спутника Юпитера, либо на движениях Луны или Меркурия. Оказалось, что такие замены сразу вносят удовлетворительную правильность в движение названных небесных тел. Зато вращение Земли, измеренное новыми часами, представляется уже неравномерным: оно то немного замедляется в течение десятков лет, то в следующий ряд десятилетий ускоряется, чтобы затем вновь начать замедляться (рис. 33).

В 1897 г. сутки были на 0,0035 секунд длиннее, чем в предшествовавшие годы, а в 1918 г. на столько же короче, чем в промежутке 1897–1918 гг. Нынешние сутки примерно на 0,002 секунд длиннее, чем 100 лет назад.

В этом смысле мы можем сказать, что наша планета вращается неравномерно по отношению к некоторым другим ее движениям, а также к движениям, совершающимся в нашей планетной системе и условно принимаемым за движения равномерные. Размер уклонений Земли от строго равномерного (в указанном смысле) движения весьма невелик: в течение целого столетия от 1680 до 1780 г. Земля вращалась замедленно, сутки удлинялись, и планета наша накопила около 30 сек. разницы между «своим» и «чужим» временем; затем до середины XIX в. сутки укорачивались, и около 10 сек. раз-



Рис. 33. Эта кривая показывает, как изменялась продолжительность земных суток с 1680 г. по 1920 г. Подъемы кривой отвечают удлинению суток, т. е. замедлению вращения Земли; понижения соответствуют ускорению вращения.

ницы сбавилось; к началу нынешнего века сбавилось еще 20 сек.; в первую же четверть XX в. движение Земли снова замедлялось, сутки опять стали удлиняться, и накопилась вновь разница почти в полминуты.

Предполагаемые причины этих изменений могут быть различны: лунные приливы, изменение диаметра земного шара¹ и т. п. Здесь возможны важные открытия в будущем, когда явление это получит всестороннее освещение.

24. Где начинаются месяцы и годы?

В Москве пробило двенадцать, – наступило 1 января. На запад от Москвы простирается еще 31 декабря, а на восток – 1 января. Но на шарообразной Земле восток и запад неизбежно должны встретиться; значит, должна где-то существовать и граница, отделяющая 1-е число от 31-го, январь от декабря, наступивший год от предыдущего.

Граница эта существует и называется «линией сменных дат»; она проходит через Берингов пролив и тянется по водам Тихого океана в виде изломанной линии, точное направление которой определяется международным соглашением.

На этой-то воображаемой линии, прорезающей безлюдные пустыни Тихого океана, совершается впервые на земном шаре смена чисел, месяцев, лет. Здесь как бы помещаются входные двери нашего календаря: отсюда приходят на Землю новые числа месяца, января, февраля; здесь же находится и колыбель нового года. Раньше, чем где бы то ни было, наступает здесь каждый новый день месяца; родившись, он бежит на запад, обегает земной шар и снова возвращается к месту рождения, – на этот раз чтобы соскользнуть с поверхности планеты и исчезнуть.

СССР раньше всех стран мира принимает на свою территорию новый день месяца: на Мысе Дежнева каждое число месяца, только что родившееся в водах Берингова пролива, вступает в населенный мир, чтобы начать свое шествие через все части света. И здесь же, у восточной оконечности советской Азии, дни умирают, исполнив свою 24-часовую службу.

Некогда Карл V, считавшийся императором Германии, Австрии, Испании, Италии, Голландии и части Америки, хвастал тем, что в его владениях не заходит Солнце. С большим правом могли бы мы гордиться тем, что владеем колыбелью нарождающихся дней; в пределах СССР совершается первая на твердой земле смена дня и месяца другим.

Итак, смена дней происходит на линии даты. Первые кругосветные путешественники, не подозревавшие обо всем этом, сбились в счете дней. Вот подлинный рассказ Антония Пигафеты, спутника Магеллана в его кругосветном путешествии:

¹ Изменение длины земного диаметра может ускользнуть от непосредственных измерений, так как величина эта известна с точностью до 100 м; между тем удлинения или укорочения земного диаметра на несколько метров уже достаточно было бы, чтобы вызвать те изменения продолжительности вращения, о которых идет речь.

«19 июля, в среду, мы увидели острова Зеленого мыса и стали на якорь... Чтобы узнать, правильно ли вели мы наши корабельные журналы, мы велели спросить на берегу, какой сегодня день недели. Ответили, что четверг. Это нас удивило, потому что по нашим журналам была только среда. Нам казалось невозможным, что мы все ошиблись на один день...»

Впоследствии мы узнали, что в нашем исчислении не было ни малейшей ошибки: плывя постоянно к западу, мы следовали движению Солнца и, возвратившись в тот же пункт, должны были выгадать 24 часа по сравнению с оставшимися на месте. Нужно только подумать над этим, чтобы согласиться».

Как же поступают теперь мореплаватели, когда проезжают линию даты? Чтобы не сбиваться в счете дней, моряки пропускают один день, если идут с востока на запад; когда же пересекают линию даты с запада на восток, то считают один и тот же день дважды, т. е. после 1-го числа опять считают 1-е. Вот почему невозможна в действительности история, рассказанная Жюлем Верном в романе «Вокруг света в 80 дней», где путешественник, объехавший кругом света, «привез» на родину воскресенье, когда там был еще только предшествующий день – суббота. Это могло произойти лишь в эпоху Магеллана, потому что тогда не было еще соглашения о «линии даты». Невозможны в наши дни и приключения вроде того, о котором рассказал Эдгард По в шутке «Три воскресенья на одной неделе»: моряк, объехавший Землю с востока на запад, встретился на родине с другим, совершившим кругосветное плавание в обратном направлении. Один утверждал, что воскресенье было вчера, другой – что оно будет завтра, а их приятель, никуда не отпавлявшийся, объявил, что воскресенье – сегодня.

Теперь понятно, почему участники знаменитого воздушного (на дирижабле «Цеппелин») кругосветного

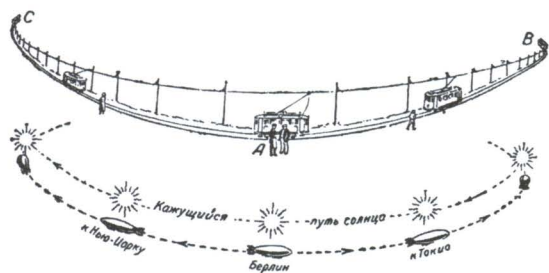


Рис. 34. Пояснение календарной загадки. На верхнем рисунке мы видим двух пешеходов, беседующих у трамвайной остановки А. Каждые 6 минут отходит трамвайный вагон из В и направляется к С. Что, однако, произойдет, если беседующие разойдутся в разные стороны: один к В, другой – к С? Первый идет навстречу трамваю и потому встретит вагон раньше, чем через 6 минут, – скажем, минуты через 4. Другой идет в сторону движения трамвая, и потому вагон нагонит его позже, чем через 6 минут, – скажем, минут через 8. На нижнем рисунке имеем те же соотношения, но пешеходы заменены дирижаблем, а трамвай – Солнцем. (Подробности в тексте).

путешествия 1929 г., перелетая над Великим океаном, считали дважды один и тот же день. В немецких журналах это было пояснено наглядно помощью иллюстрации, которая здесь воспроизведена (рис. 34)

Пока дирижабль стоял под Берлином, Солнце восходило для него каждые 24 часа. При полете в Токио, на восток, т. е. навстречу Солнцу, на дирижабле должны наблюдать солнечный восход чаще, чем каждые 24 часа; при полете же в Нью-Йорк, на запад, т. е. в сторо-

ну суточного движения Солнца, восход дневного светила должен наблюдаться пассажирами реже, чем каждые 24 часа. От этих упреждений и запаздываний накапливаются при кругосветном перелете целые сутки. Чтобы не было расхождения с календарем, следует при полете на восток как бы приостанавливаться немного в счете дней, давая Солнцу себя догнать, т. е. считать одни и те же сутки дважды; при движении же на запад надо, напротив, пропускать одни сутки, чтобы не отстать от Солнца.

Все это как будто не особенно хитрые вещи, однако еще в наше время, спустя четыре столетия после Магеллана, далеко не все умеют в них сознательно разобраться.

Во время кругосветного перелета «Цепелина» (1929 г.) находившийся на борту представитель печати никак не мог понять, почему в течение 20-дневного путешествия пассажиры садились к обеденному столу 21 раз...

25. Сколько понедельников в феврале?

Задача

За рубежом сохранилась еще семидневная неделя. Поэтому имеет смысл поставить следующий вопрос:

Какое наибольшее и какое наименьшее число понедельников возможно в феврале?

Задача эта (сюжет которой в измененном виде я заимствую у американского астронома проф. Юнга) имеет довольно неожиданное решение.

Решение

Обычно отвечают, что наибольшее число понедельников в феврале 5, наименьшее 4. Безусловно верно, что если первое февраля високосного года падает на понедельник, то и 29-е число придется в понедельник¹; всех понедельников окажется тогда 5.

Однако можно насчитать и вдвое больше понедельников в течение одного февраля. Вообразите корабль, совершающий рейс между восточным берегом Сибири и Аляской; он регулярно покидает азиатский берег каждый понедельник. Сколько насчитает капитан этого корабля понедельников в феврале такого високосного года, в котором 1-е число пришлось на понедельник? Так как он пересекает линию даты с запада на восток и пересекает в понедельник, то будет иметь еженедельно по два понедельника кряду, а всех понедельников насчитает 10.

Напротив, капитан, покидающий берега Аляски каждое воскресенье и идущий к берегам Сибири, будет в счете дней пропускать как раз понедельник, за весь месяц он не насчитает ни одного понедельника.

Итак, вот правильный ответ на вопрос задачи: наибольшее число понедельников, возможных в феврале, – 10, наименьшее – ноль.



¹ В феврале високосного года 29 суток; это составляет 4 семидневных недели, и один день пятой недели.



26. Молодой или старый месяц?

Видя на небе неполный диск луны, не всякий безошибочно определит, молодой ли это месяц, или уже на ущербе. Узкий серп недавно народившегося месяца и серп старой луны различаются только тем, что обращены выпуклостью в противоположные стороны. В северном полушарии молодой месяц всегда направлен выпуклой стороной вправо, старый – влево. Как запомнить надежно и безошибочно, куда какой месяц смотрит? Для этого имеются разные искусственные приемы, облегчающие запоминание.

Остроумная мнемоническая примета имеется у французов. Они советуют мысленно приставлять к рогам полумесяца прямую линию; получаются латинские буквы *d* или *p*. Буква *d* – начальная в слове «dernier» (последний) – указывает на последнюю четверть, т. е. старый месяц. Буква *p* – начальная в слове «premier» (первый) – указывает, что Луна в фазе первой четверти, вообще – молодая. У немцев тоже существует правило, связывающее форму Луны с определенными буквами.

Но у нас таких примет относительно старого и молодого месяца не имеется. Надо придумать; позволю себе предложить такую примету.



Рис. 35. Простой способ отличать молодой (растущий) месяц от старого.

По сходству серпа или полумесяца с буквами *P* или *C* легко определить, растущий ли перед нами месяц (т. е. молодой), или старый (рис. 35).

Этим правилом можно пользоваться только в Северном полушарии Земли. Для Австралии или Трансвааля смысл приметы как раз обратный. Но и в Северном полушарии она может оказаться неприменимой – именно в южных широтах. Уже в Крыму и в Закавказье серп и полумесяц сильно клонятся набок, а еще южнее они совсем ложатся. Близ экватора висящий на горизонте серп Луны кажется либо гондолой, качающейся на волнах («челнок Луны» арабских сказок), либо светлой аркой. Здесь не пригодятся ни французская, ни русская приметы – из лежачей дужки можно сделать по желанию обе пары букв: *p* и *d*, *P* и *C*. Недаром в древнем Риме наклонную Луну называли «обманчивой» (*Luna fallax*). Чтобы и в этом случае не ошибиться в возрасте Луны, надо обратиться к астрономическим признакам: молодой месяц виден вечером в западной части неба; старый – поутру на восточном небе.

27. Луна на флагах

Задача

На рис. 36 перед вами флаг Турции. На нем имеется изображение лунного серпа и звезды. Это наводит нас на следующие вопросы:

1. Серп какого месяца изображен на флаге – молодого или старого?

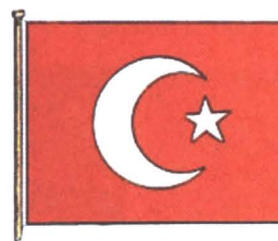


Рис. 36. Турецкий флаг.

2. Могут ли лунный серп и звезда наблюдаться на небе в том виде, в каком они показаны на флаге?

Решение

1. Вспомнив указанную ранее (стр. 27) примету и приняв во внимание, что флаг принадлежит стране северного полушария, устанавливаем, что месяц на флаге старый.

2. Звезда не может быть видна внутри диска Луны дополненного до круга (рис. 37). Все небесные светила

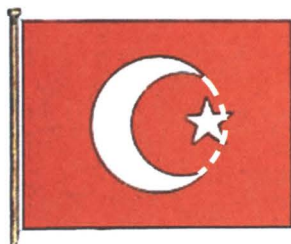


Рис. 37.

гораздо дальше Луны и, следовательно, должны ею заслоняться. Их можно видеть только за краем неосвещенной части Луны, как показано на рис. 38.



Рис. 38. Почему звезда не может быть видна между рогами месяца.

Любопытно, что на флаге Египта, тоже содержащем изображение лунного серпа и звезды, она отодвинута от серпа именно так, как на рис. 38¹.

28. Загадки лунных фаз

Луна получает свой свет от Солнца, и потому выпуклая сторона лунных серпов должна быть, разумеется, обращена к Солнцу. Художники частенько об этом за-

бывают. На выставках картин не редкость увидеть ландшафт с полумесяцем, обращенным к Солнцу своей прямой стороной; попадаетесь и лунный серп, повернутый к Солнцу своими рогами (рис. 39).



Рис. 39. На ландшафте допущена астрономическая ошибка. Какая? (Ответ в тексте).

Надо впрочем заметить, что правильно нарисовать молодой месяц не так просто, как кажется. Даже опытные художники рисуют наружную и внутреннюю дуги лунного серпа в форме полукругов (рис. 40 в). Между тем полукруглую форму имеет только наружная дуга, внутренняя же представляет собою полуэллипс, потому что это – полукруг (граница освещенной части) в перспективе (рис. 40 а).

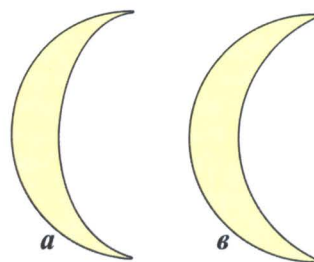


Рис 40. Как надо (а) и как не надо (в) изображать лунный серп.

¹ Флаг Египта, который описывает автор, был государственным с 1793 по 1844 г. С того времени до наших дней египетский флаг изменялся неоднократно: менялось число лучей у звезды, количество звезд и их расположение относительно лунного серпа, а также цвет полотнища, появлялись новые символы.

На современном флаге Арабской Республики Египет изображения звезды и месяца нет. Это триколор с горизонтально размещенными равновеликими полосами красного, бело-

го и черного цветов. В центре флага на белой полосе помещен т. н. «орел Саладина». Этот вариант был принят в 1984 году. Используется на суше как гражданский и государственный флаг и на море как гражданский флаг. Красный цвет символизирует борьбу с колониальным режимом, белый — «бескровную» революцию 1952 года, черный — окончание гнета британского колониального режима. Золотой орел — символ Саладина (Салах ад-Дин), египетского султана, возглавившего в XII веке борьбу с крестоносцами. (прим. ред.).



Нелегко дать лунному серпу и правильное положение на небе. Полумесяц и лунный серп нередко располагаются по отношению к Солнцу довольно озадачивающим образом. Казалось бы, раз Луна освещается Солнцем, то прямая линия, соединяющая концы месяца, должна составлять прямой угол с лучом, идущим от Солнца к ее середине (рис. 41). Иначе говоря, центр Солнца должен находиться на перпендикуляре, проведенном через середину прямой, соединяющей концы месяца. Однако пра-



Рис. 41. Положение лунного серпа относительно Солнца.

вило это соблюдается только для очень молодого, узкого серпа. Для полумесяца же и более старой Луны оно нарушается самым очевидным образом. Рис. 42 показывает положение месяца в разных фазах относительно лучей Солнца. Впечатление получается такое, словно лучи Солнца искривляются, прежде чем достичь Луны.

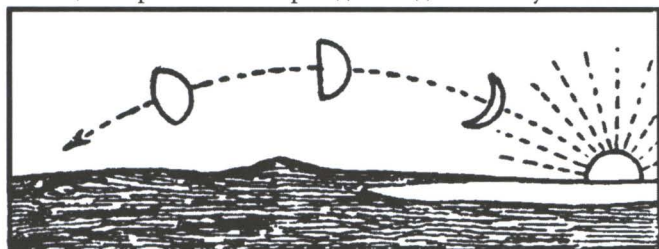


Рис. 42. В каком положении относительно Солнца мы видим Луну в разных фазах.

Разгадка кроется в действии перспективы. Луч, идущий от Солнца к Луне, в действительности перпендикулярен к линии, соединяющей концы месяца, и в пространстве представляет собою прямую линию. Но глаз наш рисует на небе не эту прямую, а ее проекцию на вогнутый небесный свод, т. е. кривую линию. Вот почему нам и представляется, что Луна на небе «повешена неправильно». Художник должен изучить эти особенности и уметь переносить их на полотно.

29. Двойная планета

Двойная планета – это Земля с Луной. Они имеют право на это название потому, что спутник наш резко выделяется среди спутников других планет значительной величиной и массой по отношению к своей центральной планете. Есть в солнечной системе спутники

абсолютно более крупные и более тяжелые, но по сравнению со своей центральной планетой они гораздо мельче, чем наша Луна по отношению к Земле. В самом деле, поперечник нашей Луны больше четверти земного, а поперечник самого крупного (относительно) спутника других планет составляет только 10-ю долю поперечника своей планеты (Тритон – спутник Нептуна). Далее, масса Луны составляет $1/81$ массы Земли; между тем самый тяжелый из спутников, какой существует в солнечной системе, – III спутник Юпитера – составляет менее 10 000-й доли массы своей центральной планеты.

Вот табличка, показывающая, какую долю от массы центральной планеты составляет масса крупных спутников:

Планета	Ее спутник	Масса (в долях массы планеты)
Земля	Луна	0,0123
Юпитер	III-й	0,00008
Сатурн	Титан	0,00024
Уран	Титания	0,00003
Нептун	Тритон	0,00025

Вы видите из этого сопоставления, что наша Луна по своей массе составляет самую крупную долю своей центральной планеты.

Третье, что дает системе Земля – Луна право притязать на наименование «двойной планеты» – это тесная близость обоих небесных тел. Спутники других планет кружатся на гораздо больших расстояниях: некоторые спутники Юпитера (например IX, рис. 43) кружатся в 60 раз дальше.

В связи с этим находится тот любопытный факт, что путь, описываемый Луной вокруг Солнца, очень мало отличается от пути Земли. Это покажется невероятным, если вспомнить, что Луна кружится около Земли на расстоянии почти 400 тысяч км. Не забудем однако, что пока Луна совершает один оборот вокруг Земли, сама Земля успевает перенестись вместе с нею на 12-ю долю своего годового пути, т. е. на 80 миллионов км. Представьте же себе круговой путь Луны – $2\frac{1}{2}$ миллиона км – растянутым вдоль расстояния, в 30 раз большего. Что останется от его круговой формы? Ничего. Вот почему путь Луны около Солнца почти сливается с орбитой Земли, уклоняясь от нее лишь 12-ю едва заметными выступами и 12-ю легкими уплощениями. Можно доказать несложным расчетом (которым мы не станем здесь обременять изложения), что путь Луны при этом всюду обращен к Солнцу своей вогнутостью. Грубо говоря, он по виду похож на двенадцатиугольник с мягко округленными углами.



Рис. 43. Система Земля – Луна по сравнению с системой Юпитера. (Размеры самих небесных тел показаны без соблюдения масштаба).

На рис. 44 вы видите точное изображение путей Земли и Луны в течение одного месяца. Пунктирная линия – путь Земли, сплошная – путь Луны. Они так близки друг к другу, что для раздельного их изображения пришлось

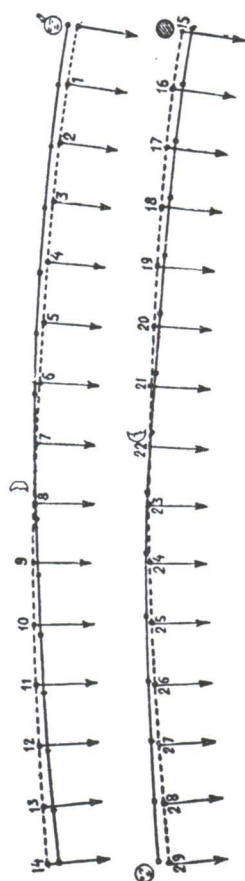


Рис. 44. Месячный путь Земли (пунктир) и Луны (сплошная линия) вокруг Солнца.

взять очень крупный масштаб чертежа: поперечник земной орбиты здесь равен $\frac{1}{2}$ м. Если бы взять для него 10 см, то наибольшее расстояние на чертеже между обоими путями было бы меньше толщины изображающих их линий. Смотри на этот чертеж, вы наглядно убеждаетесь, что Земля и Луна движутся вокруг Солнца почти по одному и тому же пути и что наименование «двойной планеты» присвоено им астрономами вполне справедливо¹.

Итак, для наблюдателя, помещенного на Солнце, путь Луны представился бы слегка волнистой линией, почти совпадающей с орбитой Земли. Это нисколько не противоречит тому, что по отношению к Земле Луна движется по небольшому эллипсу. Перемена точки зрения изменяет на этот раз форму движения самым существенным образом.

Причина, конечно, в том, что, глядя с Земли, мы не замечаем переносного движения Луны по земной орбите, так как сами в нем участвуем.

30. Почему Луна не падает на Солнце?

Вопрос может показаться наивным. С какой стати Луне падать на Солнце? Ведь Земля притягивает ее сильнее далекого Солнца и естественно заставляет обращаться вокруг себя.

Читатели, так думающие, будут удивлены, узнав, что дело обстоит как раз наоборот: Луна сильнее притягивается именно Солнцем, а не Землей!

Что это так, показывает расчет. Сравним силы, притягивающие Луну: силу Солнца и силу Земли. Обе силы зависят от двух обстоятельств: от величины притягивающей массы и от расстояния этой массы до Луны. Масса Солнца больше массы Земли в 330 000 раз; во столько же раз Солнце притягивало бы Луну сильнее, нежели

¹ Внимательно рассматривая чертеж, можно заметить, что движение Луны представлено на нем не строго равномерным. Так в действительности и есть: Луна ведь движется вокруг Земли по эллипсу с Землей в фокусе, а потому согласно второму закону Кеплера, на участках, близких к Земле, она бежит быстрее, чем на удаленных. Эксцентриситет лунной орбиты довольно велик: 0,055.

Земля, если бы расстояние до Луны было в обоих случаях одинаково. Но Солнце примерно в 400 раз дальше от Луны, чем Земля. Сила притяжения убывает с квадратом расстояния; поэтому притяжение Солнца надо уменьшить в 400^2 , т. е. в 160 000 раз. Значит, солнечное притяжение сильнее земного в $\frac{330\,000}{160\,000}$, т. е. в два с лишним раза.

Итак, Луна притягивается Солнцем вдвое сильнее, чем Землей. Почему же тогда в самом деле Луна не обрушивается на Солнце? Почему Земля все же заставляет Луну обращаться вокруг нее, а не берет верх действие Солнца?

Луна не падает на Солнце по той же причине, по какой не падает на него и Земля; Луна обращается около Солнца вместе с Землей, и притягательное действие Солнца расходуется без остатка на то, чтобы постоянно переводить оба эти тела с прямого пути на орбиту, т. е. превращать прямолинейное движение в криволинейное. Достаточно бросить взгляд на рис. 44, разобранный в предшествовавшей статье, чтобы убедиться в сказанном.

У иных читателей, может быть, осталось некоторое сомнение. Как же это все-таки выходит? Земля тянет Луну к себе, Солнце тянет Луну с большею силою, а Луна, вместо того чтобы падать на Солнце, кружится около Земли? Это действительно было бы странно, если бы Солнце притягивало к себе только Луну. Но оно притягивает Луну вместе с Землей, всю «двойную планету», и, так сказать, не вмешивается во внутренние отношения членов этой пары между собою. Строго говоря, к Солнцу притягивается общий центр тяжести системы Земля – Луна; этот центр и обращается вокруг Солнца под действием солнечного притяжения.

31. Видимая и невидимая стороны Луны

Среди эффектов, доставляемых стереоскопом, ничто не поражает так, как вид Луны. Здесь воочию видишь, что Луна действительно шарообразна, между тем как на подлинном небе она кажется плоской, как чайный поднос.

Но как трудно получить подобную стереоскопическую фотографию нашего спутника – многие даже не подозревают. Для изготовления ее надо быть хорошо знакомым с особенностями капризных движений ночного светила.

На первый взгляд здесь как будто не должно быть особых затруднений. Вещь кажется рельефной, когда ее рассматривают двумя глазами с не слишком большого расстояния, – иначе зрительные впечатления обоих глаз будут тождественны, и рельефа не получится. Значит, чтобы два снимка сливались при рассматривании в один рельефный образ, нужно фотографировать предмет с двух таких пунктов, расстояние которых от предмета не чересчур превышает их взаимное удаление¹. Применяя сказанное к Луне, находящейся от нас в расстоянии 380 000 км, заключаем, что нам нужно сфотографировать ее с таких двух пунктов, которые разделены расстоянием по крайней мере в радиус земного

¹ Подробнее об этом – см. «Занимательную физику»

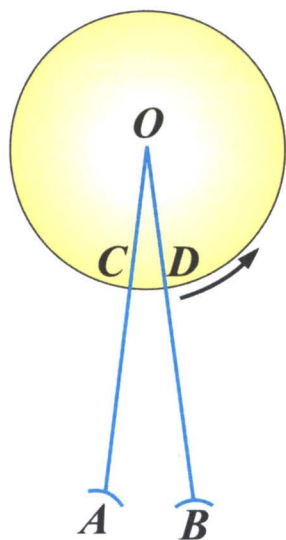


Рис. 45. Какой поворот лунного шара был бы достаточен для получения хорошего стереоскопического снимка Луны. OA – расстояние от центра Луны до Земли – в 60 раз больше AB , равно земному радиусу (масштаб не соблюден). Угол O равен поэтому примерно 1° .

шара (6 400 км); тогда точка лунного диска, центральная на одном снимке, окажется на другом смещенной примерно на 1° лунной долготы, – угол, достаточный для получения стереоскопического эффекта (см. пояснение к рис. 45). Остается сфотографировать Луну при двух ее положениях, соответствующих повороту на 1° , и требуемые снимки будут получены.

Но здесь возникает затруднение особого рода: Луна обходит Землю так, что обращена к ней все время одной и той же своей стороной. Обегая вокруг Земли, Луна вращается вместе с тем и вокруг своей оси, при чем оба движения завершаются в один и тот же срок. Если бы обращение Луны происходило по кругу, задача получения стереоскопических фотографий ночного светила была бы неразрешима: нам никак не удалось бы бросить на лицо

Луны взгляд хотя бы чуть сбоку. Но Луна обходит Землю не по кругу, а по эллипсу, и довольно вытянутому (эксцентриситет = 0,055, т. е. около $1/18$); это обстоятельство и дает выход из положения.

На рис. 46 вы видите эллипс, который должен наглядно изображать орбиту Луны. Чертеж намеренно усиливает вытянутость лунного эллипса. Представить точно на маленьком чертеже лунную орбиту так, чтобы глаз отличил ее от круга, невозможно: при величине большой полуоси даже в целый метр малая полуось была бы короче ее всего на 1 мм; Земля отстояла бы от центра только на 5,5 см. Чтобы легче было понять дальнейшее объяснение, на рисунке начерчен более вытянутый эллипс.

Итак, вообразите, что эллипс на рис. 46 есть путь Луны вокруг Земли. Земля помещена в точке O – в одном из фокусов эллипса. Законы Кеплера относятся не только к движениям планет вокруг Солнца, но и к движениям спутников вокруг центральных планет, в частности к обращению Луны. Согласно второму закону Кеплера, Луна за четверть месяца проходит такой путь AE , что площадь $OABCDE$ равняется $1/4$ площади эллипса, т. е. площади $MABCD$ (равенство площадей OAE и DMA на нашем чертеже подтверждается приблизительно равенством площадей MOQ и EDQ). Итак, за четверть месяца Луна проходит путь от A до E . Вращение же Луны, как и вообще вращение планет, в отличие от их обращения вокруг Солнца, происходит равномерно: за $1/4$ месяца она поворачивается ровно на 90° . Поэтому, когда Луна оказывается в E , центральный радиус Луны опишет дугу больше, чем в 90° и будет направлен не к точке M , а к некоторой другой точке, левее M , неподалеку от другого фокуса P лунной орбиты. Оттого, что Луна чуть отвернет

свое лицо от земного наблюдателя, он сможет увидеть с правой стороны узкую полоску прежде невидимой ее половины. В точке F Луна показывает земному наблюдателю уже более узкую полоску своей, обычно невидимой стороны, потому что угол OPF меньше угла OEP . В точке G – в «апогее» орбиты – Луна занимает такое же положение по отношению к Земле, как и в «перигее» A . При дальнейшем своем движении Луна отворачивается от Земли уже в противоположную сторону, показывая нашей планете другую полоску своей невидимой стороны; полоска эта сначала расширяется, потом суживается, и в точке A Луна занимает прежнее положение.

Мы убедились, что вследствие эллиптической формы лунного пути спутник наш обращен к Земле не строго одной и той же своей половиной. Луна неизменно обращена одной и той же стороной не к Земле, а к другому фокусу своей орбиты. Для нас же она покачивается около среднего положения, наподобие весов; отсюда и астрономическое наименование этого покачивания: «либрация» – от латинского слова, означающего «весы». Величина либрации в каждой точке измеряется соответствующим углом; например, в точке E либрация равна углу OEP . Наибольшая величина либрации $7^\circ 53'$, т. е. почти 8° .

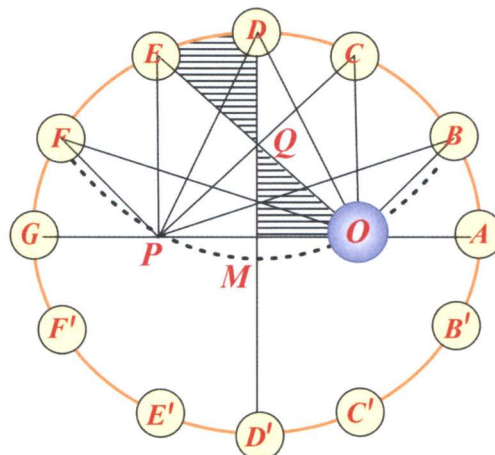


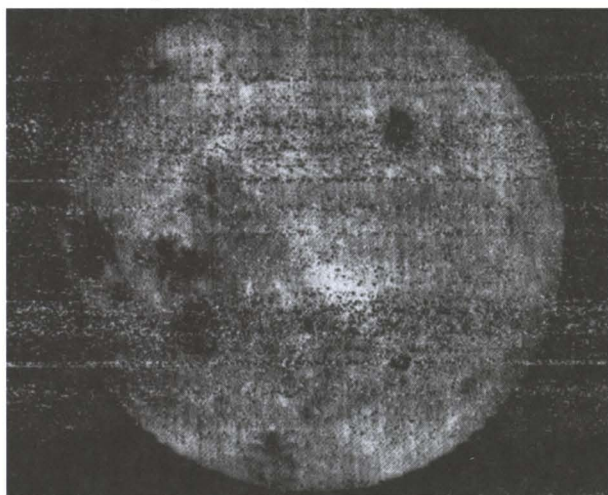
Рис. 46. Как Луна обходит вокруг Земли по своей орбите. (Подробности в тексте).

Интересно проследить за тем, как нарастает и убывает угол либрации с передвижением Луны по орбите. Поставим в D острие циркуля и опишем дугу, проходящую через фокусы O и P . Она пересечет орбиту в точках B и F . Углы OBP и OPF , как вписанные, равны половине центрального угла ODP . Отсюда выводим, что при движении Луны от A до D либрация растет сначала быстро, в точке B достигает половины максимальной, затем продолжает нарастать медленно; на пути от D до F либрация убывает сначала медленно, потом быстро. На второй половине эллипса либрация меняет свою величину тем же темпом, но в обратную сторону. (Величина либрации в каждой точке орбиты приблизительно пропорциональна расстоянию Луны от большой оси эллипса.)

То покачивание Луны, которое мы сейчас рассмотрели, называется «либрацией по долготе». Спутник наш подвержен еще и другой либрации – по широте. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости экватора Луны на $6\frac{1}{2}^\circ$. Поэтому мы видим Луну с Земли в одних случаях чуть с юга, в других – с севера, заглядывая не-

много в «невидимую» половину Луны через ее полюсы. Эта либрация по широте, достигает $6\frac{1}{2}^\circ$.

Объясним теперь, как пользуется астроном-фотограф описанными легкими покачиваниями Луны около среднего положения, чтобы получить стереоскопические снимки ее. Читатель догадывается, вероятно, что для этого надо подстеречь два таких положения Луны, при которых она была бы в одном повернута по отношению к другому на достаточный угол. В точках *A* и *B*, *B* и *C*, *C* и *D* и т. д. Луна занимает настолько различные по отношению к Земле положения, что стереоскопические снимки возможны. Но здесь перед нами новое затруднение: в этих положениях разница в возрасте Луны, $1\frac{1}{2}$ –2 суток, чересчур велика, так что полоска лунной поверхности возле круга освещения на одном снимке уже выходит из тени. Это для стереоскопических снимков недопустимо (полоска будет блестеть, как серебряная). Возникает трудная задача: подстеречь одинаковые фазы Луны, которые отличаются величиной либрации (по долготе) так, чтобы круг освещения проходил по одним и тем же деталям лунной поверхности. Но и этого недостаточно: в обоих положениях должны быть еще одинаковы либрации по широте.



Первое изображение обратной стороны Луны, сделанное КА «Луна-3». 7 октября 1959 г.

Вы видите теперь, к каким тонким ухищрениям приходится прибегать, чтобы получить хорошие стереофотографии Луны, и не удивитесь, узнав, что нередко один снимок стереоскопической пары делается на несколько лет позже другого.

Наш читатель едва ли станет изготавливать лунные стереофотографии. Способ их получения объяснен здесь, конечно, не с практической целью, а лишь для того, чтобы ради него рассмотреть особенности лунного движения, дающие астрономам возможность увидеть небольшую полоску обычно недоступной наблюдателю стороны нашего спутника¹. Благодаря обеим лунным либрациям, мы видим в общем не половину всей лунной поверхности, а 59% ее. Совершенно недоступной нашему зрению остается 41%. Как устро-

¹ Первые снимки обратной стороны Луны были получены 7 октября 1959 года советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3» (прим. ред.).

ена эта часть поверхности Луны, никто не знает; можно лишь догадываться, что она ничем существенно не отличается от видимой. Делались остроумные попыт-



Обратная сторона Луны, сфотографированная астронавтами «Аполлона-8». 24-25 декабря 1968 г.

ки, продолжив обратно части лунных хребтов и светлые полосы, выходящие из невидимой части Луны на видимую, набросать гадательно некоторые подробности недоступной нам половины. Проверить подобные догадки пока невозможно. Говорим «пока» не без основания: в настоящее время разрабатываются способы облететь вокруг Луны на особом летательном аппарате, могущем преодолеть земную тяжесть и двигаться в пустом мировом пространстве (см. мою книгу



В феврале 2015 г. NASA (американское национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства) опубликовало видео темной стороны Луны, которая обычно остается скрытой для землян. Видео от NASA сконструировано на основе фотографий, которые делал LRO — искусственный спутник Луны, начиная с 2009 года.

«Межпланетные путешествия»). До осуществления этого смелого предприятия сейчас еще далеко¹. Пока известно одно: высказываемая нередко мысль о существовании атмосферы и воды на этой невидимой стороне Луны совершенно не обоснована и противоречит законам физики: если нет атмосферы и воды на одной стороне Луны, то не может быть их и на другой (к этой теме мы еще вернемся).

Уместно поставить еще такой вопрос: всегда ли Луна показывала Земле ту свою сторону, которую мы видим теперь? Быть может, в древности к Земле обращена была другая сторона? Вопрос не праздный: если бы продолжительность лунного оборота Луны по орбите отличалась от периода обращения Луны вокруг оси всего хотя бы на 1 минуту, то 2½ тысячи лет назад Луна должна была показывать Земле противоположную свою сторону. Имеются однако свидетельства в пользу того, что древние видели ту же самую сторону ночного светила, какую видим сейчас и мы.

В печати время от времени появляются сообщения, что тому или иному наблюдателю удалось видеть второго спутника Земли, вторую ее Луну. Хотя подобные заявления ни разу не получали подтверждения, интересно все же остановиться на этой теме.

32. Вторая Луна и луна Луны

Вопрос о существовании второго спутника Земли не нов. Он имеет за собой длинную историю. Кто читал роман Жюль Верна «Вокруг Луны», тот помнит, вероятно, что уже там упоминается о второй Луне. Она так мала, и скорость ее так велика, что жители Земли наблюдать ее не могут. Французский астроном Пти, – говорит Жюль Верн, – заподозрил ее существование и определил период ее обращения вокруг Земли в 3 ч. 20 мин. Расстояние ее от поверхности Земли равно 8 140 км. Любопытно, что солидный английский журнал «Знание» в статье об астрономии у Жюль Верна считает ссылку на Пти, как и самого Пти, попросту вымышленными. Ни в одной энциклопедии об этом астрономе, действительно, не упоминается. И все-таки сообщение романиста не вымышлено. Директор Тулузской обсерватории Пти в 50-х годах прошлого столетия, действительно, отстаивал существование второй Луны – метеорита с периодом обращения в 3 ч. 20 мин., кружащегося, правда, не в 8, а в 5 тысячах км от земной поверхности. Мнение это разделялось тогда лишь немногими астрономами, впоследствии же было совершенно забыто.

Теоретически в допущении существования второго, очень мелкого спутника Земли нет ничего противонаучного. Но подобное небесное тело должно было бы наблюдаться не только в те редкие моменты, когда оно проходит (кажущимся образом) по диску Луны или Солнца. Даже если оно обращается так близко к Земле, что должно при каждом обороте погружаться в широкую земную тень, то и в таком случае можно было бы его видеть на утреннем и вечернем небе сияющим яркой звездой в лучах Солнца. Быстрым движением и ча-

стыми возвращениями звезда эта привлекла бы к себе внимание многих наблюдателей. В моменты полного солнечного затмения вторая Луна также не ускользнула бы от взора астрономов.

Словом, если бы Земля действительно обладала вторым спутником, его случалось бы наблюдать довольно часто. Между тем бесспорных наблюдений не было ни одного.

Наряду с проблемой второй Луны ставился также вопрос о том, нет ли у нашей Луны своего маленького спутника – «луны Луны».

Но непосредственно удостовериться в существовании подобного лунного спутника очень трудно. Выдающийся американский астроном Мультион высказывает об этом следующие соображения:

«Когда Луна светит полным светом, ее свет или свет Солнца не позволяют различить в соседстве с нею очень маленькое тело. Только в моменты лунных затмений спутник Луны мог бы освещаться Солнцем, в то время как соседние участки неба были бы свободны от влияния рассеянного света Луны. Таким образом лишь во время лунных затмений можно было бы надеяться открыть небольшое тело, обращающееся около Луны. Такого рода исследования уже производились, но реальных результатов не дали».

33. Почему на Луне нет атмосферы?

Вопрос этот принадлежит к тем, которые уясняют, если сначала их, так сказать, перевернуть. Прежде чем говорить о том, почему Луна не удерживает вокруг себя атмосферы, поставим вопрос: почему удерживается атмосфера вокруг нашей собственной планеты? Вспомним, что воздух, как и всякий газ, представляет хаос не связанных между собой молекул, стремительно движущихся в различных направлениях. Средняя их скорость при 0° – около ½ км в секунду (скорость ружейной пули). Почему же не разлетаются они в мировое пространство? По той же причине, по какой не улетает в мировое пространство и ружейная пуля. Источник энергии своего движения на преодоление силы тяжести, молекулы падают обратно на Землю. Вообразите близ земной поверхности молекулу, летящую отвесно вверх со скоростью ½ км в секунду. Как высоко вверх может она взлететь? Не трудно вычислить: скорость v , высота подъема h и ускорение тяжести g связаны следующей формулой:

$$v^2 = 2gh.$$

Подставим вместо v его значение – 500 м/сек, вместо g – 10 м/сек², имеем

$$250\,000 = 20h,$$

откуда

$$h = 12\,500\text{ м} = 12\frac{1}{2}\text{ км}.$$

Но если молекулы воздуха могут взлетать не выше 12½ км, то откуда берутся воздушные молекулы выше этой границы? Ведь кислород, входящий в состав нашей атмосферы, образовался близ земной поверхности (частью из углекислого газа деятельностью растений, главным же образом – путем разложения перекиси водорода,

¹ Впервые пролететь вокруг Луны удалось в 1968 г. американским астронавтам на пилотируемом космическом корабле «Аполлон-8» (прим. ред.).

увлеченной на землю с каплями дождя). Какая же сила подняла и удерживает их на высоте 500 и более километров, где безусловно установлено присутствие следов воздуха? Физика дает здесь тот же ответ, какой услышали бы мы от статистика, если бы спросили его: «Средняя продолжительность человеческой жизни 40 лет; откуда же берутся 80-летние старики?» Все дело в том, что выполненный нами расчет относится к средней, а не реальной молекуле. Средняя молекула обладает секундной скоростью в $\frac{1}{2}$ км, но реальные молекулы движутся одни медленнее, другие быстрее средней. Правда, процент молекул, скорость которых заметно отклоняется от средней, невелик и быстро убывает с возрастанием величины этого отклонения. Из всего числа молекул, заключающихся в данном объеме кислорода при 0°, только 20% обладало скоростью от 400 до 500 м в секунду; приблизительно столько же молекул движется со скоростью 300-400 м/сек, 17% – со скоростью 200-300 м/сек, 9% – со скоростью 600-700 м/сек, 8% – со скоростью 700-800 м/сек; 1% – со скоростью 1 300-1 400 м/сек. Небольшая часть (меньше миллионной доли) молекул имеет скорость 3 500 м/сек, а эта скорость достаточна, чтобы молекулы могли взлететь даже на высоту 600 км.

Действительно

$$3\,500^2 = 20h, \text{ откуда } h = \frac{12\,250\,000}{20}, \text{ т. е. около } 600 \text{ км.}$$

Становится понятным присутствие частиц кислорода на высоте сотен километров над земной поверхностью: это вытекает из молекулярного строения газов¹. Молекулы кислорода, азота, водяного пара, углекислого газа не обладают однако скоростями, которые позволили бы им совсем покинуть земной шар. Для этого нужна скорость не меньше 11 км в секунду, а подобными скоростями при невысоких температу-

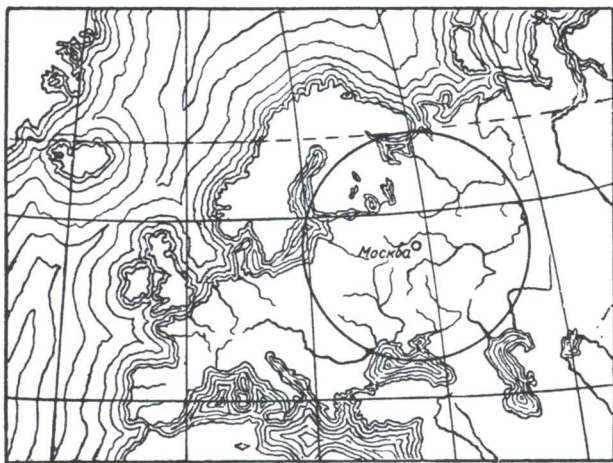


Рис. 47. Размеры лунного шара по сравнению с материком Европы. (Не следует, однако, заключать, что поверхность Луны меньше поверхности Европы).

¹ Не следует думать, что одна и та же молекула может свободно пролететь такой большой путь. Менее чем через миллиардную долю секунды молекула сталкивается с другой. Но равенство масс молекул приводит к тому, что соударяющиеся частицы обмениваются скоростями, т. е. словно проходят одна сквозь другую. Благодаря этому можно принять, что летящая вверх молекула, несмотря на миллиарды столкновений, как бы пронизывает всю толщу атмосферы.

рах обладают только единичные молекулы названных газов. Вот почему Земля так прочно удерживает свою атмосферную оболочку. Вычислено, что для потери половины запаса даже самого легкого из газов земной атмосферы – водорода – должно пройти число лет, выражающееся 25 цифрами. Миллионы лет не внесут никакого изменения в состав и массу земной атмосферы.

Чтобы разъяснить теперь почему Луна не может удерживать вокруг себя подобной же атмосферы, остается досказать немного. Напряжение тяжести на Луне в 6 раз слабее, чем на Земле; соответственно этому скорость, необходимая для преодоления там силы тяжести, тоже меньше и равна всего 2 360 м/сек. А так как скорость молекул кислорода и азота при умеренной температуре может превышать эту величину, то понятно, что Луна должна была бы непрерывно терять свою атмосферу, если бы она у нее образовалась. Когда улетучатся наиболее быстрые из молекул, критическую скорость приобретут другие молекулы (таково следствие закона распределения скоростей между частицами газа), и в мировое пространство должны безвозвратно ускользать все новые и новые частицы атмосферной оболочки. По истечении достаточного промежутка времени, ничтожного в масштабе мироздания, вся атмосфера покинет поверхность столь слабо притягивающего небесного тела.

Можно доказать математически, что если средняя скорость молекул в атмосфере планеты даже втрое меньше предельной (т. е. составляет для Луны $2\,360 : 3 = 790$ м/сек), то такая атмосфера должна наполовину рассеяться в течение нескольких недель. (Устойчиво сохраняться атмосфера небесного тела может лишь при условии, что средняя скорость ее молекул меньше одной пятой доли предельной.)

Высказывалась мысль – вернее, мечта, – что со временем, когда земное человечество посетит и покорит Луну, оно окружит ее искусственной атмосферой и сделает таким образом пригодной для обитания. После сказанного в этой статье читателю должна быть ясна несбыточность подобного предпрятия. Отсутствие атмосферы у нашего спутника не случайность, не каприз природы, а закономерное следствие физических законов.

Понятно также, что причины, по которым невозможно существование атмосферы на Луне, должны обуславливать ее отсутствие вообще на всех мировых телах со слабым напряжением тяжести: на астероидах и на большинстве планетных спутников.

34. Размеры лунного мира

Об этом, конечно, с полной определенностью говорят числовые данные: величина диаметра Луны (3 500 км), поверхности, объема. Но числа, незаменимые при расчетах, бессильны дать то наглядное представление о размерах, какого требует наше воображение. Полезно будет обратиться для этого к конкретным сопоставлениям.

Сравним лунный материк (ведь Луна – сплошной материк) с материками земного шара. Это скажет нам больше, нежели отвлеченное утверждение, что полная поверхность лунного шара в 14 раз меньше земной поверхности. По числу квадратных километров поверхность нашего спутника лишь немногим меньше поверхности обеих Америк. А та часть Луны, которая об-

ращена к Земле и доступна нашему наблюдению, почти в точности равна площади Южной Америки.

Чтобы сделать наглядными размеры лунных «морей» по сравнению с земными, здесь (рис. 48) на карту Луны наложены в том же масштабе контуры Черного и Каспийского морей. Сразу видно, что лунные «моря» не особенно велики, хотя и занимают заметную часть диска. Море Ясности, например (170 000 км²), примерно в 2½ раза меньше Каспийского.



Рис. 48. Земные моря по сравнению с лунными. Черное и Каспийское моря, перенесенные на Луну, были бы там крупнее всех лунных морей,

Зато среди кольцевых гор Луны имеются подлинны гиганты, каких нет на Земле. Например, круговой вал горы Гримальди охватывает поверхность, большую, нежели площадь Байкальского озера. Внутри этой Горы могло бы целиком поместиться небольшое государство, как Бельгия, Швейцария или даже Эстония.

35. Лунные пейзажи

Фотографии лунной поверхности воспроизводятся в печати так часто, что вид характерных особенностей лунного рельефа – кольцевых гор, «цирков»¹ – знаком, вероятно, каждому из наших читателей. Возможно, что иные наблюдали лунные горы и в небольшую трубу; для этого достаточна труба с объективом в 3 см. Но ни фотографии, ни наблюдения в телескоп не дают представления о том, какой казалась бы лунная поверхность наблюдателю на самой Луне. Стоя непосредственно возле лунных гор, наблюдатель видел бы их в иной перспективе, чем в телескоп. Одно дело рассматривать предмет сверху, с высоты 400 тысяч км, и совсем иное – сбоку вблизи. Покажем на нескольких примерах, в чем проявляется это различие. Гора Эратосфен представляется с Земли в виде кольцевого вала с пиком внутри. В телескоп она вырисовывается рельефно и резко, благодаря четким, не размытым теням, очертания которых не смягчаются атмосферой. Взгляните, однако, на ее профиль (рис 50): вы

¹ В настоящее время все лунные кольцевые горы называют кратерами (прим. ред.).

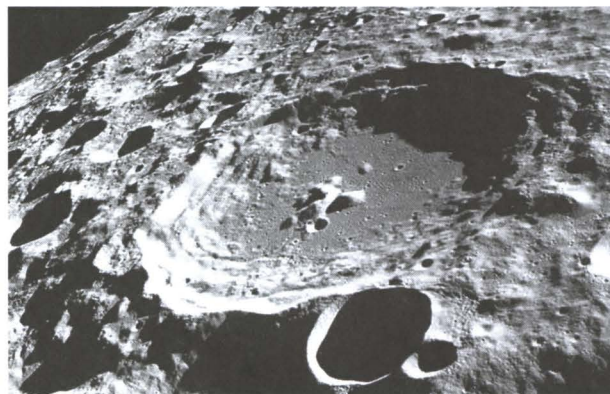


Рис. 49. Типичные кольцевые горы Луны.

видите, что по сравнению с огромным поперечником цирка – 60 км – высота вала и внутреннего конуса очень мала; отлогость склонов еще более скрадывает их высоту.

Вообразите себя теперь бродящим внутри этого цирка и помните, что поперечник его равен расстоянию от Ладожского озера до Финского залива. Едва ли уловите вы тогда кольцообразную форму вала; к тому же



Рис. 50. Профиль большой кольцевой горы.

выпуклость почвы скроет от вас его нижнюю часть, так как лунный горизонт вдвое теснее земного (соответственно вчетверо меньшему диаметру лунного шара). На Земле человек среднего роста, стоя на ровной местности, может видеть вокруг себя не далее 5 км. Это вытекает из формулы дальности горизонта²:

$$\text{дальность} = \sqrt{\text{высота глаза} \times \text{диаметр планеты}}.$$

Подставив в нее данные для Земли и для Луны, узнаем, что для человека среднего роста дальность горизонта

На Земле -----4,8 км.

На Луне -----2,5 км.

Какая картина представилась бы наблюдателю внутри большого лунного цирка показывает рис. 51. (Ландшафт изображен для другого большого цирка – Архимеда.) Не правда ли: обширная равнина с цепью холмов на горизонте мало похожа на то, что обычно представляют себе при словах «лунный цирк»?

Очутившись по другую сторону вала, вне цирка, наблюдатель также увидел бы не то, что ожидает. Наружный скат кольцевой горы (ср. рис. 50) поднимается столь отлого, что путнику она вовсе не представится горой; а главное, он не сможет убедиться, что видимая им холмистая гряда есть кольцевая гора, имеющая круглую котловину. Для этого придется перебраться через ее гребень; да и тут, как мы уже объяснили, лунного альпиниста не ожидает ничего примечательного.

² О вычислении дальности горизонта см. мою «Занимательную геометрию», главу «Где небо с землею сходится».



Рис. 51. Какую картину увидел бы наблюдатель, помещенный в центре большой кольцевой горы на Луне.
Панорама лунной поверхности, собранная из нескольких снимков, сделанных астронавтами Юджином Сернаном и Харрисоном Шмиттом.
Миссия «Аполлон 17», 11 декабря 1972 г.

Кроме огромных кольцевых гор на Луне имеется, правда, и множество мелких цирков, которые легко охватить взором, даже стоя в непосредственной близости. Но зато высота их ничтожна; наблюдатель едва ли будет здесь поражен чем-либо необычным.

Отсутствие атмосферы на Луне и связанная с этим резкость теней создают при наблюдении в трубу любопытную иллюзию: малейшие неровности почвы усиливаются и представляются весьма рельефными.

Положите половину горошины выпуклостью вверх. Велика ли она? А посмотрите, какую длинную тень она отбрасывает (рис. 52). При боковом освещении на Луне тень бывает в 20 раз более высоты того тела, которое ее отбрасывает, и это сослужило астрономам хорошую службу: благодаря длинным теням, можно наблюдать в телескоп на Луне предметы высотой всего в 30 м. Но то же обстоятельство заставляет нас преувеличивать не-



Рис. 52. Половина горошины отбрасывает при косом освещении длинную тень.

ровности лунной почвы. Гора Пико, например, так резко обрисовывается в телескоп, что невольно представляешь ее себе в виде острой и крутой скалы (рис. 53). Так ее и изображали в прежнее время. Но наблюдая ее с лунной поверхности, вы увидели бы совсем иную картину, – то, что изображено на рис. 54.

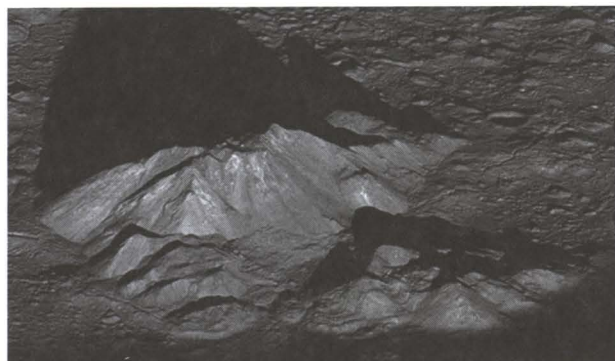


Рис. 53. Гора Пико кажется в телескоп крутой и острой (сравни рис. 54).

Зато другие особенности лунного рельефа нами, наоборот, недооцениваются. В телескоп мы наблюдаем на поверхности Луны тонкие, едва заметные трещины, и нам кажется, что они не могут играть существенной роли в лунном пейзаже. Но перенесенные на поверхность нашего спутника, мы увидели бы в этих местах у своих ног глубокую черную пропасть, простирающуюся



Рис. 54. Наблюдателю на лунной поверхности гора Пико казалась бы отлогой.

юся далеко за горизонт. Еще пример. На Луне есть так называемая «Прямая стена» – отвесный уступ, прорезывающий одну из ее равнин.

Видя эту стену на карте (рис. 55), мы забываем, что она имеет 300 м высоты и что следовательно, находясь у основания стены, мы были бы подавлены ее грандиоз-



Рис. 55. Так называемая «Прямая стена» на Луне.
Фотография Японского агентства аэрокосмических исследований.

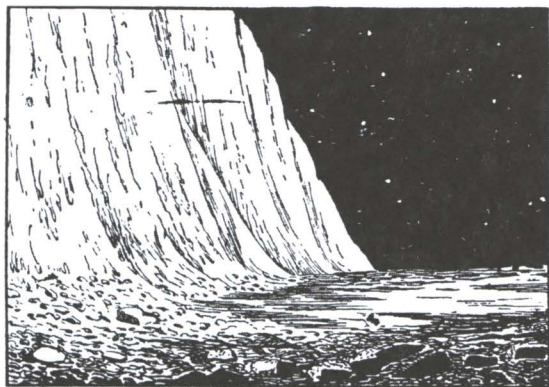


Рис. 56. Какой должна казаться «Прямая стена» наблюдателю, находящемуся близ ее основания.

ностью. На рис. 56 художник попытался изобразить эту отвесную стену, видимую снизу: ее конец теряется где-то за горизонтом: ведь она тянется на 100 км!

Точно так же и тонкие трещины, различаемые в сильный телескоп на лунной поверхности, должны в натуре представлять огромные провалы (рис. 57).

36. Лунное небо. Черный небосвод

Если бы житель Земли мог очутиться на Луне¹, внимание его привлекли бы прежде других три необычайных обстоятельства.

Сразу же бросился бы в глаза странный цвет дневного неба на Луне: вместо привычного голубого купола, расстился бы совершенно черный небосклон, усеянный – при ярком сиянии Солнца! – множеством звезд, четко выделяющихся, но не мерцающих. Причина – отсутствие на Луне атмосферы.

«Голубой свод ясного и чистого неба, – говорит Фламарион свойственным ему живописным языком, – нежный румянец зорь, величественное зарево вечерних сумерек, чарующая красота пустынь, туманная даль полей и лугов, и вы, зеркальные воды озер, издревле отражающие в себе далекие лазурные небеса, вмещающие целую бесконечность в своих глубинах, – ваше существование и вся красота ваша зависят исключительно лишь от той легкой оболочки, которая простирается над земным шаром. Без нее ни одной из этих картин, ни одной из этих пышных красок не существовало бы. Вместо лазурно-голубого неба вас окружало бы беспредельное черное пространство; вместо величественных восходов и закатов Солнца дни резко, без переходов, сменялись бы ночами и ночи – днями. Вместо нежного полусвета, царящего всюду, куда прямо не попадают ослепительные лучи Солнца, яркий свет был бы лишь в местах, прямо озаренных дневным светилом, а во всех остальных царил бы густая тень».

Достаточно некоторого разрежения атмосферы, чтобы голубой цвет неба заметно потемнел. Команда

¹ Первыми землянами, побывавшими на Луне стали американские астронавты Нил Армстронг (первым ступивший на поверхность Луны) и Эдвин Олдрин. Это произошло 20 июля 1969 г. (прим. ред.).



Рис. 57. Одна из лунных «трещин», наблюдаемая в непосредственной близости.

трагически погибшего советского стратостата «Осоавиахим» на высоте 21 км видела над собой почти черное небо. Фантастическая картина освещения природы, нарисованная в сейчас приведенном отрывке, полностью осуществляется на Луне: черное небо, отсутствие зорь и сумерек, ослепительная яркость освещенных мест и столь же резкая, без полутонов, густота теней.

37. Лунное небо. Земля на небе Луны

Вторая достопримечательность на Луне – висящий в небе огромный диск Земли. Путешественнику покажется странным, что тот земной шар, который при отлете на Луну был оставлен внизу, неожиданно очутился здесь вверх. Но это – одно из проявлений относительности понятий «верх» и «низ». Уже на нашей планете «верх» для москвича не тот, что для жителя Токио или Нью-Йорка. Общий «низ» для всех пунктов земного шара – направление к центру Земли – не есть «низ» для наблюдателей, находящихся на Луне или на Марсе: их «низ» – направление к центру их миров.

Во Вселенной нет одного для всех миров верха и низа, и вас не должно удивлять что, оставив Землю внизу, вы увидели бы ее вверх, находясь на Луне.

Висящий в лунном небе диск Земли огромен: поперечник его вчетверо больше поперечника знакомого нам лунного диска на земном небе. Это – третий поражающий факт, который ожидает лунного путешественника. Если в лунные ночи ландшафты наши достаточно хорошо освещены, то ночи на Луне при лучах полной Земли с диском, в 14 раз большим лунного, должны быть необычайно светлы. Яркость светила зависит не только от его диаметра, но и от отражательной способности его поверхности. В этом отношении земная поверхность в 6 раз превосходит лунную²; поэтому свет полной Земли должен освещать Луну раз в 90 сильнее, чем полный

² Лунная почва – следовательно вовсе не белая, как обычно думают, а скорее темная. Это не противоречит тому факту, что она сияет белым светом. «Солнечный свет, отраженный даже от черного предмета, остается белым. Если бы Луна была одета в самый черный бархат, она все-таки красовалась на небе, как серебристый диск», – пишет Тиндаль в своей книге о свете. Способность лунной почвы рассеивать озаряющие ее солнечные лучи в среднем одинакова с рассеивающей способностью влажного чернозема, а самые темные места рассеивают свет немного слабее, чем лава Везувия.

месяц освещает Землю. В «земные ночи» на Луне можно было бы читать мелкую печать. Освещение лунной почвы Землею настолько ярко, что позволяет нам с расстояния 400 тысяч км различать ночную часть лунного шара в виде неясного мерцания внутри узкого серпа; оно носит название «пепельного света» Луны. Вообразите 90 полных лун, льющих с неба свой свет, да примите еще во внимание отсутствие на нашем спутнике атмосферы, поглощающей часть света, и вы получите некоторое представление о феерической картине лунных пейзажей, залитых среди ночи сиянием полной Земли.

Мог ли бы лунный наблюдатель различать на земном диске очертания материков и океанов? Распро-

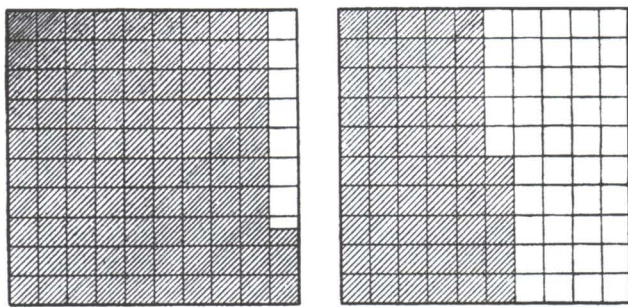


Рис. 58. Отражательная способность поверхности Земли (на- лево) и Луны (направо). Луна рассеивает 14-ю долю (семь белых клеток из ста) падающего на нее солнечного света, а остальные лучи поглощает. Земля же рассеивает 0,45 озаряющего ее света – в шесть с лишком раз больше, чем Луна.

странено ошибочное мнение, будто Земля в небе Луны представляет нечто похожее на школьный глобус. Так ее и изображают художники, когда им приходится рисовать земной шар в мировом пространстве: с контурами материков, с снежной шапкой в полярных частях и т. п. подробностями. Все это надо отнести к области фантазии. На земном шаре при наблюдении извне нельзя различать таких деталей. Не говоря уже об облаках, обычно застилающих половину земной поверхности, сама атмосфера наша сильно рассеивает солнечные лучи; поэтому Земля должна казаться столь же яркой и столь же непроницаемой для взора, как Венера. Иссле-



Земля на небе Луны.

* На самом деле на полученных фотографиях Земли, сделанных американскими астронавтами с поверхности Луны и с ее орбиты с 1968 по 1972 гг., видны облака, голубая вода океанов и морей, а также континенты (прим. ред.).

довавший этот вопрос пулковский астроном Г. А. Тихов пишет:

«Смотря на Землю из пространства, мы увидали бы диск цвета сильно белесоватого неба и едва ли различили бы какие-либо подробности самой поверхности*. Громадная часть падающего на Землю солнечного света успевает рассеяться в пространстве атмосферой и всеми ее примесями раньше, чем дойдет до поверхности самой Земли. А то, что отражается самой поверхностью, успеет опять-таки сильно ослабеть вследствие нового рассеяния в атмосфере».

Итак, в то время как Луна отчетливо показывает нам все подробности своей поверхности, Земля скрывает свое лицо от Луны, да и от всей вселенной, под сияющим покрывалом атмосферы.

Но не только этим отличается лунное ночное светило от земного. На нашем небе месяц восходит и заходит, описывая свой путь вместе с звездным куполом. На лунном небе Земля такого движения не совершает. Она не восходит там и не заходит, не принимает участия в стройном, чрезвычайно медленном шествии звезд. Почти неподвижно висит она на небе, занимая для каждого пункта Луны определенное положение, в то время как звезды медленно скользят позади нее. Это

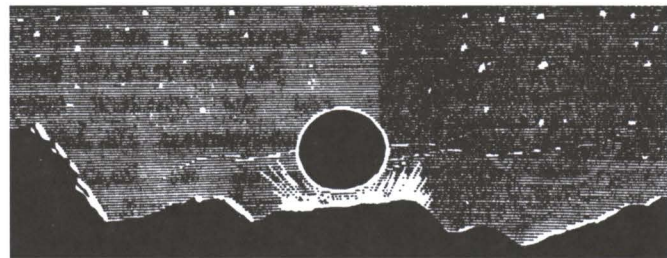


Рис. 59. «Новоземлие» на небе Луны. Черный диск Земли виден в окружении яркой каймы из сияющей земной атмосферы.

– следствие уже рассмотренной нами особенности лунного движения, состоящей в том, что Луна обращена к Земле всегда одной и той же частью своей поверхности. Для лунного наблюдателя Земля висит неподвижно на небесном своде. Если Земля стоит в зените какого-нибудь лунного кратера, то она никогда не покидает своего зенитного положения. Если с какого-нибудь пункта она видна на горизонте, она вечно остается на горизонте этого места. Только лунные либрации, о которых мы уже беседовали, несколько нарушают эту неподвижность. Звездное небо совершает позади земного диска свое медленное, в $27\frac{1}{3}$ наших суток, вращение; Солнце обходит небо в $29\frac{1}{2}$ суток; планеты совершают подобные же движения, и лишь одна Земля почти неподвижно покоится на черном небе.

Но оставаясь на одном месте, Земля быстро, в 24 часа, вращается вокруг своей оси, и если бы наша атмосфера была прозрачна для обитателей Луны, Земля могла бы служить для них удобнейшими небесными часами. Кроме того Земля имеет фазы такие же, какие показывает Луна на нашем небе. Значит, наш мир не всегда сияет на лунном небе полным диском: он появляется то в виде полукруга, то в виде серпа, более или менее узкого, то в виде неполного круга, смотря по тому, какая часть озаренной Солнцем половины Земли обращена к Луне. Начертив взаимное расположение Солн-

ца, Земли и Луны, вы легко убедитесь, что Земля и Луна должны показывать друг другу противоположные фазы. Когда мы наблюдаем новолуние, лунный наблюдатель должен видеть полный диск Земли – «полноземлие»; напротив, когда у нас полнолуние, на Луне «новоземлие». Когда мы видим узкий серп молодого месяца, с Луны можно было бы любоваться Землей на ущербе, причем до полного диска не хватает как раз такого серпа, какой показывает нам в этот момент Луна. Впрочем фазы Земли очерчены не так резко, как лунные: земная атмосфера размывает границу света, создает тот постепенный переход от дня к ночи и обратно, который мы на Земле наблюдаем в виде сумерек.

Другое отличие земных фаз от лунных состоит в следующем. На Земле мы никогда не видим Луну в самый момент новолуния. Хотя она обычно стоит при этом выше или ниже Солнца (иногда на 5° , т. е. на 10 своих поперечников), так что узкий, озаренный Солнцем край лунного шара мог бы быть виден, – он все же недоступен нашему зрению: блеск Солнца поглощает скромное сияние серебряной нити новой Луны. Мы замечаем новую Луну обычно лишь в возрасте двух суток, когда она успевает отойти на достаточное расстояние от Солнца, и лишь в редких случаях (весной) – в возрасте одних суток. Не то бывает при наблюдении «новоземлия» с Луны: там нет атмосферы, рассеивающей солнечные лучи и создающей вокруг дневного светила сияющий ореол. Звезды и планеты не теряются там в лучах Солнца, а четко выделяются на небе в непосредственном соседстве с ним. Поэтому, когда Земля оказывается не прямо перед Солнцем (т. е. не в моменты затмений, а несколько выше или ниже его, она всегда видна на черном усеянном звездами небе нашего спутника в форме тонкого серпа с рогами, обращенным от Солнца (рис. 60). По мере отхода Солнца влево серп словно перекачивается влево.



Рис. 60. «Молодая Земля на небе Луны. Белый кружок под земным серпом – Солнце.

Явление, соответствующее сейчас описанному, можно видеть, наблюдая Луну в небольшую трубу: в полнолуние диск ночного светила не усматривается нами в виде полного круга; так как центры Луны и Солнца не лежат на одной прямой с глазом наблюдателя, то на лунном диске не хватает узкого серпа, который темной полоской скользит близ края освещенного дис-

ка влево по мере отхода Луны вправо. Но Земля и Луна всегда показывают друг другу противоположные фазы; поэтому в описанный момент лунный наблюдатель должен был бы видеть тонкий серп «новоземлия».

Мы заметили уже вскользь, что либрации Луны должны сказываться в том, что Земля не совсем неподвижна на лунном небе: она колеблется около среднего положения в северо-южном направлении на 14° , а в западно-восточном – на 16° . Для тех пунктов Луны, где Земля видна на самом горизонте, планета наша должна поэтому казаться иногда заходящей и вскоре затем вновь восходящей, описывая странные кривые (рис. 61). Такой своеобразный восход или заход Земли в одном месте горизонта, без обхода всего неба, может длиться до сотни часов.

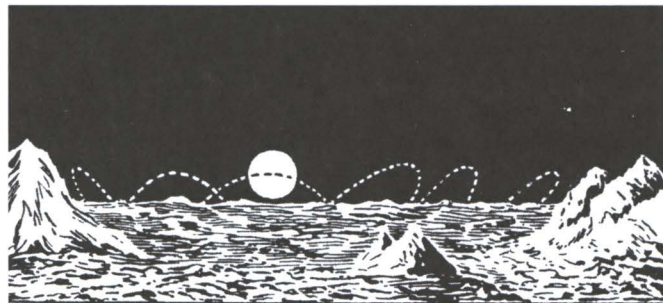


Рис. 61. Медленное появление Земли из-под лунного горизонта и ее исчезновение вследствие так называемой «либрации» Луны. Пунктирные линии – пути центра земного диска.

Набросанную сейчас картину лунного неба дополним описанием тех небесных спектаклей, которые называются затмениями. На Луне бывают затмения двух родов: солнечные и «земные». Первые не похожи на знакомые нам солнечные затмения, но по-своему чрезвычайно эффектные. Они происходят на Луне в те моменты, когда на Земле бывают затмения лунные, так как тогда Земля помещается на линии, соединяющей центры Солнца и Луны. Наш спутник погружается в эти моменты внутрь тени, отбрасываемой земным шаром. Кому случалась видеть Луну в такие моменты, тот знает, что она не совсем лишается света, не исчезает для глаза; она бывает видна обычно в вишнево-красных лучах, проникающих внутрь конуса земной тени. Если бы мы перенеслись в этот момент на поверхность Луны и взглянули оттуда на Землю, то ясно поняли бы причину красного освещения: на небе Луны земной шар, помещаясь впереди яркого, хотя и гораздо меньшего Солнца, представляется черным диском, окруженным багровой каймой своей атмосферы. Эта кайма и освещает кровавым светом погруженную в тень Луну (рис. 62).

Затмения Солнца длятся на Луне не несколько минут, как на Земле, а более 4 часов, – столько, сколько у нас лунные, потому что, в сущности, это и есть наши лунные затмения, только наблюдаемые не с Земли, а с Луны.

Что же касается затмений «земных», то они так мизерны, что едва заслуживают наименования затмений. Они происходят в те моменты, когда на Земле видны солнечные. На большом диске Земли лунные наблюдатели видели бы тогда маленький движущийся черный кружок – те счастливые участки земной поверхности, откуда можно любоваться затмением Солнца.



Рис. 62. Ход солнечного затмения на Луне: Солнце (S) постепенно заходит за земной диск (E), неподвижно висящий на лунном небе.

Надо заметить, что таких затмений, как наши солнечные, нельзя наблюдать вообще ни в каком другом месте планетной системы. Этим исключительным зрелищем обязаны мы случайному обстоятельству: Луна, заслоняющая от нас Солнце, ровно во столько раз ближе к нам, нежели Солнце, во сколько раз лунный поперечник меньше солнечного, – совпадение, не повторяющееся ни на какой иной планете.

39. Для чего астрономы наблюдают затмения?

Благодаря сейчас отмеченной случайности, длинный конус тени, которую постоянно влечит за собою наш спутник, доходит как раз до земной поверхности. Собственно говоря, средняя длина конуса лунной тени меньше среднего расстояния Луны от Земли, и, если бы мы имели дело только со средними величинами, то пришли бы к выводу, что полных солнечных затмений у нас никогда не бывает. Они случаются в действительности потому, что Луна движется около Земли по эллипсу и в одних частях орбиты бывает на 50 000 км ближе к Земле, чем в других: расстояние Луны меняется от 356 000 до 407 000 км.

Скользя по земной поверхности, конец лунной тени чертит на ней полосу, находясь на которой можно видеть солнечное затмение. Полоса эта не шире 300 км, так что число населенных мест, награждаемых зрелищем солнечного затмения, каждый раз довольно ограничено. Если прибавить к этому, что продолжительность полного солнечного затмения исчисляется минутами (не более восьми), то станет понятным, почему полное солнечное затмение – зрелище чрезвычайно редкое. Для каждого данного пункта земного шара оно случается один раз в два-три столетия. В Лондоне за шесть веков, протекших между 1140 г. и 1715 г., не было ни одного полного солнечного затмения.

Ученые буквально охотятся поэтому за солнечными затмениями, снаряжая специальные экспедиции в те, иной раз весьма отдаленные для них места земного шара, откуда это явление можно наблюдать. Затмение Солнца 1936 г. (19 июня) видно было как полное только в пределах Советского Союза, и ради наблюдения его в течение двух минут к нам приехало 70 иностранных ученых из десяти различных государств: Франции, Британии, Польши, Швеции, Голландии, Чехословакии, Италии, Соединенных Штатов Америки, Японии и Китая. При этом труды четырех экспедиций пропали даром из-за пасмурной погоды. Советских экспедиций в полосу полного затмения было организовано около 30.

Затмения лунные, хотя и случаются в полтора раза реже солнечных, наблюдаются гораздо чаще. Этот астрономический парадокс объясняется очень просто. Есть существенное различие между затмениями солнечными и лунными. И в том, и в другом случаях мы наблюдаем померкание светила. Но при солнечном затмении Солнце не лишается света физически, – оно продолжает по прежнему изливаться в пространство свой свет и только на пути к Земле встречает небольшой заслон в виде лунного шара. Это не «затмение» в строгом смысле слова, а только «заслонение».

Другое дело – затмение Луны. В этом случае Луна действительно перестает светить, так как погружается в широкую земную тень, и солнечные лучи почти не достигают ее поверхности.

Поэтому солнечное затмение можно наблюдать на нашей планете лишь в ограниченной зоне, для которой Солнце заслоняется Луной; в пределах этой узкой полосы оно для одних точек – полное, для других – частное (Солнце заслоняется лишь частично). Момент наступления солнечного затмения также неодинаков для различных пунктов полосы, не потому, что существует различие в счете времени, а потому, что лунная тень скользит по земной поверхности, и разные точки покрываются ею в разное время.

Совсем иначе протекает затмение лунное. Луна темнеет реально. Поэтому затмение Луны наблюдается сразу на всей половине земного шара, где в это время Луна доступна взгляду, т. е. стоит над горизонтом. Последовательные фазы лунного затмения наступают для всех точек земной поверхности в один и тот же физический момент; разница обусловлена лишь различием в счете времени.

Вот почему за лунными затмениями астроному не надо «охотиться»: они являются к нему сами. Но что-

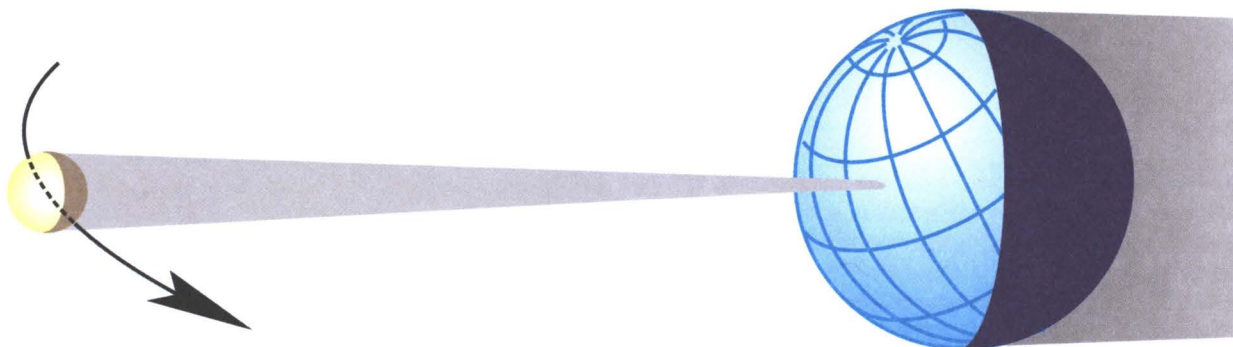


Рис. 63. Конец конуса лунной тени скользит по земной поверхности, в покрытых им местах наблюдается солнечное затмение.

бы поймать затмение солнечное, приходится совершать иной раз весьма далекие путешествия. Астрономы снаряжают экспедиции на тропические острова, далеко на запад или на восток для того только, чтобы в течение нескольких минут наблюдать покрытие солнечного диска черным кругом Луны.

Есть ли смысл ради столь быстротечных наблюдений снаряжать дорогостоящие экспедиции? Разве нельзя производить те же наблюдения, не дожидаясь случайного заслонения Солнца Луною? Почему астрономы не производят солнечного затмения искусственно, заслоняя в телескопе изображение Солнца непрозрачным кружком? Тогда можно будет, казалось бы, наблюдать без хлопот те окрестности Солнца, которые так интересуют астрономов во время затмений.

Такое искусственное солнечное затмение не может, однако, дать того, что наблюдается при заслонении Солнца Луною. Дело в том, что лучи Солнца прежде, чем достигнуть нашего глаза, проходят через земную атмосферу и рассеиваются здесь частицами воздуха. Оттого-то небо днем и кажется нам светлым голубым сводом, а не черным, усеянным звездами, каким представлялось бы оно нам даже днем при отсутствии атмосферы. Закрыв Солнце кружком, но оставаясь на дне воздушного океана, мы хотя и защищаем глаз от прямых лучей дневного светила, однако атмосфера над нами по-прежнему залита солнечным светом и продолжает рассеивать лучи, затмевая звезды. Этого не бывает, если заслоняющий экран находится за пределами атмосферы. Луна есть именно такой экран, помещенный от нас в тысячу раз дальше крайней границы атмосферы (и притом случайно имеющий поперечник, ровно во столько раз меньший поперечника Солнца, во сколько раз Луна ближе к нам, чем Солнце). Лучи Солнца задерживаются этим экраном до того, как проникают в земную атмосферу, и рассеивание света в затененной полосе тем самым предупреждается. Правда, не полностью: в область тени проникают все же немногие лучи, рассеиваемые окружающими светлыми областями, и потому небо в момент полного солнечного затмения никогда не бывает так черно, как в полночь; звезды видны только самые яркие.

Какие же задачи ставят себе астрономы при наблюдении полного солнечного затмения? Отметим главные из них.

Первая – наблюдение так называемого «обращения» спектральных линий в наружной оболочке Солнца.

Линии солнечного спектра, при обычных условиях темные на светлой ленте спектра, становятся светлыми на темном фоне в момент полного покрытия Солнца диском Луны: «спектр поглощения» превращается в «спектр испускания». Хотя это явление, дающее драгоценный материал для суждения о природе наружной оболочки Солнца, может быть при известных условиях наблюдаемо и не только во время затмения, оно обнаруживается при затмениях настолько четко, что астрономы стремятся не упускать подобного случая.

Вторая задача – исследование солнечной короны. Корона – самое замечательное из явлений, наблюдаемых исключительно в моменты полного солнечного затмения: вокруг совершенно черного круга Луны, окаймленного огнистыми выступами (протуберанцами) наружной оболочки Солнца, сияет жемчужный

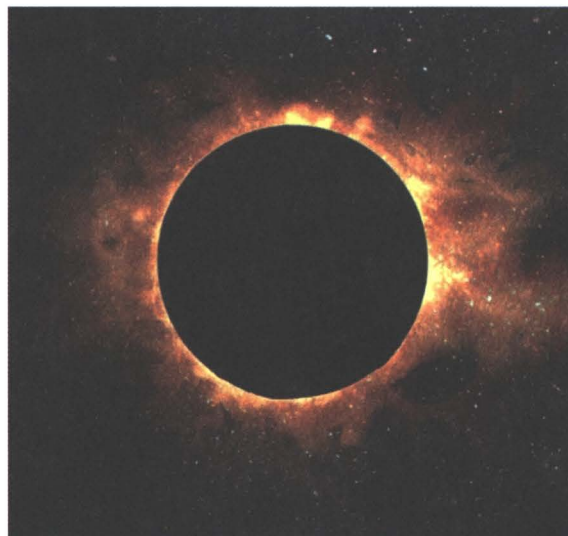


Рис. 64. В момент полного затмения Солнца становится доступной наблюдению так называемая «солнечная корона».

ореол различных размеров и формы в разные затмения. Длинные лучи этого сияния нередко в несколько раз больше солнечного поперечника, а яркость составляет всего лишь половину света полной Луны.

Во время затмения 1936 г. «солнечная корона, – по словам директора Пулковской обсерватории, – оказалась исключительной яркости, ярче полной Луны, что бывает редко. Длинные, несколько размытые лучи короны простирались на три и более солнечных диаметра; вся корона представлялась в виде пятиконечной звезды, центр которой был занят темным диском Луны».

Природа солнечной короны до сих пор еще не выяснена окончательно. Астрономы делают во время затмений фотографические снимки короны, измеряют ее яркость, исследуют ее спектр в различных частях, и это поможет узнать ее физическое строение.

Третья задача, выдвинутая только в последние годы, состоит в проверке одного из следствий общей теории относительности. Согласно учению Эйнштейна лучи отдаленных звезд, проходя мимо солнечного шара, испытывают влияние его могучего притяжения и претерпевают отклонение, которое должно обнаружиться в кажущемся смещении звезд близ солнечного диска.

Измерения во время затмений 1919, 1922 и 1926 гг. не дали, строго говоря, решающих результатов¹, и вопрос об опытном подтверждении указанного следствия из теории Эйнштейна остается до сих пор открытым².

Таковы главные цели, ради которых астрономы покидают место своей постоянной работы и отправляются в отдаленные, иногда весьма негостеприимные места для наблюдения солнечных затмений.

¹ Самый факт отклонения подтвердился, но полного количественного согласия с теорией не установлено. Наблюдения 1936 г. еще не обработаны до конца.

² Интересно отметить, что споры вокруг доказательств теории относительности А. Эйнштейна не закончились до настоящего времени, хотя экспериментально, в т. ч. и с помощью радиоволн, были получены результаты, согласующиеся с теоретически предсказанными (прим. ред.).

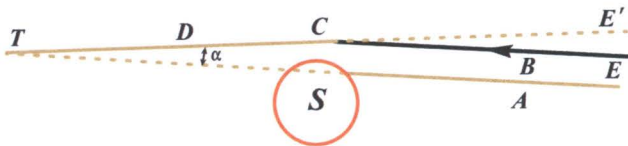


Рис. 65. Одно из следствий теории относительности. Отклонение световых лучей действием могучего солнечного притяжения. По учению Эйнштейна земной наблюдатель в Т видит звезду в точке E' по направлению прямой $TDCE'$; между тем как в действительности она находится в E и посылает свои лучи по искривленному пути $ECDT$. При отсутствии Солнца световой луч от звезды E к Земле T направлялся бы по прямой ET . Проверка этого следствия из общей теории относительности возможна только в моменты полного солнечного затмения.

Что касается самой картины полного солнечного затмения, то в нашей художественной литературе имеется прекрасное описание этого редкого явления природы (В. Г. Короленко «На затмении»; описание относится к затмению в августе 1887 г.; наблюдение производилось на берегу Волги, в городке Юрьевце). Приводим выдержку из рассказа Короленко с несущественными пропусками:

«Солнце тонет на минуту в широком мгlistом пятне и показывается из облака уже значительно ущербленным..

Теперь уже это видно простым глазом, чему помогает тонкий пар, который все еще курится в воздухе, смягчая ослепительный блеск.

Тишина. Кое-где слышно нервное, тяжелое дыхание...

Проходит полчаса. День сияет почти все так же, облачка закрывают и открывают солнце, теперь плывущее в вышине в виде серпа.

Среди молодежи царит беспечное оживление и любопытство. Старики вздыхают, старухи как-то истерически охают, а кто даже вскрикивает и стонет, точно от зубной боли.

День начинает заметно бледнеть. Лица людей принимают испуганный оттенок, тени человеческих фигур лежат на земле, бледные, неясные. Пароход, идущий вниз, проплывает каким-то призраком. Его очертания стали легче, потеряли определенность красок. Количество света, видимо, убывает, но так как нет сгущенных теней вечера, нет игры отраженного на низших слоях атмосферы света, то эти сумерки кажутся необычными и странными. Пейзаж будто расплывается в чем-то; трава теряет зелень, горы как бы лишаются своей тяжелой плотности.

Однако пока остается тонкий серповидный ободок солнца, все еще царит впечатление сильно побледневшего дня, и мне казалось, что рассказы о темноте во время затмения преувеличены. «Неужели, – думалось мне, – эта остающаяся еще ничтожная искорка солнца, горящая, как последняя забытая свечка в огромном мире, так много значит?.. Неужели, когда она потухнет, вдруг должна наступить ночь?»

Но вот эта искра исчезла. Она как-то порывисто, будто вырвавшись с усилием из-за темной заслонки, сверкнула еще золотой брызгой и погасла. И вместе с этим пролилась на землю густая тьма. Я уловил мгновение, когда среди сумрака набежала полная тень. Она появилась на юге и, точно громадное покрывало, быстро пролетела по горам, по рекам, по полям, обмахнув все небесное про-

странство, укутала нас и в одно мгновение сомкнулась на севере. Я стоял теперь внизу, на береговой отмели, и оглянулся на толпу. В ней царило гробовое молчание... Фигуры людей сливались в одну темную массу...

Но это не была обыкновенная ночь. Было настолько светло, что глаз невольно искал серебристого лунного сияния, пронизывающего насквозь синюю тьму обычной ночи. Но нигде не было сияния, не было синевы. Казалось, тонкий, неразличимый для глаза пепел рассыпался сверху над землей или будто тончайшая и пустая сетка повисла в воздухе. А там, где-то по бокам, в верхних слоях чувствуется озаренная воздушная даль, которая сквозит в нашу тьму, сливая тени, лишая темноту ее формы и густоты. И над всею смущенною природой чудной панорамой бегут тучи, а среди них происходит захватывающая борьба... Круглое, темное, враждебное тело, точно паук, впилося в яркое солнце, и они несутся вместе в заоблачной вышине. Какое-то сияние, льющееся изменчивыми переливами из-за темного щита, придает зрелищу движение и жизнь, а облака еще усиливают иллюзию своим тревожным бесшумным бегом».

Затмения лунные не представляют для современных астрономов того исключительного интереса, какой связан с солнечными. Наши предки видели в затмениях Луны удобные случаи убедиться в шарообразной форме Земли. Поучительно напомнить о той решающей роли, какую сыграло это убедительнейшее доказательство в истории величайшего географического предприятия – первого кругосветного плавания (Магеллана). Когда после утомительного долгого путешествия по пустынным водам Тихого океана матросы пришли в отчаяние, решив, что они безвозвратно удалились от твердой земли в водный простор, которому не будет конца, один Магеллан не терял мужества. «Хотя церковь постоянно твердила на основании священного писания, что Земля – обширная равнина, окруженная водами, – рассказывает спутник великого мореплавателя, – Магеллан черпал твердость в следующем соображении: при затмениях Луны тень, бросаема Землею, – круглая, а какова тень, таков должен быть и предмет, ее бросающий...» В старинных книгах по астрономии мы находим даже рисунки, поясняющие зависимость формы лунной тени от формы Земли (рис. 66).

Теперь мы в подобных доказательствах уже не нуждаемся. Зато лунные затмения дают современным астрономам возможность судить о преломляющей спо-

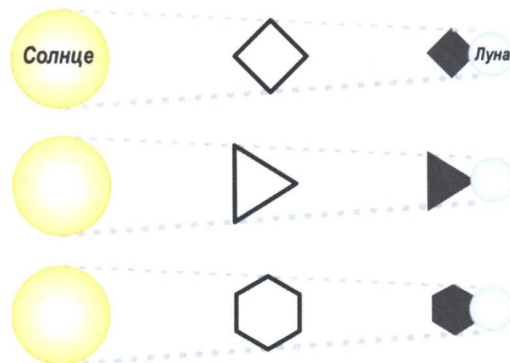


Рис. 66. Старинный рисунок, поясняющий мысль, что по виду земной тени на диске Луны можно судить о форме Земли.

собности и степени прозрачности земной атмосферы по яркости и окраске Луны. Как известно, Луна не бесследно исчезает в земной тени, а продолжает быть видимой в солнечных лучах, загибающихся внутрь теневого конуса. Сила лунного освещения в эти моменты и его цветовые оттенки представляют для астрономии большой интерес и находятся, как установлено, в неожиданной связи с числом солнечных пятен. Кроме того, в последнее время пользуются явлениями лунных затмений, чтобы измерять быстроту остывания лунной почвы, когда она лишается солнечного тепла (мы еще вернемся к этому дальше).

40. Почему затмения повторяются через 18 лет?

Задолго до нашей эры вавилонские наблюдатели неба подметили, что ряд затмений – и солнечных и лунных – повторяются каждые 18 лет и 10 дней. Период этот называли «саросом». Пользуясь им, древние предсказывали наступление затмений, но они не знали, чем обуславливается столь правильная периодичность и почему «сарос» имеет именно такую, а не иную продолжительность. Обоснование периодичности затмений было найдено гораздо позднее, в результате более тщательного изучения движений нашего спутника. Останемся на этом.

Чему равно время обращения Луны по ее орбите? Ответ на этот вопрос может быть различен в зависимости от того, в какой момент считать законченным оборот Луны вокруг Земли. Астрономы различают пять различных родов месяцев, из которых нас интересуют сейчас только два:

1. Так называемый «синодический» месяц, т. е. промежуток времени, в течение которого Луна совершает по своей орбите полный оборот, если следить за этим движением с Солнца. Это – период времени, протекающий между двумя одинаковыми фазами Луны, например, от новолуния до новолуния. Он равен 29,5306 суток.

2. Так называемый «драконический» месяц, т. е. промежуток, по истечении которого Луна возвращается к тому же «узлу» своей орбиты (узел – пересечение лунной орбиты с плоскостью земной орбиты). Продолжительность такого месяца – 27,2123 суток.

Затмения, как легко сообразить, происходят только в моменты, когда Луна в фазе полнолуния или новолуния бывает в одном из своих узлов: тогда центр ее находится на одной прямой с центрами Земли и Солнца. Очевидно, что если сегодня случилось затмение, то оно должно наступить вновь через такой промежуток времени, который заключает целое число синодических и драконических месяцев: тогда повторятся условия, при которых бывают затмения.

Как находить подобные промежутки времени? Для этого надо решить уравнение:

$$29,5306x = 27,2123y,$$

где x и y – целые числа. Представив его в виде пропорции:

$$\frac{x}{y} = \frac{272\,123}{295\,306}$$

видим, что наименьшие точные решения этого уравнения таковы:

$$x = 272\,123; y = 295\,306.$$

Получается огромный, в десятки тысячелетий период времени – практически бесполезный. Древние астрономы довольствовались решением приближенным. Наиболее удобное средство для отыскания приближений в подобных случаях дают непрерывные дроби. Развернем дробь

$$\frac{295\,306}{272\,123}$$

в непрерывную. Выполняется это так. Исключив целое число, имеем

$$\frac{295\,306}{272\,123} = 1 + \frac{23\,184}{272\,123}.$$

В последней дроби делим числитель и знаменатель на числитель:

$$\frac{295\,306}{272\,123} = 1 + \frac{1}{11 \frac{17\,098}{23\,184}}.$$

Числитель и знаменатель дроби $\frac{17\,098}{23\,184}$ делим на

числитель и так поступаем в дальнейшем.

Получаем в конечном итоге;

$$\frac{295\,306}{272\,123} = 1 + \frac{1}{11} + \frac{1}{1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{17} + \frac{1}{1} + \frac{1}{7}}}.$$

Из этой дроби, беря первые ее звенья и отбрасывая остальные, получаем такие последовательные приближения:

$$\frac{12}{11}, \frac{13}{12}, \frac{38}{35}, \frac{51}{47}, \frac{242}{223}, \frac{1\,019}{939} \text{ и т. д.}$$

Пятая дробь в этом ряду дает уже достаточную точность. Если остановиться на ней, т. е. принять $x = 223$, а $y = 242$, то период повторяемости затмений получится равным 223 синодическим месяцам, или 242 драконическим. Это составляет 6 585 суток, т. е. 18 лет 10,3 (или 11,3) суток¹.

Таково происхождение сароса. Зная, откуда он произошел, мы можем отдать себе отчет и в том, насколько точно можно помощью его предсказывать затмения. Мы видим, что считая сарос равным 18 г. 10 суткам, отбрасывают 0,3 суток. Это должно сказаться в том, что затмения, предусмотренные по такому укороченному периоду, будут наступать в другие часы дня, чем в

¹ Смотря по тому, входит ли в этот период 4 или 5 високосных лет.

предшествующий раз (примерно на 8 часов позже), и только при пользовании периодом, равным тройному точному саросу, затмения будут повторяться почти в те же моменты дня. Кроме того сарос не учитывает изменений расстояния Луны от Земли и Земли от Солнца, изменений, которые имеют свою периодичность; от этих расстояний зависит, будет ли солнечное затмение полным или нет. Поэтому сарос, дает возможность предсказать лишь то, что в определенный день должно случиться затмение; но будет ли оно полное, частное или кольцеобразное, а также можно ли будет его наблюдать в тех же местах, как и в предыдущий раз, утверждать нельзя.

Наконец, бывает и так, что незначительное частное затмение Солнца через 18 лет уменьшает свою фазу до нуля, т. е. не наблюдается вовсе; и, наоборот, иной раз становятся видимыми небольшие частные затмения Солнца, прежде не наблюдавшиеся.

В наши дни астрономы не пользуются саросом. Капризные движения земного спутника изучены так хорошо, что затмения предвычисляются сейчас с точностью до секунды и ее долей. Если бы предсказанное затмение не произошло, современные ученые готовы были бы допустить все, что угодно, только не ошибочность расчетов. Это удачно подмечено у Жюль Верна, который в романе «Страна мхов» рассказывает об астрономе, отправившемся в полярное путешествие для наблюдения солнечного затмения. Вопреки предсказанию, его не произошло. Какой же вывод сделал из этого астроном? Он объявил окружающим, что ледяное поле, на котором они находятся, есть не материк, а плавучая льдина, вынесенная морским течением за полосу затмения. Утверждение это вскоре оправдалось. Вот образчик истинно-научной логики!

41. Возможно ли?

Очевидцы рассказывают, что во время лунного затмения им случалось наблюдать на одной стороне неба у горизонта диск Солнца, и одновременно на другой стороне – затемненный диск Луны.

Наблюдались подобные явления и в 1936 г. в день частного лунного затмения 4 июля. «4 июля вечером в 20 час. 31 мин. взошла Луна, а в 20 час. 46 мин. садилось Солнце, и в момент восхода Луны произошло лунное затмение, хотя Луна и Солнце видны были одновременно над горизонтом. Я очень удивился этому, потому что лучи света распространяются ведь прямолинейно», – писал, мне один из читателей этой книги.

Картина в самом деле загадочная: хотя, вопреки убеждению чеховской девицы, нельзя сквозь закопченное стекло «увидеть линию, соединяющую центры Солнца и Луны», но мысленно провести ее мимо Земли при таком расположении вполне возможно. Может ли наступить затмение, если Земля не заслоняет Луны от Солнца? Надо ли придавать веру такому свидетельству очевидца?

В действительности, однако, в подобном наблюдении нет ничего невероятного. То, что Солнце и затемненная Луна видны на небе одновременно, – явление только кажущееся, обусловленное искривлением лучей света в земной атмосфере. Благодаря такому искривлению, называемому «атмосферной рефракцией», светила кажутся нам выше своего истинного положения

(стр. 18 рис. 18). Когда мы видим Солнце или Луну близ самого горизонта, они геометрически находятся ниже горизонта. Ничего нет поэтому невозможного в том, что диск Солнца и затемненная Луна видны оба над горизонтом в одно время.

«Обыкновенно, – говорит по этому поводу Фламарион, – указывают на затмения 1666, 1668 и 1750 гг., когда эта странная особенность проявилась всего раз. Однако, нет надобности забираться так далеко. 15 февраля 1877 г. Луна восходила в Париже в 5 ч. 29 мин., Солнце же закатывалось в 5 ч. 39 мин., а между тем полное затмение уже началось. 4 декабря 1880 г. произошло полное лунное затмение в Париже; в этот день Луна взошла в 4 часа, а Солнце закатилось в 4 ч. 2 мин., и это было почти в середине затмения, продолжавшегося от 3 ч. 3 мин. до 4 ч. 33 мин.

Если это не наблюдается гораздо чаще, то лишь по недостатку наблюдателей. Чтобы видеть Луну в полном затмении до заката Солнца или после его восхода, надо лишь выбрать такое место на Земле, чтобы Луна находилась на горизонте около середины затмения.

42. Что не всем известно о затмениях

Вопросы

1. Сколько времени могут длиться солнечные и сколько лунные затмения?
2. Сколько всех затмений может случиться в течение одного года?
3. Бывают ли годы без солнечных затмений? А без лунных?
4. Когда будет ближайшее полное солнечное затмение, видимое в СССР?
5. С какой стороны при затмении надвигается на Солнце черный диск Луны – справа или слева?
6. На каком краю начинается затмение Луны – на правом или на левом?
7. Можно ли читать книгу во время полного солнечного затмения?
8. Почему пятна света в тени листвы имеют во время солнечного затмения форму серпов (рис. 67)?
9. Какая разница между формой солнечного серпа во время затмения и формой обычного лунного серпа?
10. Почему на солнечное затмение смотрят через закопченное стекло?



Рис. 67. Пятна света в тени древесной листвы в момент неполной фазы солнечного затмения имеют серповидную форму.

Ответы

1. Наибольшая продолжительность полной фазы солнечного затмения 7 мин. (на экваторе; в высших широтах – меньше). Все же фазы затмения могут захватить до 4% ч. (на экваторе).

Продолжительность всех фаз лунного затмения – до 4 ч.; время полного потемнения Луны длится не более 1 ч. 50 мин.

2. Число всех затмений в течение года – и солнечных и лунных – не может быть больше 7 и меньше 2. (В 1935 г. насчитывалось 7 затмений: 5 солнечных и 2 лунных).

3. Без солнечных затмений не проходит ни одного года: ежегодно случается не менее 2 солнечных затмений. Годы без лунных затмений бывают довольно часто: примерно каждые 5 лет.

4. Ближайшее полное солнечное затмение, видимое в СССР, наступит 21 сентября 1941 г. Полоса полного затмения пройдет через Северный Кавказ и Среднюю Азию. Это затмение будет видно и в остальном СССР, но как частное.

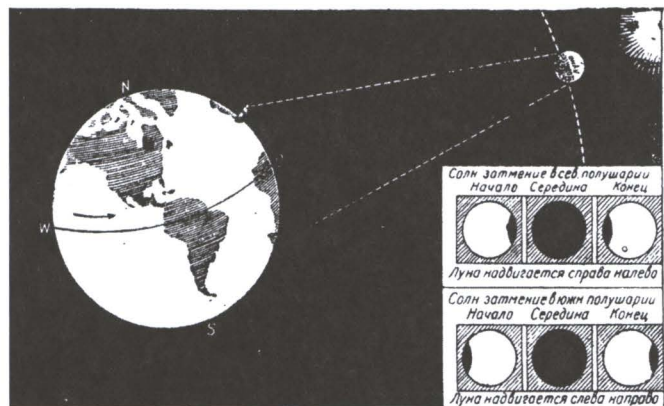


Рис. 68–69. Почему для наблюдателя в Северном полушарии Земли диск Луны во время затмения надвигается на Солнце справа, для наблюдателя же в Южном полушарии надвигается слева?

5. В северном полушарии Земли диск Луны надвигается на Солнце справа налево. Первого соприкосновения Луны с Солнцем следует всегда ждать с правой стороны. В южном полушарии – с левой (рис. 68–69).

6. В северном полушарии Луна вступает в земную тень своим левым краем, в южном – правым.

7. Читать книгу при полном затмении Солнца нельзя.

8. Пятна света в тени ливны есть не что иное, как изображения Солнца. Во время затмения Солнце имеет вид серпа, и такой же вид должны иметь его изображения в тени ливны (рис. 67).

9. Лунный серп ограничен снаружи полукругом, изнутри – полуэллипсом. Солнечный серп ограничен двумя дугами круга одного радиуса (см. статью «Загадка лунных фаз»).

10. На Солнце, хотя бы и частью заслоненное Луною, нельзя смотреть незащищенными глазами. Солнечные лучи обжигают самую чувствительную часть сетчатой оболочки глаза, заметно понижая остроту зрения в продолжение ряда последующих недель, а иногда и на всю жизнь.

Еще в начале XIII в. новгородский летописец отметил: «От сего же знамения в Великом Новгороде едва

кто от человек видети лишился». Избежать ожога, однако, легко, если запастись густо закопченным стеклом. Закоптить его надо на свечке настолько густо, чтобы диск Солнца казался через такое стекло резко очерченным кружком, без лучей и ореола; для удобства закопченную сторону покрывают другим, чистым стеклом и обклеивают по краям бумагой. Так как нельзя заранее предвидеть, каковы будут условия видимости Солнца в часы затмения, то полезно заготовить несколько стекол, с различной густотой затемнения.

Можно пользоваться также и цветными стеклами, если сложить вместе два стекла различных цветов (желательно «дополнительных»). Обыкновенные темные очки-консервы недостаточны для этой цели. Наконец, весьма пригодны для наблюдения Солнца и фотографические негативы, на которых имеются темные участки надлежащей густоты¹

43. Какая на Луне погода?

Собственно говоря, на Луне нет никакой погоды, если это слово понимать в обычном смысле. Какая может быть погода там, где совершенно отсутствуют атмосфера, облака, водяной пар, осадки, ветер? Единственное, о чем может быть речь, это температура почвы.

Итак, насколько нагрета почва Луны? Астрономы располагают теперь прибором, дающим возможность измерять температуру не только далеких светил, но и отдельных их участков. Устройство прибора основано на явлении термоэлектричества: в проводнике, спаянном из двух разнородных металлов, пробегает электрический ток, когда один спай теплее другого; сила возникающего тока зависит от разности температур и позволяет измерить количество поглощенной теплоты.

Чувствительность прибора поразительна. При микроскопических размерах (ответственная часть прибора не больше 0,2 мм и весит 0,1 мг) он отзывается даже на греющее действие звезд 13-й величины, повышающее температуру на десятиллионные доли градуса. Звезды этого класса не видны без телескопа; они светят в 600 раз слабее, нежели звезды, находящиеся на границе видимости простым глазом. Уловить столь ничтожное количество тепла – все равно, что обнаружить теплоту свечи с расстояния нескольких тысяч километров.

Располагая таким почти чудесным измерительным прибором, астрономы вводили его в отдельные участки телескопического изображения Луны (работа производилась с величайшим в мире телескопом обсерватории на горе Вильсон в США), измеряли получаемое ими тепло и на этом основании оценивали температуру различных частей Луны (с точностью до 10°). Вот результаты (рис. 70): в центре диска полной Луны температура

¹ Желаящим подробнее ознакомиться с тем, как протекает полное солнечное затмение и какие наблюдения производят астрономы во время этих явлений, рекомендую книгу «Полное солнечное затмение 1936 г.», составленную группой специалистов под общей редакцией проф. А. А. Михайлова. Книга предназначена для любителей астрономии, преподавателей и учащихся второй ступени.

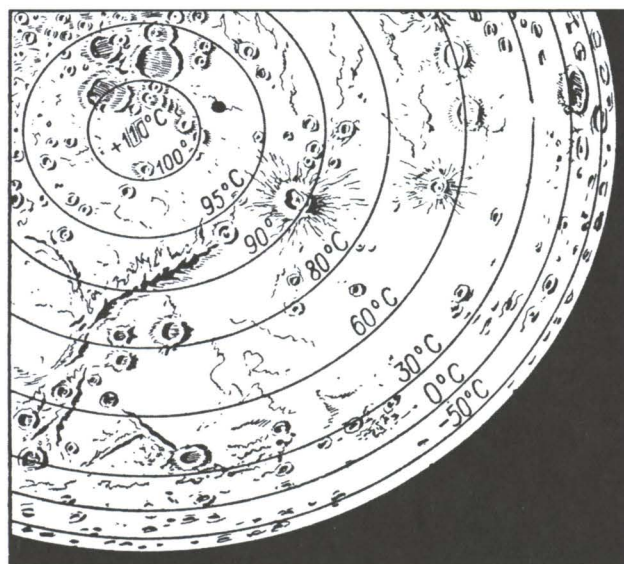


Рис. 70. Температура на Луне достигает в центре видимого диска $+110^{\circ}$ и быстро падает к краям диска до 50° и ниже. (По данным обсерватории на горе Вильсон в США).

выше 100° ; вылитая здесь на лунную почву вода вскипала бы даже под нормальным давлением. «На Луне нам не пришлось бы готовить себе обед на плите, – пишет один астроном, – ее роль могла бы выполнить любая ближайшая скала». Начиная от центра диска, температура равномерно убывает во все стороны, но еще в 2 700 км от центральной точки она не ниже 80° . Затем падение тем-

пературы идет быстрее, и близ края освещенного диска господствует мороз в -50° . Еще холоднее на темной, отвернутой от Солнца стороне Луны, где мороз достигает -153° .

Раньше было упомянуто, что во время затмений, когда лунный шар окунается в земную тень, почва Луны, лишенная солнечного света, быстро охлаждается. Было измерено, как велико это остывание: в одном случае установлено падение температуры во время затмения с $+70^{\circ}$ до -117° , т. е. почти на двести градусов в течение каких-нибудь $1\frac{1}{2}$ –2 ч. Между тем на Земле при подобных же условиях, т. е. при солнечном затмении, отмечается понижение температуры всего на два, много на три градуса. Это различие надо отнести за счет земной атмосферы, сравнительно прозрачной для видимых лучей Солнца и задерживающей невидимые «тепловые» лучи нагретой почвы.

То, что почва Луны так быстро утрачивает накопленное ею тепло, указывает одновременно и на малую теплоемкость и на дурную теплопроводность ее вещества, вследствие чего при нагревании успевает накопиться небольшой запас теплоты.





44. Далеко ли до луны

В детстве мне казалось, что если забраться на крышу дома, то до луны будет уже не так далеко. Однажды в лунный вечер я залез на чердак, подошел к слуховому окну и выглянул оттуда. Я думал, что увижу луну вблизи. Куда там! Она висела в небе по-прежнему высоко, словно я смотрел на нее прямо с земли.

– Ты собирался, кажется, луну рукой достать? – смеясь, сказал старший брат.

– Мне бы на пожарную каланчу забраться, – ответил я. – Другое бы дело было!

– Не помогла бы и каланча, – сказал брат. – Знал бы ты, как до луны далеко, не трудился бы никуда забираться.

– А знают разве люди, как далеко до луны?

– Конечно. Расстояние давно измерено.

– Значит, люди добирались до луны?

– Ну, нет. Там не бывал еще ни один человек.

– На луне не были, а расстояние измерили!.. Как же так?

– Измерить расстояние до луны можно и не забираться на нее, а оставаясь на земле. Хочешь, я объясню тебе завтра, как делаются такие измерения?

Наутро брат вышел со мной из дома, прошел несколько улиц нашего маленького города и привел меня к месту, где высоко на березе виднелась скворечница.

– Мог бы ты измерить, – спросил он, – на высоте скольких метров висит эта скворечница?

– Если влезть на березу, – начал я, – добраться до скворечницы, спустить оттуда веревку...

– Ну, а не влезая на дерево, – перебил меня брат, – стоя здесь, на земле, притом без всякой веревки?

Я задумался. Определить высоту скворечницы, не взбираясь на дерево, казалось мне совершенно невозможным. Однако брат взялся это проделать. Вынув из кармана две белые карточки, он дал одну мне и велел отойти в сторону от березы. Сам же, держа в руке вторую карточку, отошел по другую сторону дерева. Приставив карточку к глазу, брат стал на колено, чтобы быть одного роста со мною. Нижний край его карточки был направлен как раз на меня. Закрыв один глаз, он глядел другим на скворечницу так, чтобы взгляд скользил по карточке; в этом направлении он прочертил на карточке прямую линию. Стоя на своем месте, я должен был проделать то же самое.

Вы лучше поймете то, что сейчас было сказано, если рассмотрите внимательно нижний правый угол рисунка на стр. 48.

Покончив с этим, брат вынул из кармана мерную ленту и промерил расстояние между местами, где мы стояли. Оказалось одиннадцать метров.

– Готово! – объявил брат. – Можно отправляться домой.

– А как же высота? – разочарованно спросил я. – Ведь ты собирался измерить высоту скворечницы.

– Для того и идем домой. Там узнаем. Здесь нам больше нечего делать.

Это было совсем странно: как можно в своей комнате измерить высоту скворечницы, которая висит где-то за городом?

С интересом ждал я, что он станет делать дома.

Брат начал с того, что провел на листе бумаги прямую линию в одиннадцать сантиметров длины. К концам линии он приставил наши карточки, как показано на рисунке (см. ниже). Линии, прочерченные на них, он



– Мог бы ты измерить, – спросил брат, – на высоте скольких метров висит эта скворечница?
(Внизу направо показан способ измерения).

продолжил на бумаге, пока они не встретились, и измерил расстояние от места встречи до нижней линии.

Я не очень-то понимал, зачем все это делается и как отсюда можно будет узнать высоту скворечницы.

– Вот видишь, – объяснил мне брат, водя пальцем по чертежу, – нижняя линия в одиннадцать сантиметров – это расстояние от моего глаза до твоего, когда мы стояли с тобою у березы. Оно лишь уменьшено: сколько там было метров, столько на чертеже сантиметров. А вот это – направления, под какими мы глядели на скворечницу. Она висит в месте встречи этих линий. Расстояние от нее до нижней линии и есть высота

скворечницы, только высота не над самой землей, а над линией наших глаз. Сколько здесь, в этом расстоянии, сантиметров, на столько метров возвышалась скворечница над линией наших глаз. Ведь сантиметр на чертеже соответствует метру на улице. Если к найденной высоте прибавим твой рост, мы узнаем то, что хотели: высоту скворечницы над землей. Понял?

– Это довольно просто.

– А понимаешь ты теперь, каким образом могли ученые измерить расстояние до луны, не добираясь до нее?

– Конечно: два ученых глядели на луну сразу из двух далеких мест и замечали направления, как мы.

– Да, только сделано это было не так легко и просто, как у нас с тобою. Расстояние между обоими учеными было не одиннадцать метров, а несколько тысяч километров; углы же не прочерчивались на картоне, а измерялись точнейшими инструментами. Зато и вывод получился гораздо надежнее.

– И что же узнали? Как далеко до луны?

– Страшно далеко! Круглым числом четыреста тысяч километров. Ты знаешь, что от Москвы до Ленинграда всего лишь шестьсот сорок километров. До луны же от нас четыреста тысяч километров. Это в шестьсот с лишним раз дальше, чем от Москвы до Ленинграда. Если бы два города на земле были разделены таким большим расстоянием, то знаешь, сколько времени мчался бы поезд от одного к другому?

– Целую неделю? – попробовал я угадать.

– Сообрази: от Москвы до Ленинграда скорый поезд идет примерно десять часов. Если расстояние в шестьсот раз больше, то и времени уйдет на езду в шестьсот раз больше. Значит, понадобится шесть тысяч часов. Это – двести пятьдесят суток, или восемь месяцев с лишним. Вот как далеко до луны! Ну, что ты скажешь теперь: стоит взбираться на пожарную каланчу, чтобы взглянуть на луну поближе?

Я рассмеялся.

Брат продолжал:

– На свете нет такой высокой башни, с верхушки которой луна казалась бы хоть чуточку ближе, чем с поверхности земли.

– А железная башня Эйфеля в Париже? – спросил я. – Ведь она выше облаков!

– Да, случается иной раз, что верхушка ее окутывается облаками. Но ты, вероятно, думаешь, что облака плывут очень высоко? Это неверно: высота их и сравниться не может с высотой луны. Те облака, что окутывают иногда верхушку Эйфелевой башни, находятся не выше трехсот метров. Дождь идет из облаков, плавающих на высоте двух километров, а самые высокие облака, перистые, висят над нами в восьми – десяти километрах. Что все это по сравнению с четырьмястами тысяч километров! Башня Эйфеля имеет в высоту триста метров. Конечно, если бы ты забрался на ее верхуш-



Сколько времени отняло бы путешествие на луну, если бы можно было сделать пешком, верхом, на автомобиле, на паровозе, на самолете.

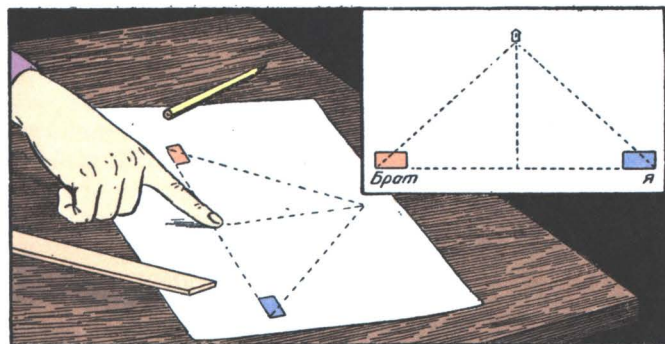
просто в четыреста раз, а в четыреста тысяч раз! Когда вещь делается ближе всего лишь на четырехсоттысячную долю, можно разве это уловить глазами?

– Но если луна так далека, – спросил я, – то, верно, она и не такая маленькая, как кажется?

– Какой же она величины, по-твоему?

– Величиной с тарелку, мне казалось.

– С тарелку? Ну, хорошо, сегодня вечером мы измерим с тобою, как велика лунная тарелка.



Как брат закончил дома измерение высоты скворечницы.

ку, тебе показалось бы, что ты страшно высоко над землей. Люди внизу казались бы муравьями. Но будь башня даже втрое выше, она и тогда была бы в четыреста тысяч раз ниже, чем луна над нашей головой. Заметь, не

45. Какой величины луна

Поздно вечером брат вывел меня за город на ровное, далеко простирающееся поле. Темное небо было безоблачно и начинало заметно светлеть на востоке.

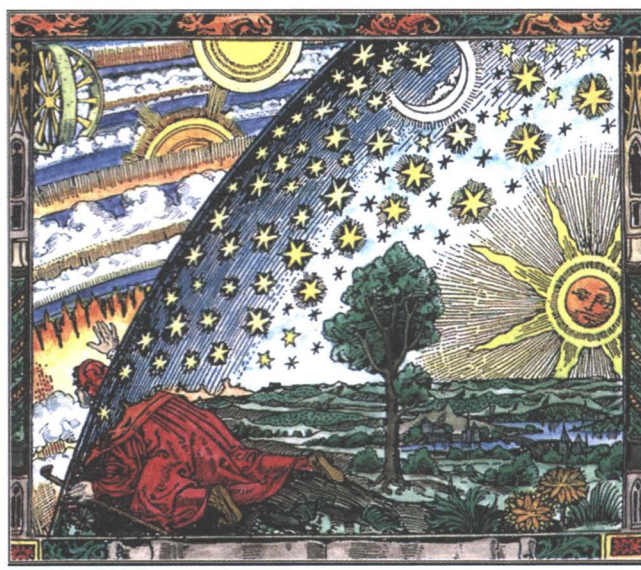
– Скоро взойдет полная луна, – сказал брат, указывая на восток, где вырисовывалась на небе черная заводская труба.

– Там, позади завода?

– Да. И тогда ты поймешь, как могли люди измерить лунный поперечник. Видишь линию, где свод неба как бы сходится с землей? Линия эта называется горизонтом. Ты, конечно, понимаешь, что горизонт – не край земли, а только граница того, что видит глаз. В старину люди думали, что земля плоская, как круглый поднос. Верили, что можно добраться до края этого подноса – туда, где свод неба опирается на землю, и высунуть голову за небесный купол. Теперь даже дети знают уже, что земля никаких границ не имеет, что она

круглая не как поднос, а как мяч. Свод неба не существует; нам только кажется, что земля накрыта небесным куполом.

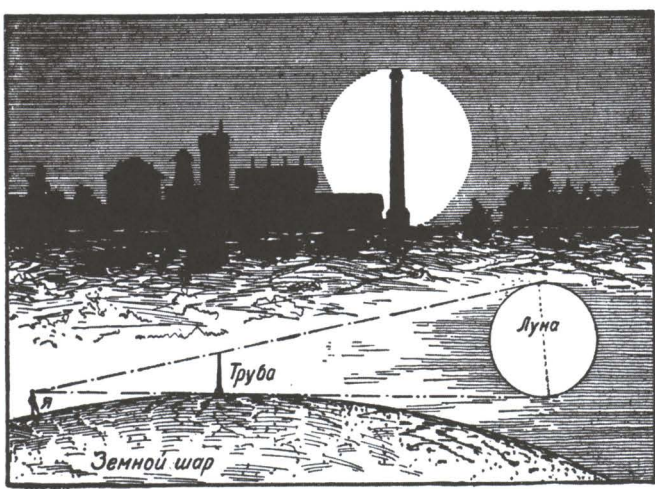
- А если дойти до горизонта?
- До него дойти никак нельзя. Сколько бы ты ни



В старину люди верили, что возможно добраться до края земли и даже высунуть голову за небесный свод. (Этот рисунок взят из старинной книги.).

шел, горизонт все время будет отступать от тебя. Горизонт – это то место, где взгляд наш соскальзывает с выпуклости земного шара и уходит в небесное пространство. На ровном месте взрослый человек видит кругом себя на пять километров; это и есть расстояние до горизонта. Если подняться выше, горизонт отойдет дальше. Для человека маленького роста горизонт ближе.

- А для меня?
- Я рассчитал, что при твоём росте ты должен видеть горизонт на расстоянии четырёх километров. Завод виден тебе как раз на горизонте – значит от нас до него четыре километра. Если я пригнусь до одной вы-



Как можно измерить величину луны, пользуясь заводской трубой.

соты с тобой, то буду видеть завод, как и ты, на самом горизонте... А, вот и край луны показался!

- Я не вижу.
- Оттого, что ты ниже ростом. Для меня горизонт лежит на километр дальше, и мне видно то, чего ты еще не видишь.

Через некоторое время и я увидел верхушку светлого лунного круга, выдвинувшегося из-под горизонта.

Как можно измерить величину луны, пользуясь заводской трубой.

Вскоре луна выплыла вся на небо и стала большим медно-желтым кругом за черной заводской трубой. На светлом лице луны труба виднелась очень четко и помещалась как раз между краями лунного круга.

- Заводская труба и лунный поперечник кажутся отсюда одной величины, – сказал я.
- Вот именно! Для того-то я и привел тебя сюда, чтобы ты это увидел. А как ты думаешь: на самом деле луна и труба тоже одной величины?
- Луна дальше – значит, она больше.
- Во сколько раз?
- Во столько раз больше, во сколько дальше.



Какой величины круг луны по сравнению с материком Африки. (Надо помнить, однако, что полная поверхность лунного шара больше этого круга в четыре раза; она включает больше квадратных километров, чем африканский материк, и немногим уступает по размерам материку Азии.).

- Но ты ведь знаешь уже оба расстояния: и до трубы, и до луны. Сообрази же, во сколько раз лунный поперечник больше высоты трубы.

- Я начал высчитывать вслух:
- До трубы четыре километра, до луны четыреста тысяч километров. Луна дальше в сто тысяч раз. Значит, поперечник ее длиннее трубы тоже в сто тысяч раз.
- Верно! Теперь скажу тебе высоту трубы.
- Откуда ты знаешь?

- Сегодня днем я нарочно побывал на заводе и определил там ее высоту. Воткнул в землю отвесно палку и измерил ее тень. Во сколько раз тень палки короче тени трубы, во столько же раз и сама палка ниже самой трубы.

- Какой же высоты труба?
- Тридцать пять метров. И тогда же я рассчитал, что

для тебя она на горизонте должна покрывать поперечник луны.

– Теперь я уж сам могу высчитать, как велик лунный поперечник, – подхватил я. – Надо тридцать пять метров умножить на сто тысяч. Сначала умножаю на одну тысячу – получаю тридцать пять тысяч метров, или тридцать пять километров. Эти тридцать пять километров множу на сто – получаю тридцать пять сотен, или три с половиной тысячи километров.

– Правильно. Вот мы и узнали длину лунного поперечника: три с половиной тысячи километров. Хороша тарелочка!

Я был так поражен этим результатом, что не поверил бы ему, если бы сам не проделал расчета. Так вот какой величины лунный шар! Его поперечник всего в четыре раза меньше земного.

– Ты убедился теперь, – сказал брат, – что луна не тарелка, а целый мир. Круг лунного шара шириной с Африку, но полная поверхность луны больше поверхности этого материка. Ученые рассчитали, что полная поверхность лунного шара по обширности лишь немного уступает Азии: в той и другой почти одинаковое число квадратных километров. А Азия, ты знаешь, огромный материк. На нем живет больше половины всего человечества, по нему протекают многоводные реки, проходят хребты высочайших гор, простираются обширные плодородные равнины и тянутся столь же обширные пустыни...

– А на луне? – спросил я.

46. Как луна устроена

– Ты спрашиваешь, как устроена поверхность луны? – сказал брат, когда мы направились домой. – Ученые знают об этом только то, что можно разглядеть с земли в зрительные трубы. Трубы словно приближают луну к нашим глазам, но приближают недостаточно. Самые сильные трубы показывают нам луну такую, какою видна она простому глазу с расстояния нескольких сотен километров. Много ли с такого удаления различишь?

– Что же там все-таки увидели ученые?

– При взгляде на луну в трубу, даже и не очень сильную, сразу заметно, что луна – страна горная. Поверхность лунного шара почти вся изрезана горами – целыми хребтами и множеством отдельных гор, больших и малых. Они отбрасывают при солнечном освещении заметные тени, и по этим теням ученые измерили высоту лунных гор. Среди них оказались и очень высокие – до семи и более километров. На земле самая высокая гора – Эверест, в Азии, – достигает почти девяти километров. Но ведь луна меньше земли; семикилометровая гора на шаре луны – более крупная неровность, чем девятикилометровая гора на шаре земли. Большинство лунных гор имеет форму кольца, которое окружает внутреннюю впадину. На земле нет таких больших кольцевых гор, как на луне. Некоторые из лунных кольцевых гор имеют в поперечнике сто, полтора и более километров; есть гора, охватывающая площадь примерно, такую же, как Ладожское озеро. Иногда посредине впадины лунной горы поднимается другая гора; но она бывает не выше окружающего ее вала.

– Можно эти горы видеть без трубы?

– Нет, простым глазом не видно.



Что можно различить на луне в трубу.

– А что такое те серые пятна, которые я вижу сейчас на луне?

– Обширные темные пространства. Старинные ученые называли их «морями». Такое название осталось за ними и теперь, хотя давно известно, что это сухие равнины. На луне нет ни морей, ни океанов, ни рек, нет никакой воды на поверхности. Нет даже ни одного облачка. Никогда не бывает там ни дождя, ни снега.

– Отчего же нет на луне воды?

– Оттого, что луна не окружена атмосферой. Где нет воздуха, там вода сразу же должна испариться. Но и пар не мог бы остаться на луне; он должен рассеяться в небесном пространстве, как рассеялся тот воздух, который когда-то, вероятно, был на луне.

– Почему же земной воздух не рассеивается, а лунный рассеивается?

– Потому что на луне тяжесть заметно слабее, чем на земле. Если бы перенести на луну гирию в один килограмм и повесить на крючок пружинного безмена, она вытянула бы там не тысячу граммов, а только сто семьдесят. Все вещи на луне в шесть раз легче, чем на земле. Луна слабее притягивает к себе, чем земля. Оттого и не могла луна удержать вокруг себя атмосферу.

– Еще что узнали о луне? Расскажи!

– Луна вращается вокруг себя гораздо медленнее, чем земля. Лунные сутки длятся двадцать девять земных суток: четырнадцать с половиной суток длится день и столько же ночь.

– Такая долгая ночь?

– Да. И за эту долгую ночь почва луны успевает настолько остыть, что там стоят страшные морозы, каких на земле никогда не бывает. А за долгий день лунная почва, наоборот, накаляется горячее кипятка. Солнце палит без перерыва четырнадцать наших суток, а ведь на лунном небе нет ни единого облачка, и жар солнца ничем не смягчается.

– Кроме гор и равнин что еще заметили на луне?

– Заметили глубокие трещины в почве, шириною



Участок лунной поверхности, видимый в сильный телескоп. Различаются горные цепи, отдельные кольцевые горы и обширные равнины, называемые «морями».

примерно в километр, которые тянутся иногда на сотни километров. Их назвали «бороздами». А от некоторых гор расходятся во все стороны какие-то полосы, которые не отбрасывают тени и ярко выделяются на лунной почве. Они названы «лучами». Что это такое – никто не знает. Может быть, застывшие потоки лавы, а может быть, что-нибудь другое.

За разговором мы не заметили, как добрались до дому. Там брат показал мне в книге рисунки луны и ее частей, как они видны в сильную трубу.

– Хотелось бы самому побродить по этим горам! – мечтал я, рассматривая рисунки. – Неужели так и невозможно добраться до луны?

– Пока еще нельзя, – ответил мне брат. – Но в будущем придумают способ совершить такое путешествие. Было время, когда люди не могли и до Америки добраться, считали это неисполнимым делом. А теперь большой пароход перевозит туда сразу тысячу людей в 4-5 суток. Наступит время, когда и перелет на луну делается возможным. Тогда люди облетят кругом луны и смогут узнать, как устроена другая ее половина – та, которая никогда к нам не поворачивается.

– Разве нам видна только половина луны?

– Да, всегда одна и та же половина. Луну обходит

кругом земли так, что смотрит на нас все время одной и той же своей стороной. Другая сторона никогда не бывает нам видна. Никто не знает, как эта невидимая половина устроена. И только, облетев кругом луны, можно будет об этом узнать. Много еще и других загадок скрывает в себе этот соседний с нами мир, и их откроют будущие лунные путешественники.

47. Завоевать небо

Такие разговоры вели мы о братом давно, лет сорок назад, когда я был еще очень молод. Никто не помышлял тогда всерьез о том, чтобы перелететь на луну. Но в наши дни пришла пора поставить и это дело на очередь. Люди хотят исследовать все уголки мира, стремятся всюду побывать, обо всем желают узнать. На земле они посетили уже почти все места, даже самые труднодоступные. С опасностью для жизни взбирались люди на высочайшие горы, спускались в темные подземные пещеры. Много раз переплывали океаны, пробивались через непроходимые леса, проходили бесплодные пустыни. Люди посещали и знойный экватор и ледяные полюсы. Поверхность земного шара исследована вдоль и поперек.

Но мир – не один лишь земной шар. Мир – это все, что окружает нас на земле и на небе. Далеко в небесном пространстве есть и другие огромные шары, другие земли. Ближе всех – луна, подальше – планеты. Их тоже надо исследовать. До сих пор люди изучали луну и планеты только с помощью зрительных труб. Этого недостаточно. Чтобы узнать о луне больше, надо самим там побывать. Человек завоевал землю, теперь он хочет завоевать и небо.

Но как это сделать? Каким образом добраться до луны?

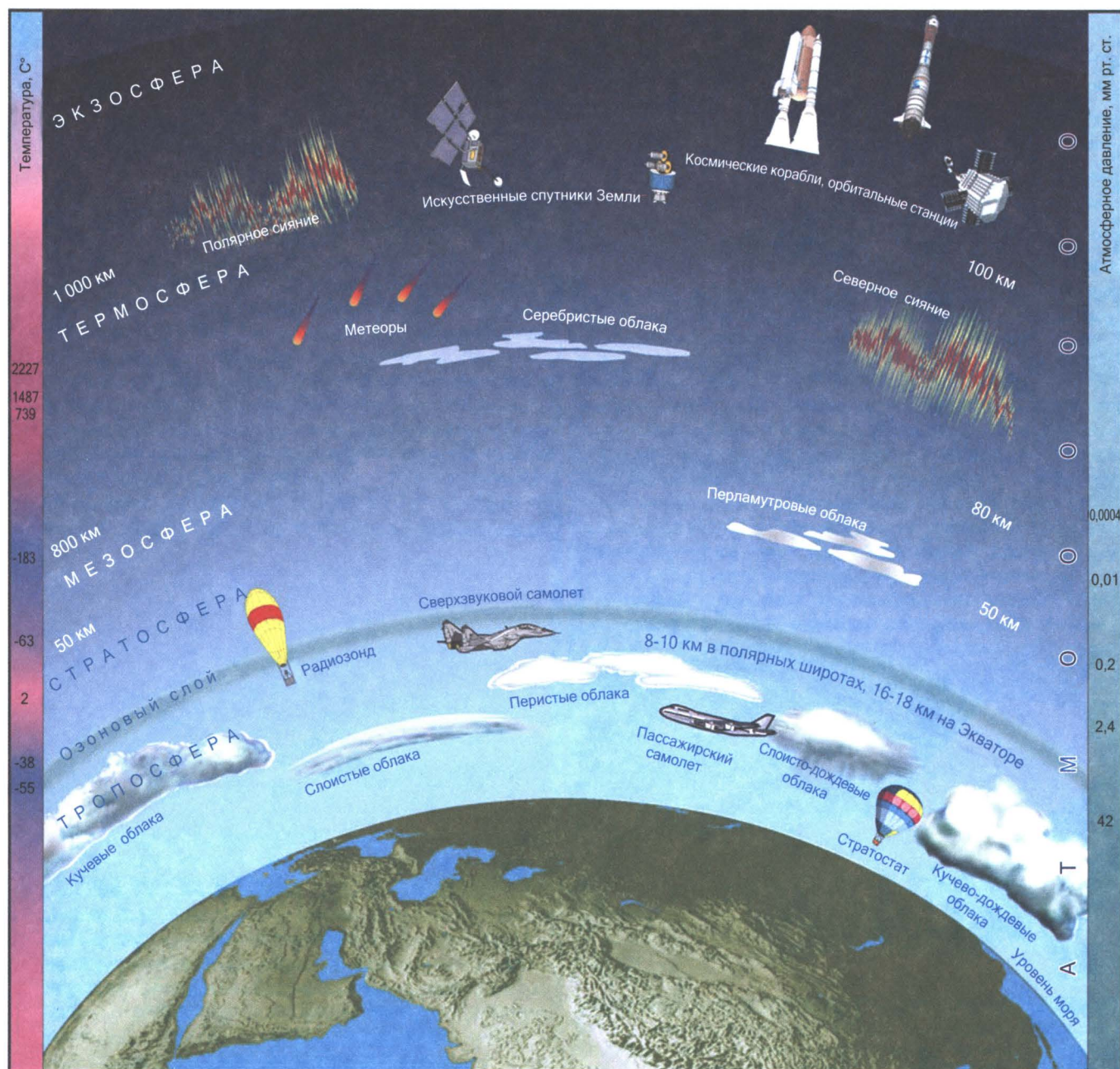
Казалось бы: чего проще? Существуют воздушные корабли (дирижабли), шары, самолеты: сесть в них и направить путь к луне! Однако, если вы станете доискиваться в книгах, как высоко до сих пор залетали дирижабли, воздушные шары и самолеты, то узнаете, что ни один человек не поднимался еще над землей выше

22 км. Правда, это страшно высоко, в два с половиною раза выше вершины самой высокой горы, но не приближает нас к луне ни на один шаг.

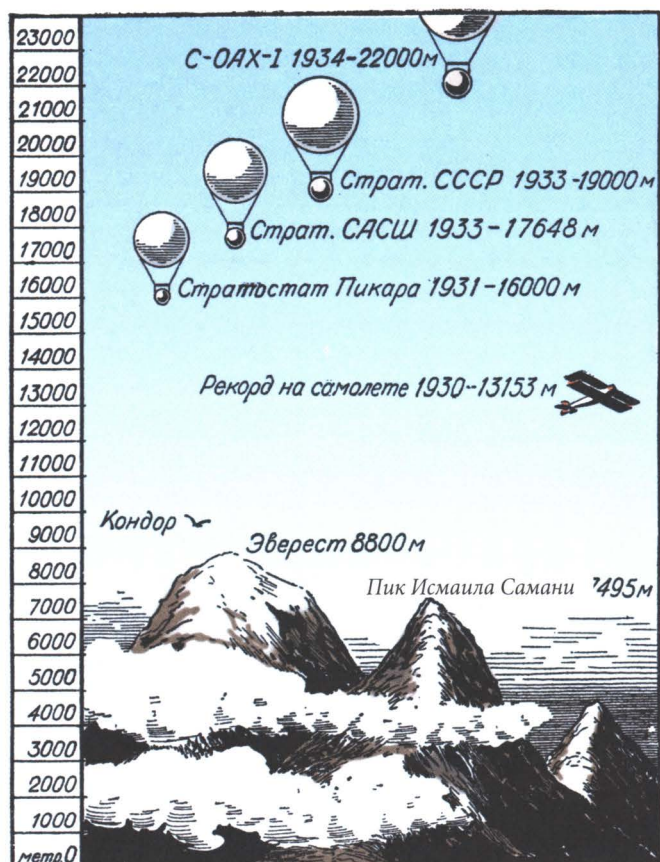
Вы спросите, вероятно, почему же люди не залетают выше 22 км. Что им мешает туда подниматься?

Мешает то, что чем выше подниматься, тем воздух менее плотен. А ведь самолеты, воздушные шары и дирижабли опираются о воздух; если воздух чересчур разрежен, то держаться в нем они не могут. На таких высотах и дышать человеку нечем; приходится для дыхания брать запас воздуха с собою.

Полеты на большие высоты делались вовсе не для того, чтобы приблизиться к луне, а чтобы изучить тот воздушный океан, который окружает наш земной шар. Все мы живем словно на дне этого океана и потому должны знать его свойства. Океан этот состоит как бы из двух этажей – нижнего и верхнего. Оба вместе со-



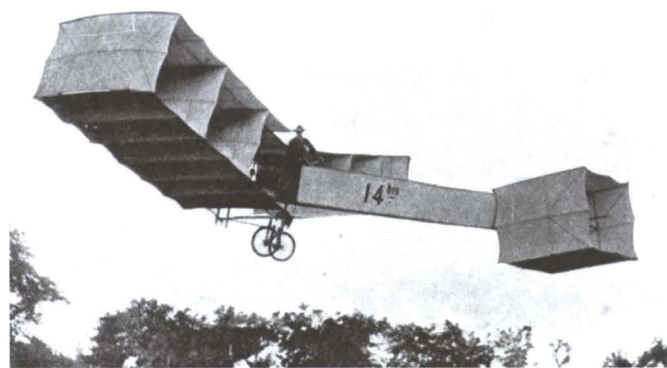
Строение атмосферы Земли.



Высочайшие подъемы на воздушных шарах, «стратостатах», по сравнению с высочайшими горными вершинами. Выше всех поднимались до сих пор советские воздухоплаватели.

ставляют «атмосферу»; нижний этаж получил название «тропосферы», верхний – «стратосферы». Названия эти полезно запомнить: они часто встречаются теперь не только в книгах, но и в газетах.

Нижний этаж – тропосфера – гораздо плотнее стратосферы, хотя они переходят одна в другую постепенно, без резкой границы. Но все же границу провести можно. Она лежит примерно на высоте 10 км. В пределах этого первого десятка километров (считая от земли) воздух при поднятии вверх становится все холоднее; каждый километр подъема переносит нас в воздуш-



Экспериментальный самолет 14-bis бразильского авиаконструктора, пионера авиации Альберто Сантос-Дюмона. Воздухоплаватель, летчик, изобретатель, он жил и работал во Франции. 23 октября 1906 г. на этом самолете был совершен первый официально зарегистрированный полет с рекордом высоты 3 м.

ный слой, который градусов на пять, на шесть холоднее нижнего слоя. У границы стратосферы круглый год, зимой и летом, держится мороз градусов в 50 (по столбчатому термометру). Но выше, в стратосфере, сколько ни исследовали, не замечали, чтобы мороз заметно усиливался с подъемом над землей.

В этом еще не все различие между тропосферой и стратосферой. Другое отличие в том, что туманы, облака, дождь, снег, бури бывают только в нижнем этаже воздушного океана; в стратосфере же небо всегда ясно, всегда безоблачно; дождей, снега, бурь не бывает там вовсе.



Обладатель ныне действующего рекорда высоты полета для самолетов с поршневыми двигателями немецкий экспериментальный высотный самолет Grob Strato 2C фирмы German Aerospace Center. 4 августа 1995 г. самолет достиг высоты 18 552 м.

Долго люди летали только в тропосфере, не умея проникнуть в разреженный воздух стратосферы, и только очень недавно отважились залететь выше границы, отделяющей тропосферу от стратосферы. Это очень опасные полеты. Американский военный воздухоплаватель Грей, взлетевший в 1927 г. на воздушном шаре до высоты почти 13 км, не вернулся живым: когда шар опустился, Грея нашли в его корзине мертвым.

Для подъема в стратосферу теперь пользуются очень большими шарами особого устройства, называемыми стратостатами. Если бы вы увидели стратостат перед самым полетом, вас удивило бы, что он вовсе не



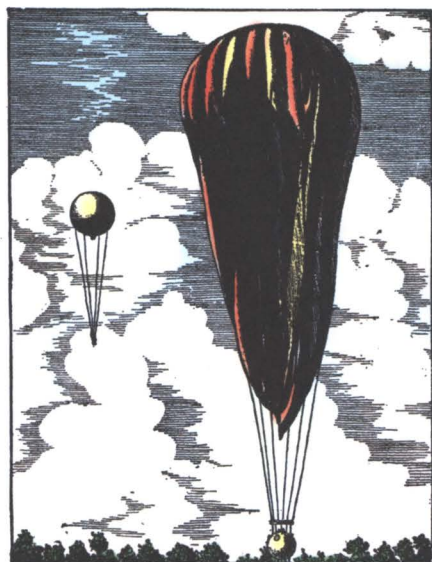
31 августа 1977 г. летчиком А. В. Федотовым на самолете МИГ-25 был поставлен абсолютный рекорд высоты в 37 650 м.

похож на шар; скорее он напоминает по форме огромную морковку. Это оттого, что в его оболочку вводят гораздо меньше газа, чем в ней могло бы поместиться. По мере того, как стратостат поднимается выше и попадает в слои все более разреженного воздуха, давление снаружи ослабевает (оттого, что воздух чем менее плотен, тем слабее давит); газ распирает оболочку изнутри все заметнее; она раздувается и на большой высоте становится уже настоящим шаром. Вы понимаете те-

перь, почему шар не надувают до отказа с самого начала полета: иначе он не поднялся бы до большой высоты, а лопнул бы гораздо раньше от внутреннего давления.

У стратостата нет открытой корзины; вместо нее имеется закрытая наглухо кабина в форме шара, с тонкими, но очень прочными металлическими стенками. Находясь внутри такой кабины (или гондолы, как ее называют воздухоплаватели), люди дышат не разреженным и холодным воздухом окружающих высот, а запасом его, взятым с собою с земли. Страшный наружный мороз также не проникает внутрь гондолы: солнечные лучи, не задерживаемые облаками, прогревают металлические стенки гондолы так сильно что в ней бывает даже чересчур жарко.

Первым поднялся на стратостате бельгийский ученый, профессор Пикар. Он сделал в 1931 и 1932 гг. два полета, достигнув небывалой до него высоты: около 16 км. Но недолго числился он единственным человеком, так высоко забравшимся в стратосферу. Советские воздухоплаватели подняли флаг нашей страны еще на



Начало подъема советского стратостата «СССР». Рядом шар-прыгун. Шар «СССР» поднялся на высоту 19 км.

большую высоту: сначала на 19 км, потом на 22 километра. Подъем на 19 км был совершен на стратостате «СССР» тремя военными воздухоплавателями: Прокофьевым, Бирнбаумом и Годуновым. На высоте 19 км воздух в 15 раз менее плотен, чем внизу, у земли. Разреженный воздух почти не отбрасывает тех лучей солнца, от которых зависит голубой цвет небесного свода; оттого безоблачное небо там даже при полном свете солнца почти черное и лишь слегка отливает синеватым оттенком.

Второй стратостат построен был работниками ленинградского Осоавиахима и назывался «С-ОАХ-I», т. е. «Стратостат Осоавиахима первый». В нем поднялись летчик Федосеенко, инженер Васенко и молодой ученый Усыскин. Замечательный успех, достигнутый ими, – высота в 22 километра, – куплен был ценою жизни этих самоотверженных завоевателей неба. Стратостат при спуске потерпел крушение, и все трое найдены были в гондole мертвыми. Гибель их, однако, не утратила других исследователей, и сейчас работники Осо-



Г. А. Прокофьев, К. Д. Годунов и Э. К. Бирнбаум в гондole «СССР-1», 1933 год.

авиахима приступили уже к постройке нового стратостата «С-ОАХ-II».

Для подъема стратостатов существует предел, выше которого они никогда подняться не смогут. Строители стратостатов (например Годунов) считают, что предел этот лежит на высоте 40 км, где воздух в 250 раз реже, чем тот, которым мы дышим внизу. Никакой стратостат, как бы огромен он ни был, не сможет поднять людей выше чем на 40 км.

Хотя люди и не забирались пока сами выше 22 км, они сумели все же узнать кое-что о свойствах воздуха на более значительных высотах. Туда много раз запускали небольшие воздушные шары (примерно в 1-2 метра поперечником), с подвешенными к ним легкими инструментами. Инструменты эти устроены так, что они



Гондola стратостата СССР-1, хранящаяся в Центральном музее Военно-воздушных сил РФ в поселке Монино под Москвой.

сами на перематывающейся ленте отмечают температуру воздуха и выполняют другие измерения. Шары эти, называемые шарами-зондами¹, удавалось запускать до высоты 36 км. Выше разреженный воздух не может их

¹ Кроме таких шаров с инструментами-самописцами, пользуются также шарами, инструменты которых сами сообщают о своих показаниях особыми радиосигналами. Это – изобретение советского ученого П. Молчанова.

удерживать. На высоте 50 км воздух в тысячу раз менее плотен, чем у земли; на высоте 100 км – в 120 тысяч раз. На такой высоте, можно сказать, воздуха почти уже нет. Еще выше пропадают последние его следы, и начинается безвоздушное небесное пространство. Одна сотня километров атмосферы – что значит это по сравнению с теми четырьмя тысячами сотен километров, которые отделяют землю от луны?

Итак, на пути к луне лежит около 400 тыс. км пустого пространства, через которое не может перебраться ни шар, ни дирижабль, ни самолет.

Даже если бы между землей и луной был воздух, то и тогда на самолете или воздушном корабле невозможно было бы долететь до луны. Расстояние до луны вдесятеро больше окружности земного шара. А может ли самолет облететь десять раз кругом земли, нигде не опускаясь? Не может; ему не хватит бензина, не хватит даже, чтобы облететь землю один раз. Никакой самолет, никакой воздушный корабль не мог бы унести с собою запас горючего для четырехсот тысяч километров пути. Значит, будь даже пространство до луны заполнено воздухом, все равно нельзя было бы до нее добраться на самолете или на воздушном корабле. Для такого путешествия надо придумать какой-нибудь другой способ передвижения.

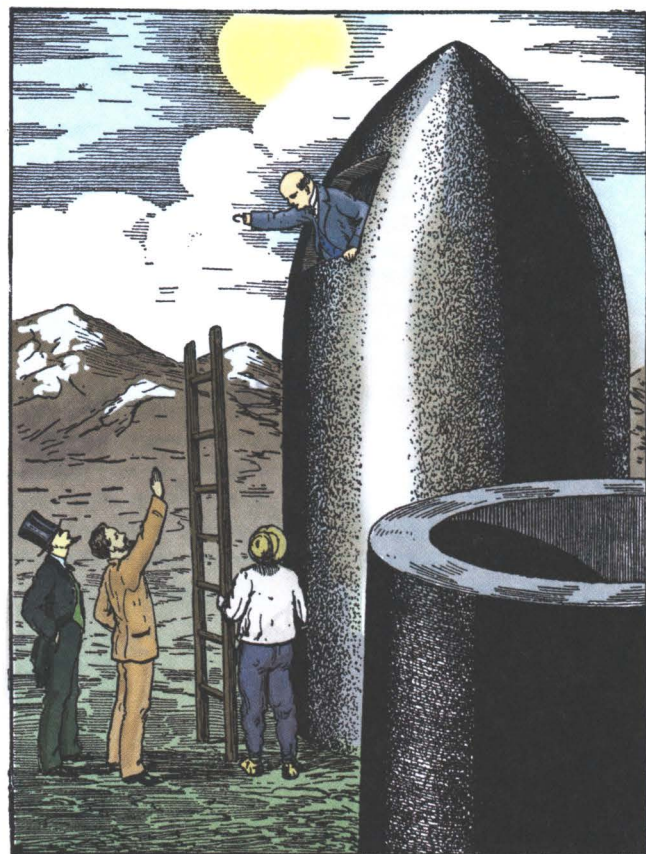
Послушайте, что придумал для этого лет пятьдесят назад французский писатель Жюль Верн.

48. Из пушки на луну

То, что придумал Жюль Верн, приходило, быть может, в голову и иному из вас. Надо, говорил он, устроить огромную пушку и зарядить ее таким большим снарядом, чтобы внутри его могли поместиться люди. Пушка выстрелит, и если ее хорошо направить, то ядро с путешественниками долетит до луны.



Жюль Верн (1828-1905) – французский географ и писатель, классик приключенческой литературы, один из основоположников литературного жанра научной фантастики. Член Французского Географического общества. В двух своих романах «С Земли на Луну» (1865) и «Вокруг Луны» (1869) описана история строительства пушки и снаряда, на котором трое путешественников облетели Луну и вернулись на Землю.



Подготовка к полету на луну внутри огромного пушечного снаряда (по роману Жюль Верна «Из пушки на луну»). Пушка уходила в землю на триста метров.

Чтобы представить свою мысль яснее, Жюль Верн придумал такой рассказ. Трое смелых и изобретательных людей замыслили отправиться на луну. Для этого они отлили отвесно в земле чугунную пушку огромной, невиданной величины. Она уходила в землю на триста метров! Зарядили пушку сотней тонн сильного пороха. По пушке изготовили и снаряд – метра в три толщиной. Внутри его устроили и обставили комнату – каюту – для трех пассажиров. Стены каюты имели тридцать сантиметров в толщину; в них были окошки из толстого стекла, чтобы можно было смотреть, кругом во время небесного перелета. Путешественники взяли с собою особые приборы, которые очищали воздух, испорченный дыханием, и пополняли его убыль. Запасено было достаточно еды, питья и всего, что может понадобиться во время небесного путешествия.

Настал час отправления в путь. Смелчаки попрощались с друзьями и плотно заперлись внутри снаряда. Осторожно, особыми машинами, опустили снаряд на дно пушки, где уже приготовлен был огромный заряд пороха. Нажали кнопку – электрическая искра воспламенила порох. Раздался страшный грохот, и ядро с пассажирами ринулось сквозь атмосферу в пустоту небесного пространства. Скорость снаряда была громадная – двенадцать километров в секунду. От страшного сотрясения при выстреле все три путешественника потеряли сознание. Но скоро они пришли в себя и устроились в каюте довольно уютно. Они не чувствовали полета ядра в небесном пространстве, потому что снаряд,

покинув пушку, неся в пустоте совершенно плавно, без единого толчка. Почти четверо суток летели они сквозь мировое пространство, пока не приблизились к луне.

Однако, на луну они все же не попали. Случайно, еще в самом начале перелета, ядро слегка отклонилось от намеченного пути и оттого в конце пути проскользнуло мимо луны. Облетев ее кругом, ядро снова направилось к земле. Опять четверо суток летели наши путешественники через пустое пространство, и наконец снаряд достиг земного шара. Здесь путников ожидала новая случайность: ядро попало в океан... Но так как оно имело внутри полость, то не пошло ко дну, а всплыло на поверхность. Это была большая удача: попади снаряд в сушу, он при ударе раздавил бы своих пассажиров.

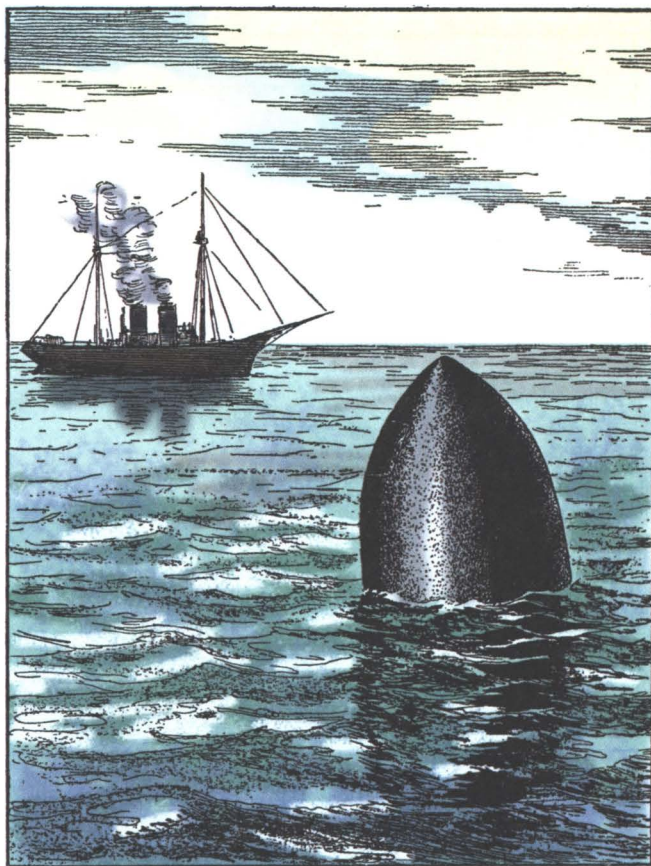
Так счастливо закончилось небывалое путешествие из пушки на луну, хотя, отправляясь в путь, смельчаки вовсе и не думали о том, что смогут возвратиться.

Описание этого перелета полно интересных приключений. Пересказывать их здесь мы не станем. Кто желает, может прочесть книгу Жюль Верна «Из пушки на луну». Для нас сейчас важно другое: важно узнать, что в этом занимательно придуманном рассказе действительно возможно и что совершенно несбыточно.

Вы думаете, вероятно, что никакую вещь нельзя сбросить навсегда с земного шара. Невозможно, значит, и закинуть снаряд на расстояние луны. Видел ли кто-нибудь, чтобы брошенная вещь не падала тотчас обратно? Нет, никто еще этого не видел. Но знаете, почему? Только потому, что кидали недостаточно сильно. Если бы вещь бросили с очень большой скоростью, получи-



Как началось путешествие на луну героев Жюль Верна.

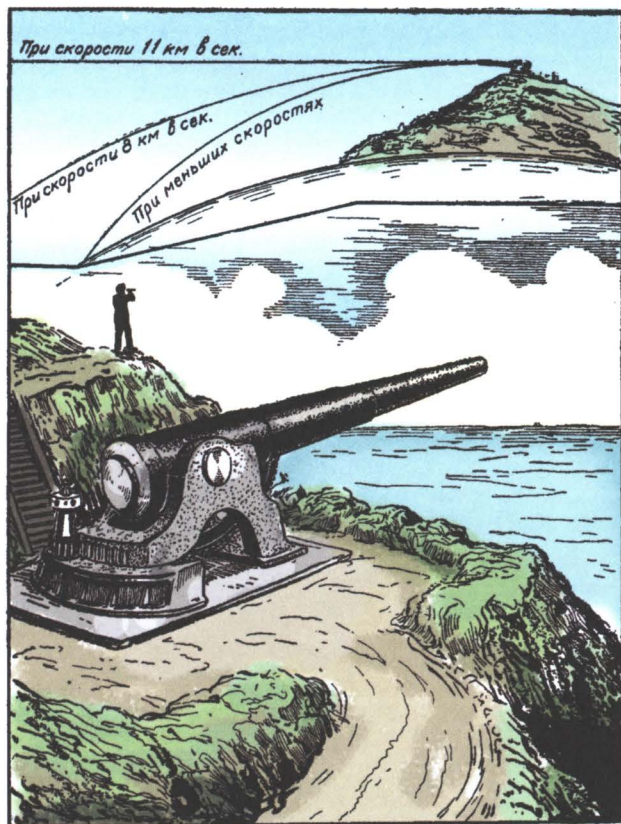


... и как оно окончилось: снаряд, возвращаясь на землю, попал в океан.

лось бы совсем иное. Сейчас вам станет ясно, что именно должно при этом произойти.

Представьте себе, что на высокой горе поставлена пушка, которую направили вдоль земной поверхности. На рисунке (стр. 58) вы видите такую пушку. Поверхность земли нарисована (в верхней части рисунка) кривой; вы понимаете, почему: ведь земля – шар, и, значит, поверхность ее кривая. Снаряды, выстреливаемые пушкой, летят тоже не прямо: путь их пригибается к земле оттого, что снаряды имеют вес. Если скорость снарядов не слишком велика, то пути их-искривляются круче, чем поверхность земли; поэтому ядро в конце пути встречает землю, падает на нее. Чем больше скорость полета снаряда, тем дальше от пушки он падает. Может быть такая большая скорость, при которой путь снаряда изгибается ровно на столько же, на сколько изогнута поверхность земли. Что произойдет с таким снарядом? Где он упадет? Нигде не упадет – ведь он даже не приближается к земле. Он сделает полный круг около земного шара и вернется в то место, откуда вылетел. А если тем временем пушку убрать, чтобы она не мешала полету снаряда, то он сделает второй круг, потом третий, четвертый и т. д. Одним словом, снаряд, выпущенный с такой большой скоростью, будет кружиться все время около земного шара, нигде не падая на землю.

Расчет показывает, что это должно случиться с снарядом, который выстрелен пушкой со скоростью восьми километров в секунду. Таких сильных пушек еще не существует. Нынешние не могут выбрасывать снарядов с такой скоростью; самые могучие пушки дают сво-



Воображаемая стрельба с высокой горы снарядами огромной скорости. (На верхнем рисунке показан путь полета снарядов).

им снарядам скорость всего только полтора километра в секунду. Такие ядра, конечно, падают на землю. Но если бы удалось сделать пушку, которая выстреливала бы свои снаряды со скоростью восьми километров в секунду, мы получили бы снаряды, вечно кружащиеся около земного шара, никогда на него не падая.

Пойдем дальше. Пусть пушка, стоящая на горе, выстреливает ядра со скоростью больше восьми километров в секунду. Как полетит такое ядро? Оно тоже не упадет на землю, а обегит вокруг земного шара, на этот раз по вытянутому кругу. При скорости же одиннадцати километров в секунду ядро удалится совсем от земли; круг вытянется так, что ядро сможет долететь до луны и даже занестись дальше.

Значит, ничего нет невозможного в мысли закинуть пушечное ядро на луну. Конечно, теперь не существует еще пушки, выстреливающей снаряды со скоростью одиннадцати километров в секунду. Однако, если бы такую пушку удалось изготовить, ее снаряды могли бы при метком выстреле попасть в луну.

Но послать снаряд на луну – только половина дела. Это обстрел луны, а не путешествие на луну. Чтобы превратить обстрел в путешествие, надо посадить внутрь снаряда людей. И, конечно, нужно еще, чтобы люди при выстреле уцелели. Эта вторая половина дела не менее важна, чем первая. Если пассажиры не уцелеют, то не только отважные люди погибнут, но и все предприятие потеряет смысл: никто луны не увидит. Нужно, чтобы пассажиры благополучно покинули жерло пушки, достигли луны да еще возвратились невредимыми обратно.

Если путешественники обо всем заранее позаботились и запаслись, чем надо, то во время самого перелета ничто угрожать им не будет. Главная опасность подстерегает их при выстреле. Зато опасность эта такова, что избежать ее невозможно. Сотрясение при выстреле безусловно губительно для пассажиров ядра, и нет никаких средств уберечься от него. Человеку так же опасно при выстреле сидеть внутри пушечного ядра, как и быть впереди его. Что может спасти человека, в которого стреляют из пушки, стреляют в упор, да еще из такой чудовищной пушки? Гибель совершенно неизбежна.

Значит, людям нечего и надеяться вылететь живыми из жерла пушки. А если бы даже снаряд вынес их из пушки невредимыми, то как вернулись бы они обратно? Где бы нашли они на луне пушку, которая выстрелила бы их назад на землю? Рассчитывать на счастливый случай? Это было бы уж слишком легкомысленно.

Словом, для путешествия на луну пушка еще менее пригодна, чем самолеты и воздушные корабли. Самолет может поднять человека хоть на четырнадцать километров, пушка же не поднимет его живым ни на один сантиметр.

Что же годится для полета на луну? Какая летательная машина сможет вынести путешественников невредимыми из земной атмосферы в пустое небесное пространство, доставить на луну и возвратит потом снова на родную землю?

Такой машиной будет та, которая устроена не подобно самолету или пушке, а подобно ракете.

49. Как и почему летит ракета

Во время народных празднеств и гуляний в парках вам случалось, вероятно, видеть, как на вечернем небе взлетают огненные ракеты и высоко рассыпаются цветными звездочками. Вам, может быть, удавалось иной раз подобрать на земле пустую ракетную трубку после ее падения. Но как ракета устроена и почему она взлетает, вы, я уверен, не знаете. А между тем надо это знать. Иначе вы не поймете, каким способом надеются люди «завоевать небо» – улететь в небесное пространство и посетить луну.

Слово «ракета» – итальянское и означает «трубка». Ракета – трубка, набитая порохом. На рисунке (стр. 59) показано устройство небольшой ракеты – из тех, что



«На вечернем небе взлетают огненные ракеты и рассыпаются звездочками...»

служат для увеселения на празднествах. В картонную трубку плотно набивают порох такого состава, что он загорается не весь сразу, а горит постепенно. С одного конца трубка закрыта, с другого – открыта; против открытого конца выдавлена в порохе глубокая полость. Помощью шнура, проходящего через сужение в открытом конце трубки, зажигают порох внутри ее, – ракета тотчас же быстро взвивается вверх. Чтобы, летя в воздухе, она не кувыркалась, а поднималась отвесно вверх, к ней прикрепляют сбоку длинную палку – «хвост» ракеты. Если хотят, чтобы ракета, поднявшись доверху, рассыпалась цветными звездочками, надо в головную ее часть положить шарики бенгальского огня; когда порох догорит до этого места, шарики воспламеняются и разбрасываются.

Набивать ракеты порохом – дело очень опасное; порох при сдавливании легко взрывается. Изготовлением ракет должны заниматься только люди, очень хорошо знающие это дело. Не вздумайте сами принимать за такую работу: ничего, кроме беды, у вас не получится. Немало уже было несчастий – пожаров, увечий, гибели людей – при изготовлении ракет даже опытными людьми.

Маленькая увеселительная ракета поднимается метров на шестьдесят-восемьдесят. Крупные ракеты с большим зарядом взлетают гораздо выше. В последние годы научились делать ракеты, поднимающиеся на десять и больше километров. Изготовление их связано с большой опасностью для жизни; еще опаснее их за-

жигание и пуск. Люди, делающие опыты с большими ракетами, следят за ними не прямо, а через маленькое окошечко в толстой досчатой стене, отгораживающей людей от ракеты. В иных случаях люди даже вовсе не глядят на взлетающую ракету сами, а выставляют фотографический аппарат, который и снимает ракету; снятое потом рассматривают и изучают. Если при зажигании ракеты произойдет взрыв, погибнет только аппарат, а не люди.

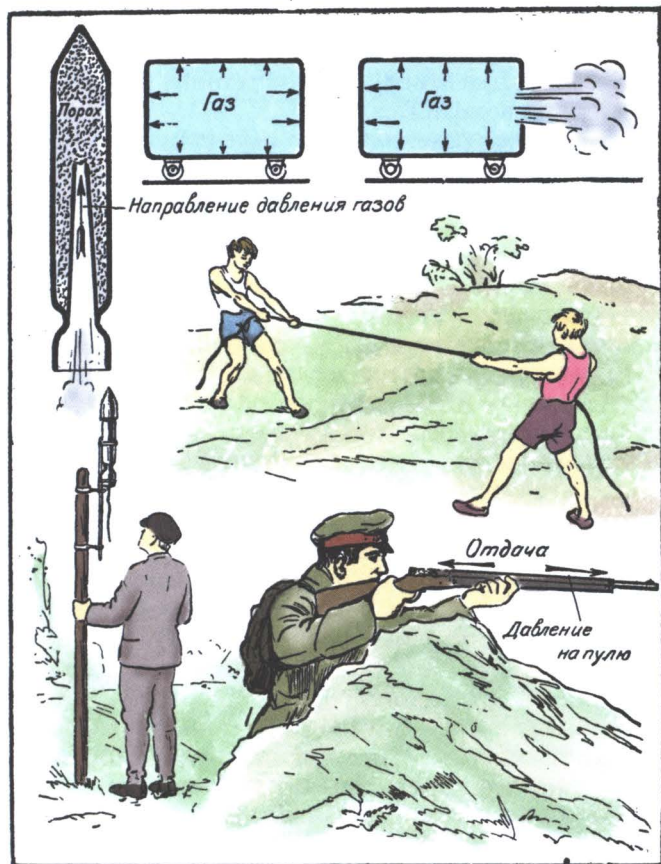
Мы ничего еще не сказали о том, почему зажженная ракета взлетает вверх. При зажигании пороха в ракете образуется много горячего газа; ему тесно внутри нее, и он стремительно вытекает через отверстие трубки. Ракету при пуске устанавливают открытым концом к земле, так что горячий газ вытекает вниз. Прежде думали, что этой струей вытекающего газа ракета отталкивается от окружающего воздуха; оттого будто бы она и взвивается вверх. Многие еще и теперь так думают. Но они ошибаются: причина полета ракеты совсем другая. Вот в чем она состоит.

Газ, накапливающийся при горении ракеты в ее тесной полости, сильно сжат и распирает ракету во все стороны: вправо и влево, вперед и назад, вверх и вниз. Напор вправо уравнивается напором влево; напор вперед уравнивается напором назад. А напор вверх уравнивается ли напором вниз? Одинаково ли давит в ракете газ вверх и вниз? Он давил бы одинаково, если бы внизу не было отверстия, но мы знаем, что внизу стенка с дыркой; значит, там не хватает части стенки, на которую газ мог бы напирать. Давление вниз поэтому меньше, чем давление вверх. Ясно, что раз напор вверх сильнее, то ракета и увлекается вверх.

Вы видите, что ракета летит вверх напором не того газа, который из нее вытекает, и не того, который находится под ней, а напором того газа, который заключен внутри ее самой. Для полета ракеты безразлично поэтому, окружена ли она воздухом или же воздуха кругом нее вовсе нет. Отсюда следует то, о чем многие не подозревают: что ракета может летать, набирая скорость, в пустом пространстве. Более того, в пустоте она должна подниматься даже лучше, чем в воздухе, потому что ей не приходится тогда рассекал над собой воздух; ведь воздух – большая помеха быстрому движению.

Еще лучше поймете вы истинную причину полета ракеты, если сравните ракету с ружьем. Что происходит при выстреле из ружья? Курок спущен; от удара вспыхнул порох. В тесном пространстве ружейного ствола позади пули образовалось от горения пороха много горячего газа, который давит во все стороны. Ствол имеет прочные стенки, они не поддаются распу; впереди же нет стенки, там ствол заложен пулей, и газ стремительно выталкивает эту пулю из ствола. Но тот же газ напирал и назад, в сторону приклада. Пока пуля еще не подалась, напор газа вперед и назад был одинаков. Едва лишь пуля вылетела, давление газа вперед прекращается вовсе, и остается только давление назад. Что же должно произойти с ружьем? Оно дергается назад: ружье, как говорят, «отдает».

Спросите красноармейца, что он чувствует, когда пуля вылетает из ружья. Он скажет вам, что приклад ударяет его в плечо. Это «отдача» ружья. Она довольно сильна. Неопытного стрелка она иной раз больно ушибает, даже валит с ног. Стрелок должен знать, как надо



Как устроена ракета и почему она летит. Коробка со сжатым газом откатывается назад, когда открывают переднюю стенку. Почему? Когда двое натягивают веревку и один выпускает свой конец, то другой человек падает. Почему?

стоять при стрельбе и как держать ружье, чтобы отдача не причинила вреда.

При стрельбе из пушек отдача, конечно, гораздо сильнее. В пушках прежнего устройства она откатывала назад тяжелое орудие. В нынешних при выстреле скользит назад только ствол пушки, лафет же удерживается на месте.

В чем сходство и в чем различие между ружьем и ракетой? Пороховой газ, образующийся в них при горении пороха, напирает в обе стороны; в этом сходство. Разница же та, что в ружье самое главное – вылет пули, в ракете же главное – отдача: силою отдачи ракета летит вверх. Другое различие в том, что заряд ружья вспыхивает мгновенно, весь сразу; заряд же ракеты сгорает медленно, постепенно.

Запомним же самое важное из того, что мы сейчас узнали:

- 1) ракета летит оттого, что на нее напирает газ изнутри;
- 2) ракета при полете не опирается о воздух;
- 3) ракета может лететь в пустоте;
- 4) заряд ракеты сгорает не мгновенно, как заряд огнестрельного оружия, а постепенно; поэтому и скорость свою ракета получает не сразу, а плавно, без сотрясения.

Теперь понятно, почему изобретатели небесных кораблей поставили себе образцом именно ракету. Ведь только ракета может набирать свою скорость в безвоздушном пространстве, простирающемся между землей и луной. И только корабль, устроенный подобно ракете, может быть пущен в небесный полет так плавно, без рывка, что пассажиры внутри него уцелеют.

Остается превратить ракету в летательную машину, которая могла бы поднимать людей. Как это сделать, будет рассказано в этой книжке дальше. Но прежде побеседуем о том, для каких целей употреблялись ракеты до настоящего времени.

50. Для чего служат ракеты

Вы не должны думать, что ракеты применяются только для украшения народных празднеств. Их употребляют и для различных других надобностей.

В прежнее время, когда пушки не были еще так дальнобойны и метки, как теперь, ракетами пользовались для переброски бомб: занесенные на ракетах в неприятельское расположение бомбы причиняли разрушения и пожары. Первыми стали пользоваться такими боевыми ракетами индусы; у них больше ста лет назад имелись в армии особые ракетные отряды из тысяч обученных людей.

Англичане скоро переняли у индусов умение готовить крупные боевые ракеты. Английская армия снабжалась ракетами весом до двадцати килограммов; такими ракетами перекидывались бомбы на расстояние нескольких километров.

Вслед за англичанами начали пользоваться ракетными бомбами австрийцы и немцы. Боевые ракеты во многих случаях были удобнее пушек, потому что, пользуясь ими, не надо было возить с собой тяжелых орудий. Но затем пушечное дело улучшилось настолько, что для переброски бомб не имело уже смысла применять ракеты; пушки стреляли гораздо дальше и более метко, а главное – не допускали неприятеля на такое



Полезная служба ракеты. Моряки пускают с берега на тонущий корабль большую ракету, несущую конец троса. Так устанавливается связь с командой гибнущего судна.

расстояние, с которого можно было бы стрелять ракетами. Поэтому ракетные бомбы в европейских армиях перестали употреблять. Но весьма возможно, что с дальнейшим развитием ракетной техники к таким снарядам снова возвратятся.

В наши дни ракеты находят себе применение в военном деле, между прочим для освещения неприятеля в ночное время. Ракету пускают высоко вверх, и она своим огнем далеко освещает неприятельское расположение. В Красной армии «светящие» ракеты имеют в длину три четверти метра и снабжены палкой («хвостом») в полтора метра длиной. Весит такая ракета около шестнадцати килограммов. Зажженная, она пролетает целый километр косо вперед и к концу полета выбрасывает сноп ярких звездочек; звездочки горят четверть минуты, освещая окрестность.

Кроме светящих ракет, в Красной армии употребляются также ракеты «сигнальные». Они служат для передачи сигналов своим воинским частям в ночное время: высоко поднимавшаяся ракета видна с далекого расстояния.

В последнее время стали пользоваться ракетами, чтобы с их помощью поднимать очень высоко фотографический аппарат и оттуда снимать расположение неприятеля. Фотографическая ракета взлетает на шестьсот – тысячу метров. С такой высоты можно на ровной местности видеть на сотню километров во все стороны.

Приносят пользу ракеты и морякам. Нередко случается, что нельзя пристать на лодке к тонущему кораблю, который гибнет недалеко от берега: волнение опрокидывает лодку. В таких случаях пускают с берега на корабль большую ракету, которая несет с собой конец прочного троса. Поймав трос, команда корабля устанавливает с помощью его связь с берегом.



Отправка почтовой ракеты в гористой местности в Австрии. Ракета несет с собой письма, которые таким образом быстро доставляются соседнему почтовому отделению, расположенному за непроходимым ущельем.

Наконец есть еще полезное применение ракет в мирной жизни: они служат для борьбы с градом. Особенно широко употребляют противоградовые ракеты в Швейцарии и у нас на Кавказе. Едва упадут первые несколько градин, швейцарец пускает две-три ракеты: этого во многих случаях оказывается, говорят, достаточно, чтобы вместо града выпал дождь. Пуском трех ракет защищается от града участок примерно в один квадратный километр; кругом же него выпадает не дождь, а град. Действие этих противоградовых ракет, впрочем, еще недостаточно проверено.

В самое последнее время в Австрии делается успешный опыт применения ракет для переброски почты через труднопроходимую горную местность. Дело удалось так хорошо наладить, что почта таким, способом пересылает даже заказные и денежные отправления.

51. Летательная машина революционера Кибальчича

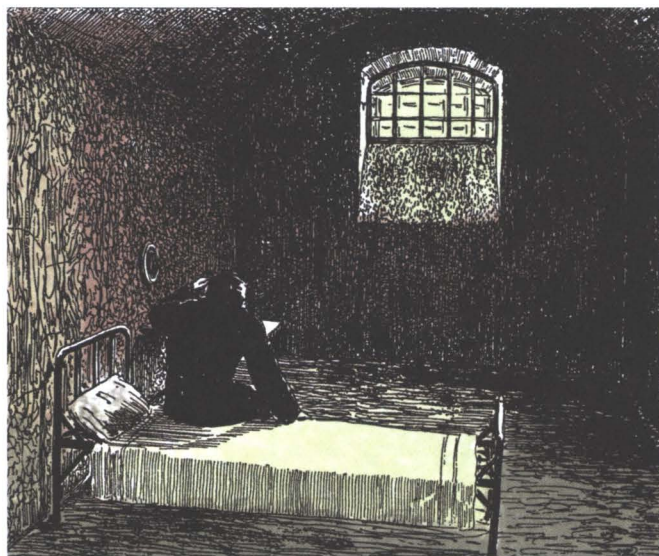
Первый человек в мире, кому пришла мысль превратить ракету в летательную машину, был революционер Кибальчич. Полвека назад группа революционеров из тайного общества «Народная воля» подготовила убийство царя Александра II: он был убит бомбой, брошенной революционерами в его карету. Бомбу изготовил двадцатисемилетний революционер и изобретатель Николай Кибальчич. Это был знающий и искус-



Революционер Николай Иванович Кибальчич. Он первый высказал мысль, что можно ракету превратить в летательную машину.

ный техник, сумевший сам изготовить и взрывчатое вещество (динамит) и механизм бомбы. В точности рассчитал он, сколько надо взять для бомбы динамита, чтобы взрыв, во-первых, достиг цели, а во-вторых, «не причинил вреда лицам, случившимся на тротуаре при проезде государя, а также прилежащим домам» (приводим собственные слова Кибальчича из его показаний во время суда).

Кибальчич вместе с другими участниками убийства царя был схвачен царскими властями, заключен в крепость и отдан под суд. Находясь под стражей, этот замечательный человек мало думал об ожидавшей его казни. Мысли его были заняты совсем иным: он размышлял над изобретением летательной машины. Надо заметить, что в то время не было еще ни самолетов, ни воздушных кораблей, а были одни только воздушные шары, которые нельзя было направлять по желанию; они летели туда, куда дул ветер. Кибальчич же хотел



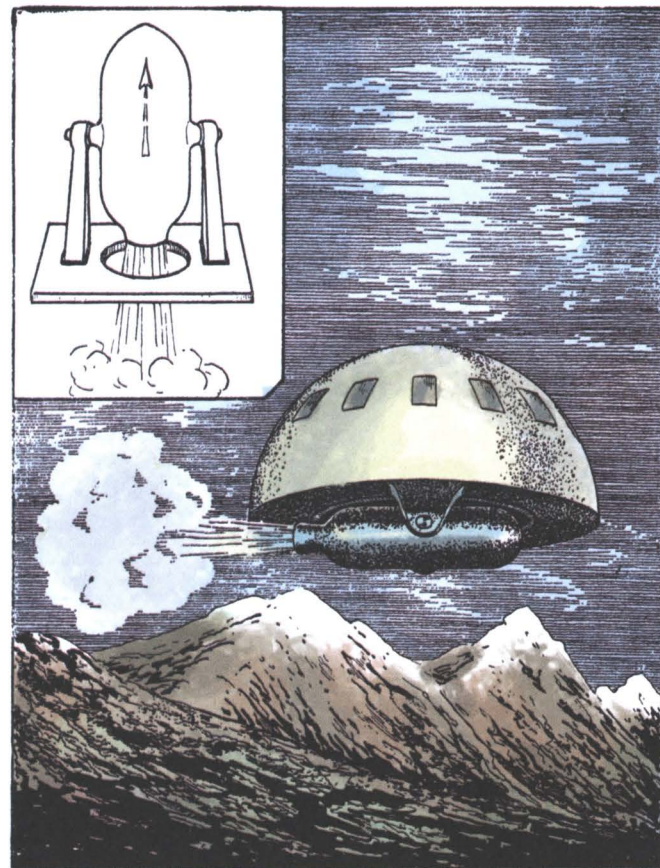
Кибальчич, заключенный в крепости, незадолго до казни изложил свой проект ракетной летательной машины.

придумать такую летательную машину, которую можно было бы направлять по желанию в любую сторону.

Кибальчичу, как и всякому отданному под суд, был назначен защитник. Незадолго до суда защитник посетил его в заключении и с удивлением увидел, что революционер «был погружен в изыскание, которое он делал о каком-то воздухоплавательном снаряде; он жаждал, чтобы ему дали возможность написать свои математические изыскания об этом изобретении. Он их написал и представил по начальству».

Перед казнью Кибальчич просил, чтобы составленное им описание изобретения было показано сведущим людям. «Если моя идея, – писал он, – после тщательного обсуждения учеными специалистами будет признана исполнимой, то я буду счастлив тем, что окажу громадную услугу родине и человечеству. Я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мною, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью».

Но Кибальчича казнили, никому не показав его записки. Тотчас после казни пакет с описанием изобретения был спрятан полицией в секретном месте. А так как полиции было мало дела до летательных машин, то мысль Кибальчича долго оставалась для всего мира совершенно неизвестной. Тридцать шесть лет пролежал пакет с изобретением Кибальчича в тайниках царской полиции. И только в 1917 году, когда царская власть была низложена, пакет был открыт, и содержание его сделалось известным.



В каком виде могла бы осуществиться придуманная Кибальчичем летательная машина. Вверху отдельно пояснено устройство машины.



Иван Всеволодович Мещерский (1859-1935) – русский и советский ученый-механик, основоположник механики систем переменной массы. Одним из следствий решения этой проблемы в общем виде было практическое приложение о восходящем движении ракеты. Исследования И. В. Мещерского явились теоретической основой современной ракетодинамики. Его имя неразрывно связано с именем другого создателя научных основ космонавтики – К. Э. Циолковского.

В чем же состояло изобретение Кибальчича? Как предлагал он устроить летательную машину?

То, что придумал Кибальчич, было совершенно ново. Его летательная машина не походила на воздушные шары того времени. Не похожа она также на самолеты и воздушные корабли наших дней. Занимаясь много и усердно взрывчатыми веществами, Кибальчич придумал способ использовать их, чтобы приводить в движение летательную машину.

Вот как представлял он себе устройство такой машины. На рисунке (стр. 62), в верхнем углу, дается не подлинный чертеж, сделанный Кибальчичем, – тот чертеж был бы вам непонятен, – а дополненный различными подробностями, облегчающими понимание. Вы видите на рисунке платформу, на которой укреплены две стойки. Они поддерживают открытый металлический сосуд, подвешенный между ними. Сосуд обращен дном вверх, а узким отверстием вниз. В сосуде имеется медленно сгорающий порошок. Когда порошок зажигают, образуется внутри много горячего газа, которому тесно в сосуде. Стремясь раздаться во все стороны, газ напирает на стенки сосуда и частью вытекает через отверстие вниз. Вы уже знаете, что должно произойти: напор газа на боковые стенки одинаков, но давление на верхнее дно сосуда сильнее, чем давление вниз, потому что вытекающая струя ни на что не давит; поэтому машина должна увлекаться вверх, если только она не слишком тяжела.

Описывая свою машину, Кибальчич указывал на то, что она сможет не только подниматься вверх, но и лететь в любую сторону, куда захочет направить ее команда. Для этого надо будет только поворачивать цилиндр закрытым концом в сторону движения. Раке-

та всегда летит в сторону, противоположную той, куда вытекает газ.

Во времена Кибальчича не умели еще строить никаких управляемых летательных машин. Вот почему, вероятно, Кибальчич совершенно не упоминает о другой замечательной особенности придуманной им машины – о том, что она могла бы летать не только в воздухе, но и в пустоте. Кибальчич знал это, конечно. Он не принадлежал к тем людям, которые ошибочно считают, будто ракета в полете отталкивается струей газа от воздуха под нею. В его записке приводится совершенно правильное объяснение полета ракетной машины. Ему должно было быть поэтому ясно, что придуманная им машина не нуждается для полетов в окружающем воздухе и может даже вылететь за атмосферу. Если Кибальчич об этом не упоминает, то, очевидно, потому, что не время было говорить о полетах за атмосферу, когда не умели еще хорошо летать в самой атмосфере.

Свою мысль о летательной машине Кибальчич не считал доведенной до конца. Он хорошо понимал, что она нуждается в проверке и в испытании на деле, или, как говорят, «на опыте». Он писал: «Я не имел достаточно времени, чтобы разработать свой проект в подробностях и доказать его осуществимость математическими вычислениями». Эта работа была выполнена позднее другим замечательным русским изобретателем – Константином Эдуардовичем Циолковским.

52. Ракетный корабль Циолковского

Описание машины, придуманной революционером Кибальчичем, пролежало, мы знаем, почти сорок лет в тайниках царской полиции. А тем временем другой русский изобретатель, учитель Циолковский, пришел к сходной мысли. Хотя он не мог ничего знать об изобретении Кибальчича, ум его направился по тому же пути. Он тоже придумал летательную машину, устроенную наподобие ракеты. Мысль свою Циолковский разработал математически, т. е. сделал все относящиеся к ней



Константин Эдуардович Циолковский (1857-1935).
Он первый выполнил расчеты для будущего ракетного корабля.

расчеты. Он доказал этими расчетами то, что осталось недоказанным у Кибальчича, а именно, что если заряд ракетной машины достаточно велик, то она непременно должна подняться и полететь. Все дело лишь в том, чтобы машина несла с собой большой запас горючих веществ и чтобы струя газа вытекала из ее трубы с значительной скоростью.

Чем больше выгорело заряда и чем больше скорость вытекания газов, тем большую скорость развивает ракетный корабль.

Чтобы отлететь от земли совсем и добраться до луны, нужна, мы знаем (стр. 30), скорость не меньше одиннадцати километров в секунду. Циолковский доказал точным расчетом, что ракетный корабль может достигнуть такой большой скорости; он вычислил даже, сколько для этого понадобится сжечь горючего вещества и какого именно вещества.

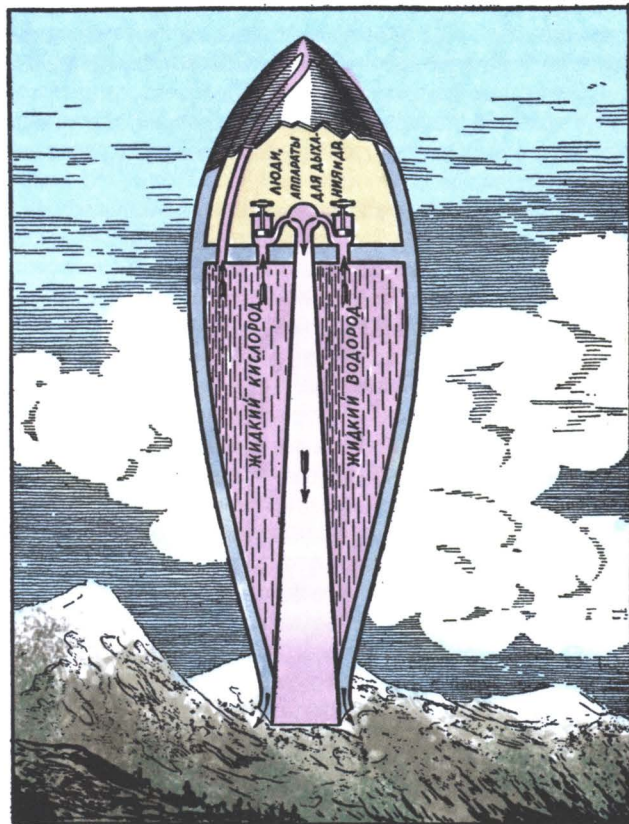
Кибальчич предлагал заряжать ракетную летательную машину так же, как заряжаются все ракеты, – порохов. Однако, все мы знаем, что порох – вещество очень ненадежное. С ним опасно иметь дело даже при изготовлении маленьких ракет. Подумайте, насколько же опасно заряжать порохом большую летательную машину, целый ракетный корабль. Такому союзнику нельзя доверить жизнь путешественников. Но чем же его заменить?

Чем следует заменить порох, указал Циолковский. Он первый обратил внимание на то, что порох – не единственное и вовсе не самое лучшее вещество для зарядки ракет. Гораздо лучше действует так называемый «гремучий газ». Гремучий газ есть смесь кислорода (газа, которым мы дышим) и еще другого газа – водорода. Если эти газы сильно охладить и сжать, то они превращаются в жидкости. Такие жидкости можно взять с собою на ракетный корабль в отдельных баках, а для сжигания смешивать их небольшими порциями. Водород отдельно от кислорода не взрывается, кислород сам по себе тоже не может взорваться, – поэтому такой заряд безопасен для ракетного корабля. Чтобы ракетный корабль мог покинуть земной шар, он должен иметь громадный запас горючего вещества. Порох в столь значительном количестве, наверное, взорвался бы еще раньше, чем корабль двинулся бы в путь. Малейшее сотрясение такого порохового заряда, даже давление собственного веса, легко может вызвать взрыв, уничтожить не только самый корабль, но и опустошить все далеко кругом него.

Кроме гремучего газа, для заряда ракетного корабля пригодны и такие горючие жидкости, как спирт, нефть, бензин и др., – конечно в смеси с кислородом¹. Все они должны работать в ракете лучше, чем порох, надо только придумать хорошее устройство для их сжигания. Порох имеет, правда, одну выгоду: он сгорает чрезвычайно быстро, почти мгновенно. Оттого и говорят про порох, что он не горит, а взрывает. Это очень важная выгода для стрельбы, но при движении ракеты быстрота сгорания заряда не нужна и безусловно вредна для здоровья пассажиров.

Ракетный корабль, придуманный Циолковским, одинаков по замыслу с летательной машиной Кибаль-

¹ Порох для горения тоже нуждается в кислороде, но он содержит его в себе самом (в селитре; черный порох есть смесь серы, угля и селитры).



Как представляет себе Циолковский примерное устройство будущего ракетного корабля.

чича. Но по внешности оба изобретения мало походят одно на другое. У Кибальчича – платформа с двумя стойками, которые поддерживают большой цилиндр с порохом. Теперь посмотрите на рисунке (стр. 64), как Циолковский представляет себе свой ракетный корабль.

Часть оболочки корабля на рисунке снята, чтобы было видно внутреннее устройство. Вдоль корпуса корабля, внутри его, идет труба, расширяющаяся к наружному, открытому, концу. Через эту трубу должен вытекать горячий газ при горении заряда. В узкий конец трубы особыми насосами будут накачиваться жидкий кислород и какая-нибудь горючая жидкость (жидкий водород, бензин и т. п.); здесь они смешиваются и зажигаются. Вместилища для обеих жидкостей очень велики; они, как вы видите, занимают большую часть небесного корабля. Циолковский рассчитал, что при меньшем заряде ракетный корабль не может получить нужной скорости. Газ, образующийся от горения, вытекает через широкий конец трубы наружу и в то же время напирал в сторону узкого конца, заставляя всю ракету лететь в этом направлении.

В передней части ракетного корабля Циолковского будет устроена каюта. Она должна быть обставлена и оборудована примерно так, как каюты подводных лодок или гондолок стратостата. Мы еще будем беседовать об этом после.

Вы, вероятно, хотите узнать, чем же отличается такой ракетный корабль от пушечного снаряда, придуманного Жюлем Верном. Мы знаем уже, что полет людей в пушечном ядре невозможен: пассажиры в нем

должны погибнуть. Почему же считается возможным полет в ракетном корабле? Ведь и он должен покинуть землю с огромною скоростью – одиннадцати километров в секунду. Разница здесь не в величине скорости, а в том, как она получается. Сама по себе большая скорость для человека не вредна, мы даже ее не чувствуем, как бы велика она ни была; вредно лишь быстрое нарастание скорости. Пушечный снаряд получает свою скорость почти сразу; нарастание скорости здесь чрезвычайно быстрое, – чувствуется сотрясение, гибельное для всякого живого существа. Ракетный корабль, наоборот, получает свою скорость понемногу: он начинает движение плавно и увеличивает скорость постепенно, пока не доведет ее до огромной величины. Такое незаметное нарастание скорости переносится людьми без вреда для здоровья.

Вот первая выгода ракетного корабля, какой нет у пушечного снаряда. Другая выгода, не менее важна. Отправиться на луну мало – надо и назад вернуться. Безвозвратный полет лишен смысла, даже если бы и нашлись люди, которые готовы были бы потерять жизнь ради такого путешествия. В пушечном ядре возвратиться нет возможности. В ракетном же корабле это вполне возможно. Нужно только захватить с собою настолько большой запас горючих веществ, чтобы не расходовать его целиком при отправлении в путь. Корабль должен спуститься на луну с некоторым запасом горючего, который и послужит для обратного путешествия.

Вот почему будущий ракетный корабль – самая подходящая летательная машина для путешествия на луну. Летчикам нужно будет, конечно, иметь в своей каюте все необходимое для жизни: воздух, питье, еду, даже тепло и свет в виде электрического отопления и освещения. Перелет на луну и обратно должен отнять около двух недель. Запас питья и еды для нескольких человек на две недели не очень обременит корабль. Воздух для дыхания брать в полет особо не придется: на корабле ведь будет большой запас кислорода для горения, а кислород и есть то, что расходуется при дыхании. Электрическое отопление нужно будет пускать в дело не все время: большую часть пути корабль будет купаться в солнечных лучах, которые согреют его достаточно. Как бы не пришлось, наоборот, терпеть чрезвычайный жар! Мы знаем, что воздухоплаватели, поднимавшиеся в стратосферу, где воздух охлажден до 50 градусов мороза, страдали иногда от жары, а не от холода. Впрочем, и против этой беды будет под рукой хорошее средство: жидкий кислород так холоден, что понадобится лишь разбрызгать в каюте немного этой жидкости – и воздух ее станет прохладным.

Скажем теперь несколько слов о самом Циолковском. Этому замечательному человеку, прославившемуся рядом изобретений, теперь более семидесяти пяти лет. В 1932 г. вся советская общественность чествовала его в день 75-летия. Циолковский родился в очень бедной трудовой семье, которая не в состоянии была дать ему даже начального школьного образования. Свои обширные познания он приобрел без всякой помощи со стороны, путем самостоятельного чтения книг. Сорок лет был он учителем, а все свободное время употреблял на ученые исследования и размышления над своими изобретениями. Эти изобретения Циолковского относятся к самолетам, к воздушным кораблям и к ракетно-

му летанию. Он делал расчеты самолетов раньше, чем была построена за рубежом первая летательная машина. Точно так же опередил он западных ученых в расчете воздушных кораблей. Придуманый им образец воздушного корабля с металлической оболочкой имеет много важных преимуществ по сравнению с существующими дирижаблями: дирижабль Циолковского должен оказаться дешевле, безопаснее и долговечнее нынешних воздушных кораблей. Но самое удивительное из всего придуманного Циолковским – его план перелета на луну в ракетном корабле, о котором я сейчас рассказал.

Долгие годы никто не ценил работ Циолковского, не признавал важности его изобретений и не оказывал ему никакой поддержки. Признание и помощь пришли только после революции, когда советская власть и общественность оценили его заслуги.

Циолковский безвыездно живет в городе Калуге и, несмотря на преклонные годы, неустанно занят работами над своими изобретениями. Я получил от него много важных указаний, которыми воспользовался, между прочим, и при составлении этой книжки ¹.

53. Изобретатели за рубежом

Кибальчич и Циолковский – не единственные изобретатели, придумавшие летательные машины наподобие ракеты. К этой же самой мысли пришли позднее изобретатели и за рубежом нашего отечества – в Америке и



Роберт Хатчингс Годдард (1882-1945) – американский ученый, один из пионеров современной ракетной техники. Автор двух важных патентов, касающихся прикладной части ракетостроения.

В 1914 г. им были зарегистрированы патент многоступенчатой ракеты и ракеты, работающей на бензине и жидком оксиде азота.

Свою первую ракету на жидком топливе Годдард запустил 16 марта 1926 г. Кроме космических путешествий Годдард занимался реактивной техникой: на основе его идеи реактивного гранатомета были созданы легендарные американские гранатометы «Базука»: М1, М9 и М-20 «Супербазука».



Герман Юлиус Оберт (1894-1989) – немецкий ученый и инженер в области космонавтики и ракетостроения, один из основоположников современной ракетной техники. В 20-х гг. XX в. Оберт одним из первых обосновал возможность создания ракеты на жидком топливе. В 1930 г. он успешно испытал действующий образец ракетного двигателя с тягой 7 кг. В 1941 году под именем Фридрих Хан он привлекался к консультациям группы Вернера фон Брауна, его бывшего студента, интенсивно работавшей над ракетой Фау-2. С 1955 по 1958 гг. работал в США по приглашению Вернера фон Брауна. Одним из первых разрабатывал идею орбитальной космической станции.

в Германии. Как Циолковский, ничего не зная о машине Кибальчича, через двадцать лет сам придумал ракетный корабль, так и американский ученый Годдард на двадцать лет позже Циолковского сам пришел к мысли устроить громадную ракету для высокого подъема. Он проделал ряд поучительных опытов, чтобы улучшить устройство обыкновенных ракет; между прочим, он доказал на деле, что в безвоздушном пространстве ракета должна лететь не только не хуже, но даже лучше, чем в воздухе.

А еще через несколько лет в Германии появилась книга немецкого ученого Оберта, который, ничего не зная ни о Кибальчиче, ни о Циолковском, ни о Годдарде, тоже пришел к мысли устроить летательную машину наподобие ракеты. Как и Циолковский, он предлагает заменить порох горючими жидкостями: спиртом, жидким водородом и др., смешиваемыми перед зажиганием с жидким кислородом. Он выполнил множество расчетов, очень важных для тех, кто будет строить со временем ракетные летательные машины. Он придумал также устройство нескольких ракетных машин, больших и малых, которые должны служить разным целям.

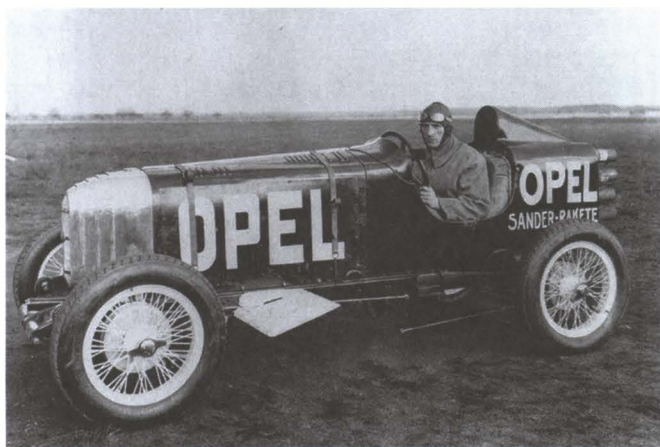
Что же означает такое совпадение мыслей четырех изобретателей, не знавших друг друга? Почему люди, жившие так далеко один от другого, пришли к одинаковым мыслям?

Потому, конечно, что найденное ими решение задачи полета во вселенную – единственно верное. И если четыре изобретателя, каждый в отдельности, придумали одно и то же, то это несомненно доказывает, что все они попали на правильный путь.

54. От мысли к делу

Когда в самые последние годы изобретатели ракетных машин стали переходить от замысла к исполнению,

¹ Кто желает больше узнать про жизнь Циолковского, тот может прочесть о ней в книжке Я. И. Перельмана «Циолковский, его жизнь и научные труды».



Первый ракетный автомобиль. Фриц фон Опель, внук основателя компании Адама Опеля, в рекламных целях решил построить ракетный автомобиль. В помощь он пригласил австрийского пионера ракетной техники Макса Валье. Было решено поставить ракеты фирмы Зандер на серийный автомобиль «Опель». 15 марта 1928 г. состоялся первый в истории заезд ракетного автомобиля. Управлял им гонщик-испытатель фирмы «Опель» Курт Фолькхарт. В целях безопасности была использована лишь одна ракета. Автомобиль проехал около 150 метров со скоростью пешехода. А уже 28 мая того же года специально сконструированный автомобиль «Opel-Rak 2» под управлением Фрица фон Опеля развил скорость 230 км/ч. Большое автошоу, проходившее в Берлине, удалось.

то прежде всего поставили перед собою такой вопрос: как испытать, что ракета действительно может двигать не только себя, но и целую машину? С этой целью сделано было несколько попыток двигать ракетами повозки на земле.

Первые опыты такого рода делались с автомобилями. Снимали с автомобиля мотор и в задней части кузова устанавливали крупные ракеты. После нескольких проб сделан был опыт с автомобилем, который нес на себе двенадцать ракет. Опыт удался: при зажигании (электрической искрой) одной ракеты за другой автомобиль помчался с возрастающей скоростью и менее чем в десять секунд разогнался до ста километров в час. Второй опыт был произведен с автомобилем лучшего устройства: он имел такую форму, которая помогала ему рассекать впереди себя воздух; по бокам имелись крылья – но не для того, чтобы поднимать машину вверх, а, напротив, чтобы прижимать ее к земле, не давая ей отделяться от почвы. Ракет было поставлено вдвое больше, чем при первом опыте, – двадцать четыре. Когда они были зажжены, автомобиль сорвался с места и стремительно помчался, развив скорость двести двадцать километров в час.

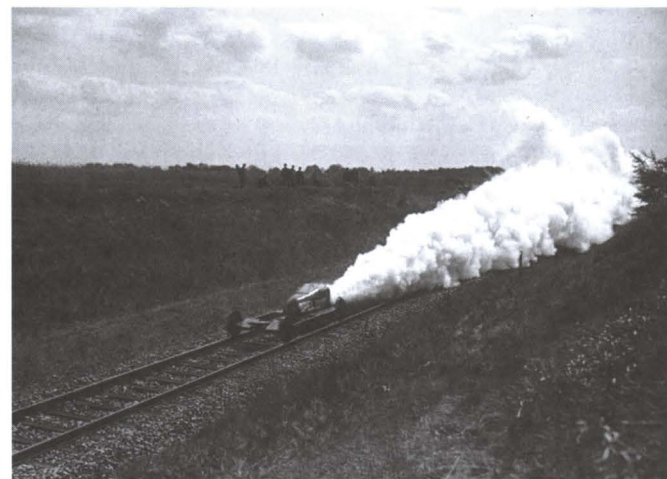
При третьем опыте автомобиль с тридцатью шестью ракетами достиг скорости двухсот сорока километров в час.

Следующий опыт был сделан с ракетной «автодрезиной», т. е. с автомобилем на рельсах, в котором двигателем служили ракеты. Ожидалась такая большая скорость, что опасно было посадить человека; решено было испытать машину без седоков. Один седок, впрочем, был: чтобы узнать, как действует на здоровье быстрое нарастание скорости, поместили в автодрезину клетку с кошкой. Пускали машину с двадцатью четырьмя ракетами дважды. В первый раз она разогналась до скорости ста восьмидесяти километров в час.

Второй раз ждали еще большей скорости, но испытание кончилось несчастьем: машина сорвалась с рельсов и упала под откос; ракеты взорвались все сразу и уничтожили автомобиль. Погиб и четвероногий пассажир автодрезины.

При помощи ракет можно было бы сообщить повозкам очень большую скорость, но колеса не могут делать слишком большое число оборотов. При чересчур быстром вращении они разрываются на части. Вот почему сделаны были опыты с ракетными сани: здесь нет колес, и можно безопасно развить огромную скорость. Сани, снабженные восемнадцатью ракетами, достигли скорости, вдвое большей, чем ракетный автомобиль: четыреста километров в час. Интересно, что на большей части своего (правда, не длинного) пути ползья не оставили даже следов на снегу. Очевидно, сани неслись в воздухе, поверх снега.

Эти опыты имеют то значение, что показывают, какую силу могут развивать ракеты. Но ошибочно думать, что в будущем на автомобилях взамен моторов станут употреблять ракеты. Нет расчета это делать: для



Дрезина «Opel-Rak3» с десятью ракетными двигателями. При испытаниях она достигла скорости 180 км в час.

тех скоростей, с какими может ехать автомобиль, ракеты обходятся дороже мотора. Выгодны ракеты лишь в случае очень больших скоростей. С такими большими скоростями можно двигаться только в пустоте, где воздух не мешает движению и где не приходится сворачивать в сторону, встречая преграду.

Вы видите, что ракета пригодна для полетов за атмосферу. Делались опыты и с мотоциклетами, велосипедами, а также с ракетными самолетами, т. е. с самолетами, на которых мотор был заменен ракетами. Опыты показали полную пригодность ракет и для самолета. Для полетов в плотной части атмосферы ракеты, однако, не будут применяться, разве лишь для облегчения старта, т. е. начала полета.

Зато ракеты окажутся незаменимыми при проникновении в самые высокие слои атмосферы, где разреженный воздух не может поддерживать обыкновенные самолеты и воздушные корабли.

Те же опыты обнаружили, однако, что необходимо совсем отказаться от такого опасного горючего, как порох, и заменить его более безопасными горючими жидкостями: спиртом, бензином, жидким водородом и др.

Чтобы продвинуть дело дальше, надо было научиться изготавливать ракеты, заряженные горючими жидкостями.

55. Первые шаги

Пороховые ракеты употребляются уже давно, и люди научились изготавливать их очень хорошо. Ракеты же с жидким зарядом только недавно придуманы. Устройство их не такое простое, как ракет пороховых.

В пороховой ракете нет, в сущности, никакого особого устройства: вся внутренность ее состоит из одной лишь пороховой массы. Такая ракета после того, как ее подожгли, не требует никакого управления дальнейшим горением: заряд сам догорит до конца. Не то с горючими жидкостями. Для них нужны в ракете особые вместилища, отдельно для горючего и для жидкого кислорода. Кроме того, надо было придумать устройство, которое само подавало бы понемногу обе жидкости к очагу, где происходит горение. В то же время нужно уберечь остальную запас от смешения и взрыва.

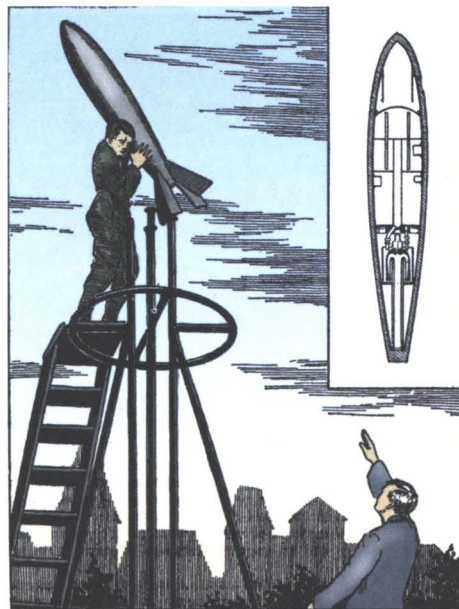


Какой будет видна поверхность луны из окна подлетающего к ней ракетного корабля. Снимок кратера Коперник сделан КА «Lunar Reconnaissance Orbiter», лунной орбитальной станцией НАСА с высоты около 20 км. Миссия «Lunar Precursor Robotic Program», в рамках которой запущен спутник луны, предусматривает предварительное роботизированное изучение луны для подготовки полномасштабного возвращения на нее человека. КА работает на орбите луны с 23 июня 2009 г.

К изготовлению ракет с жидким зарядом приступили только в самые последние годы. Особенно усердно работал над этим немецкий ученый Оберт, который уже с четырнадцатилетнего возраста размышлял над способами совершать полеты за атмосферу. Мы раньше говорили, что этот изобретатель, ничего не зная о других, сам пришел к мысли об устройстве ракетного корабля.

Немцам удалось построить ракету в рост человека – ракету совершенно нового образца, с жидким зарядом. Эта ракета уже много раз испытана в Берлине и работала превосходно: она взлетала около ста раз, правда, пока еще невысоко, но достаточно, чтобы доказать пригодность ее устройства.

Когда у нынешних строителей ракет окажется достаточно денег, ими будет построена более крупная ракета, с таким большим зарядом, что она сможет лететь вверх километров на сто. Это будет уже заметный успех на пути к завоеванию неба, который принесет большую пользу науке. На такую высоту не удавалось



Как в Германии пускают большую модель ракеты с жидким зарядом. Направо вверх внутреннее устройство этой ракеты.

еще запускать ни одного воздушного шара даже без людей: самый высокий подъем шара без людей не превышал тридцати шести километров. Пушечные ядра случалось, правда, закидывать до 50 км, но ведь, упав, снаряды не приносят никаких сведений о тех высотах, где они побывали. Поэтому ученым почти ничего не известно о воздухе выше тридцати шести километров; они могут только делать догадки о том, из чего он состоит, насколько разрежен, насколько охлажден и т. д.

Вы спросите, вероятно: как же можно будет это узнать, если на ракете не поднимется человек? Человека вполне может заменить инструмент, устроенный так, что он сам записывает свое показание; об этом было уже сказано в начале книжки. Например, ученые придумали градусники, которые сами записывают то, что они показывают; придумали и другие инструменты-самописцы. Ракета унесет с собою вверх такие самописцы, которые потом упадут вниз на большом зонте (парашюте); благодаря парашюту падение замедляется настолько, что инструменты не пострадают от удара о землю.

Но не думайте, что сразу же после этого можно будет построить большую ракету для полета на луну. Нет, до полета на луну ракета должна пройти долгий путь развития, постепенно, шаг за шагом, приближаясь к ракетному кораблю для далеких путешествий в небесное пространство.

Какой будет следующий шаг? Вероятно, устройство большой ракеты для перевозки почты через океан – из Европы в Америку и обратно. Ракета с грузом писем будет перекинута за океан не через воздух: большая часть пути будет лежать выше атмосферы. Ракета вылетит из атмосферы, пройдет в пустоте несколько тысяч километров и, приблизившись к материку Америки, снизится снова в атмосферу, чтобы спуститься на землю. В пустом пространстве нет помехи движению, и потому перелет может быть сделан с огромной скоростью – в полчаса. Подумайте: почта, которую пароход везет в Америку почти неделю, будет доставляться в полчаса! Это не только очень скорая почта, но



Испытание ракеты с жидким зарядом в Германии. Достигнув высшей точки подъема, ракета опускается вниз на парашюте. Такой опыт проделывали уже больше сотни раз.

и очень дешевая. Отправка ракеты, правда, будет стоить несколько тысяч, но ведь она понесет с собой не одно письмо, а несколько тысяч. Значит, ракетная почта обойдется примерно по рублю за письмо. По скорости передачи такая почта даже опережает телеграф. Если бы содержание тысяч писем было передано слово за словом по телеграфу, потребовалось бы не полчаса, а, пожалуй, целые сутки и стоило бы это не по рублю за письмо, а по несколько сот рублей. Вы видите, что

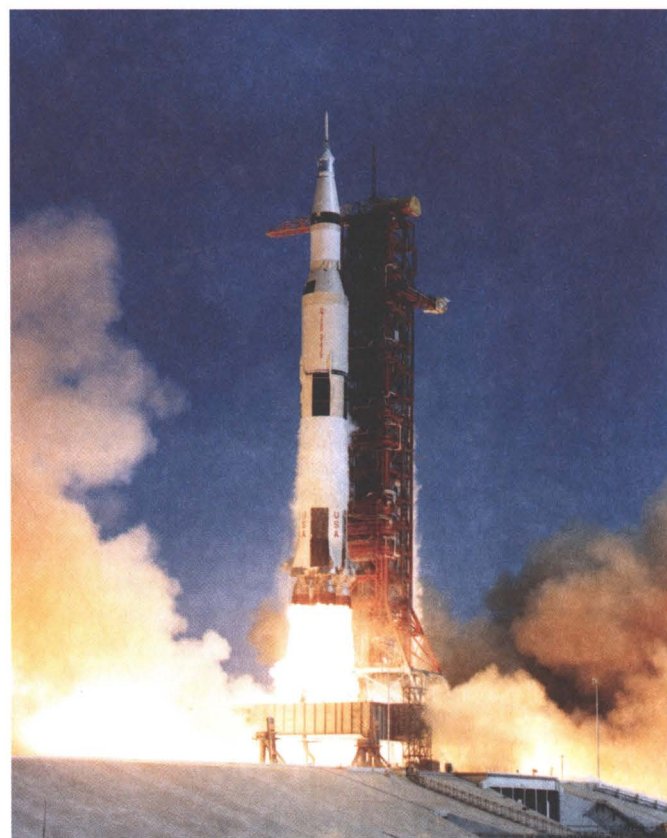


Сверхзвуковой пассажирский самолет «Конкорд», выполнявший рейсы из Европы в Америку на протяжении 1976-2003 гг. Основными разработчиками самолета были компании «Sud Aviation» (Франция) и ВАС (Великобритания), двигательные установки самолета совместной разработки британской Rolls-Royce и французской SNECMA. Всего было изготовлено 20 самолетов. В настоящее время ведутся новые разработки сверх- и гиперзвуковых самолетов.

ракетная почта будет очень выгодна, и ею охотно будут пользоваться. А вместе с тем разовьется ракетное дело; это облегчит его дальнейшие шаги.

Вслед за почтовой ракетой придет пора устроить для полетов в Америку ракетные самолеты с пассажирами.

Самолеты эти полетят не только над водяным океаном, но и над океаном воздушным – над атмосферой. Там нет ни бурь, ни снега, ни туманов – ничего, что могло бы помешать полету и что так затрудняет теперь воздушные путешествия через океан на обыкновенных самолетах и дирижаблях (воздушных кораблях). Поэтому сообщение между материками можно будет наладить совершенно правильно: время прибытия ракетного самолета будет назначаться заранее с такою же точностью, с какой сейчас назначается время прибытия железнодорожных поездов. Правда, выше атмосферы нечем дышать, но воздух (кислород) будет взят летчиками с собой; так уже и теперь делают летчики, поднимающиеся на стратостатах и на самолетах в очень высокие слои атмосферы, где трудно дышать из-за малой плотности воздуха.



Яков Исидорович Перельман оказался совершенно прав в своем научном предвидении. 20 июля 1969 г. впервые в истории человечества к луне стартовал космический корабль с экипажем на борту. В результате успеха миссии «Apollo 11» человек побывал на луне и благополучно вернулся на землю. На снимке НАСА старт ракеты «Saturn V» с астронавтами Нилом Армстронгом, Эдвином Олдрином и Майклом Коллинзом.

56. Заглянем в будущее

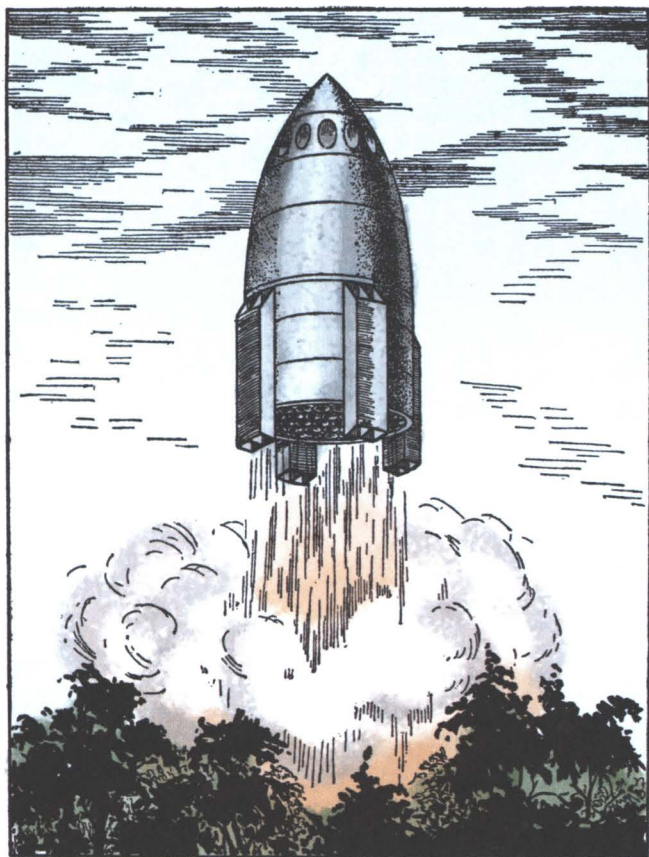
Через много лет, когда все сейчас намеченное удастся постепенно сделать и строители крупных ракет полу-

чат большой опыт в их сооружении, тогда придет наконец пора совершить и перелет на луну. Построят огромную ракету – величиной с большой пароход – и наполнят ее таким обильным запасом горючего, что его хватит на перелет на луну и обратно.

Найдутся, без сомнения, отважные люди, которых не устрашат никакие опасности, связанные с первым лунным перелетом. Это будет изумительное путешествие – самое удивительное и самое смелое из всех, когда-либо совершившихся за время существования человечества. Подумайте: человек отправится завоевывать небо!

Не знаю, доведется ли мне дожить до того часа, когда ракетный корабль ринется в небесное пространство и унесет на луну первых посетителей. Но вы, молодые читатели, весьма возможно, доживете и до того времени, когда между землей и луной будут совершаться правильные перелеты. Кто знает, может быть, кому-нибудь из вас посчастливится даже самому проделать такое путешествие...

Как же будут происходить лунные перелеты? Попробуем заглянуть в будущее и нарисовать вероятную картину путешествия на луну и обратно.



В будущем маленькая ракета превратится усилиями изобретателей в большой ракетный корабль для полета на луну.

57. Лунный перелет

Вы забрались через небольшой люк в тесную кабину ракетного корабля и заботливо заперли за собою двойные дверцы. Ни одной щелочки не должно быть в дверцах: ведь вы полетите в пустоту, а там весь воздух каю-

ты мгновенно улетучится, если где-нибудь останется хоть самая маленькая скважинка.

Вы еще находитесь на земле, но уже отделены от земного мира. Сноситься с товарищами, которые собрались вас проводить, больше невозможно. Нельзя даже их видеть: толстые стекла окошек пришлось закрыть наружными ставнями, чтобы они не расплавились, когда корабль будет прорезывать атмосферу и разогреется от этого.



Астронавты в кабине космического корабля.

Однако в каюте не темно: войдя, вы повернули выключатель электрического освещения, и яркий свет залил комнатку. Пока ракета еще не начала полета, рассмотрите ваше тесное жилище. Стены, потолок, пол – все обито мягкой кожей: ударяешься о них без боли, как о мягкий тюфяк. Значит, нечего бояться толчков и сотрясений. Стол, табуреты, шкафчики – вся мебель привинчена к полу; она тоже не пострадает при сотрясении. По стенам укреплены странные приборы. Вот щит с электрическими измерителями, кнопками, выключателями, рубильниками. Управлять всем этим придется не вам: с вами едет опытный ракетный пилот, уже проделавший не раз путь на луну и обратно. Есть в каюте приборы, засасывающие и очищающие воздух, который вы выдыхаете; есть и сосуды с жидким кислородом для пополнения его убыли в каюте. Как видите, нет опасности задохнуться от недостатка воздуха, если только путешествие пройдет благополучно и не затянется чересчур долго сверх намеченного срока. Все это



Астронавты Международной космической станции МКС в «столовой» во время обеда.

не ново для вас: гондола стратостата была оборудована примерно таким же образом.

Но где же запас провизии? А, вот трап в полу, ведущий в нижнее помещение. Загляните туда: ящики, бочки, мешки, свертки – пищи достаточно.

Перелет на луну и обратно должен длиться две недели; на луне долго задерживаться не будете – значит, провизии хватит. Для приготовления пищи имеется в каюте удобная электрическая кухня.

На стене висит какая-то необычайная одежда, похожая на костюм водолаза и окутанная шнурами. Кто ее наденет? Легко догадаться: одежда приготовлена для вас самих. Вспомните, что на луне нельзя дышать так,



Юджин Сернан, командир «Аполлона-17» в декабре 1972 года, на поверхности Луны в скафандре A7LB. Изображение НАСА.

как на земле: там воздуха нет. Чтобы выйти из каюты ракетного корабля на лунную почву, придется одеться в этот резиновый костюм с металлическим шлемом для головы. Его надуют воздухом, которым вы будете дышать и который не даст вашей крови выступить нару-



Примерное внутреннее устройство кают будущего корабля. Вверху каюта управления; над нею парашют в сложенном виде. Среднее отделение – пассажирская каюта. Нижнее помещение предназначено для хранения припасов.

жу. Кроме того, за спиной у вас будет металлический ранец с запасом сжатого воздуха.¹

Сейчас наступит момент отправления корабля в путь. Пилот советует всем лечь в койку, подвешенную на пружинах.

– Вам предстоит три-четыре не особенно приятных минуты, – говорит он. – Перенесите их стойко; все пройдет без вреда для вашего здоровья. Готовы? Пускаю машину.

Пилот подходит к приборам, размещенным на щите, и берется за одну из рукояток, чтобы начать сжигание горючего в ракете корабля.

Оглушающий рев доносится из машинного отделения, одновременно что-то странное делается с вашим телом: оно словно отяжелело в несколько раз. Пробуете двинуть рукой, шевельнуть ногой, – они кажутся вам налитыми свинцом! Приподнять свое тело над койкой не хватает сил – настолько оно грузно. Откуда такая тяжесть?

Дело в том, что корабль летит вверх, стремительно увеличивая свою скорость. Пока он разгоняется, койка под вами подпирает ваше тело. Ведь она прикреплена к каюте и вместе с ней словно силится обогнать ваше тело. Отсюда и напор на вас снизу. Вам же кажется, что это вы сами прижимаетесь к койке, сделались тяжелее. И не только ваше тело – все вещи на ракетном корабле тоже сильнее давят на свои опоры; значит, они тоже становятся тяжелее.

Дышать трудно; на грудь словно налегает тяжелый груз; сердце бьется чаще. Долго ли продлится эта мука?

– Еще полминуты, – успокаивает вас пилот, – и все кончится. Теперь вы раза в три тяжелее обычного, а опыты показали, что отяжеление втрое на короткое время не причиняет вреда здоровью. Ну, вот корабль и

¹ Костюмы для пребывания человека в безвоздушном пространстве недавно придуманы инженерами, заготавливающими снаряжение для полетов в стратосферу.

достиг требуемой скорости. Я прекращаю горение в ракете. Готовьте к новой неожиданности.

Поворот рычага – и тяжести как не бывало. Но то, что вы теперь чувствуете, еще страннее прежнего. Вы положительно не верите своим чувствам. Ничего подобного вам и во сне не снилось: вы совершенно перестали весить. Вы потеряли свой вес целиком, без остатка!

Что же произошло? Только то, что тело ваше уже не давит на свою опору. Горение в ракете прекращено, скорость корабля больше не нарастает. Он брошен теперь в пространство, как пуля из ружья. До сих пор, пока скорость корабля нарастала, пол каюты словно настигал вас и подпирал ваше тело снизу. Но сейчас и вы, и каюта движетесь одинаково быстро, а следовательно, не напираете друг на друга. Если вы на свою опору не давите, то это ведь и значит, что вы ничего не весите. И все вещи в каюте тоже ничего не весят.

Посмотрите, что проделывает перед вами ради шутки пилот: он роняет из рук свои карманные часы, – и они повисают в воздухе, не опускаясь к полу.

Вы не должны удивляться тому, что часы не падают. Почему должны они падать? Земля, конечно, их притягивает, замедляя их полет в пространстве. Но притягивает она также весь летящий корабль и тоже замедляет его полет; то и другое она замедляет в одинаковой мере. Часы и каюта мчатся, следовательно, с одной скоростью, не приближаясь и не удаляясь друг от друга. Поэтому часы и остаются на неизменном расстоянии от пола. Если вы слегка подпрыгнете, то тоже будете витать в воздухе.

Вы хотите проверить это: подпрыгиваете – и мягко ударяетесь головой в обитый кожей потолок каюты. Но здесь вы не остаетесь: отскакиваете от потолка и ударяетесь о пол. На полу также не можете удержаться: отлетаете снова к потолку и качаетесь так между полом и потолком.

– Хватайтесь за поручень, – кричит пилот, – иначе не остановитесь!

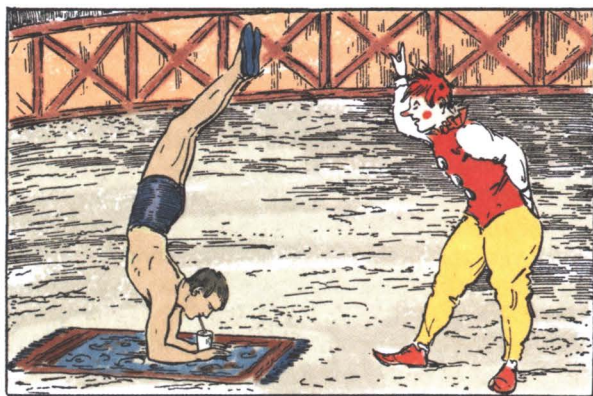
Вам удастся поймать один из поручней, прикрепленных к стенам каюты, и невольные качания ваши прекращаются.

В течение всего перелета на луну, кроме нескольких минут спуска на ее поверхность, вы будете лишены своего веса. Вам придется к этому привыкнуть и приучить себя ходить не на ногах, а на руках, хватаясь за поручни, или даже вовсе плавать в воздухе, как рыба в воде.

Но привыкнуть не так-то легко. Ведь не только вы сами потеряли вес, но невесомыми сделались и все вещи в каюте. Чуть до чего дотронулись, оно снимается с места и начинает медленно ходить по комнате туда и назад. Хорошо, что столы, табуреты, шкафики привинчены наглухо к полу и стенам каюты: иначе все это шаталось бы в воздухе. Вам с непривычки приходится долго охотиться за каким-нибудь нужным листком бумаги, который вы положили возле себя. Разыскать его и поймать не легче, чем охватить руками живую бабочку на лугу, – листок при приближении руки уносится движением воздуха. А если вы выпустите из рук карандаш, можно с ним распрощаться навсегда: легче поймать пушинку в воздухе, – в земной атмосфере пу-



Международный экипаж Международной космической станции. Групповой снимок в невесомости.



Цирковой гимнаст пьет воду, стоя вниз головой.

шинка хоть что-нибудь весит, а здесь карандаш не весит ровно ничего.

Вам понятно теперь, почему среди припасов, взятых на борт ракетного корабля, вовсе нет сыпучих продуктов, как мука, крупа, горох... Развяжете такой мешок, и от малейшего толчка, от едва заметного движения воздуха все это рассеется по каюте. Собрать рассеянное невозможно, разве только вылавливать сачком. А между тем этим засоренным воздухом пришлось бы ведь дышать, и стоило бы крупинке или горошине попасть в дыхательное горло, как начался бы судорожный кашель, который легко может причинить удушье.

Вам хочется пить. Добираетесь до шкафа и извлекаете из него кувшин с водой, плотно закрытый крыш-

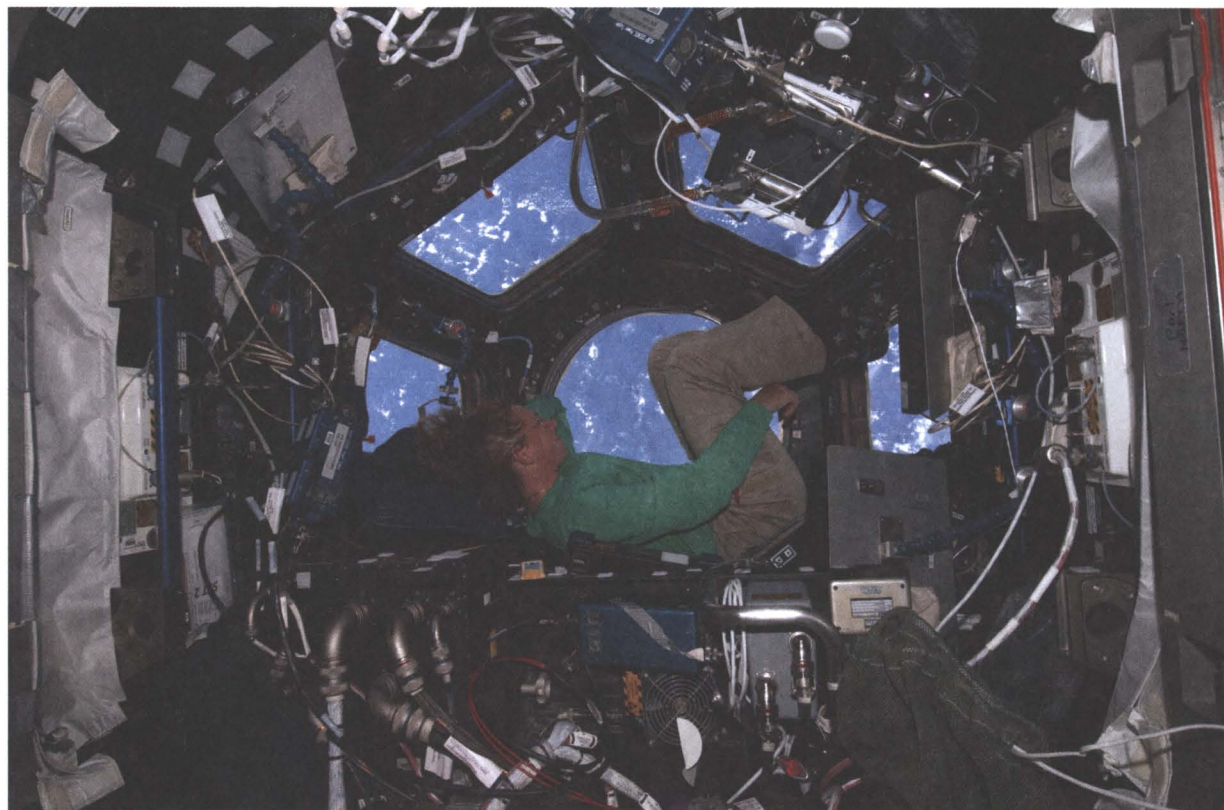
кой. Сняв крышку, наклоняете кувшин над стаканом. Но вода не льется. Наклоняете кувшин круче, опрокидываете его совсем – ни капли не выливается. «Да есть ли в кувшине вода-то?» – сомневаетесь вы. По весу не узнать: посуда и полная и пустая здесь одинаково ничего не весит. Заглядываете внутрь: вода есть. Снова опрокидываете кувшин – ничего не выливается. Ну, конечно: может разве вода литься, раз она ничего не весит?

Как же все-таки добыть воду из кувшина? Пилот советует вам хлопнуть ладонью по доньшку. Так и поступаете. Что это? Из кувшина выскочил большой водяной шар, чуть не с тыкву величиной. Это здесь такие капли: раз вода в кувшине ничего не весит, она вся должна собраться в одну большую каплю.

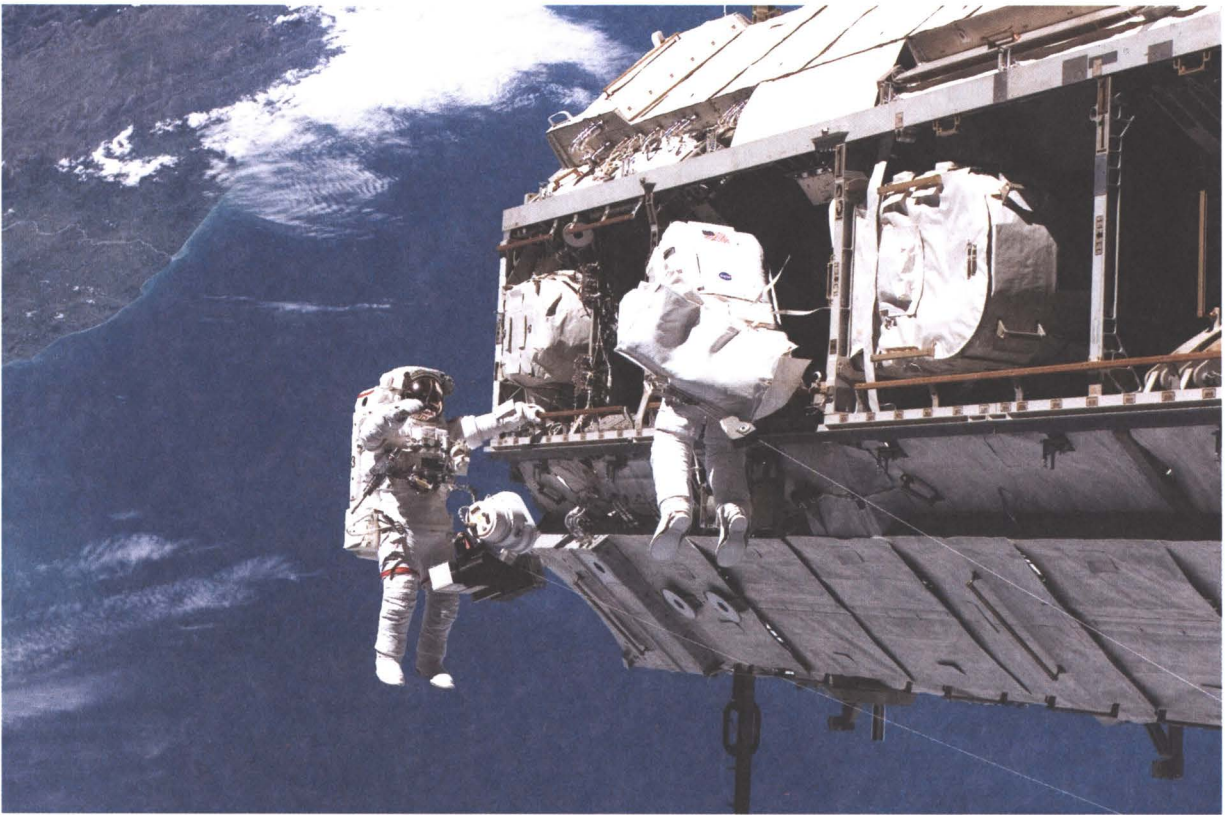
Недолго думая, вы приставляете губы к капле, висящей в воздухе, и стараетесь втянуть в себя глоток жидкости. Но едва губы ваши коснулись капли, как вода разливается по вашему лицу, обволакивает голову, расплзается под платьем по телу.

– Ловите! – кричит вам пилот, кидая полотенце. – Напрасно поторопились: я только хотел дать вам трубочку, через которую вы могли бы пить из этой капли, не принимая холодной ванны.

Да, не легко привыкнуть ко всем неожиданностям этого странного мира, в котором ни одна вещь ничего не весит и никуда не падает, – мира, где суп не выливается из опрокинутой тарелки, где тело ваше носится в воздухе, как пушинка, где нельзя даже глотнуть воды по-человечески.



Астронавт НАСА Сандра Холл Магнус, прибывшая на МКС 16 июля 2011 г. с экспедицией шаттла «Атлантис» (STS-135), проводит наблюдения в модуле МКС «Купол». Она так же участвовала в полетах шаттла «Атлантис» STS-112, «Индевор» STS-126, «Дискавери» STS-119. Входила в 18-й долговременный экипаж МКС. С. Магнус имеет ученые степени бакалавра физики (1986) и магистра электротехники (1990) Миссурийского Университета в городе Ролла, доктора наук в Школе материаловедения и машиностроения (1996) Технологического института Джорджии.



Астронавты Роберт Курбим (НАСА, США) и Кристер Фуглесанг (ЕКА, Швеция) работают в открытом космосе в рамках миссии «Спейс Шаттл». Главной задачей выхода была установка сегмента ферменной конструкции Р5 на МКС, которая была доставлена на орбиту космическим челноком «Дискавери» (STS-116).

Вы начинаете опасаться, что в этом мире невозможно будет ни пить, ни есть: проглоченный кусок не дойдет до желудка, остановится на полпути, раз он ничего не весит. Но бояться этого нечего: пища опускается изо рта в желудок вовсе не силою тяжести: она проталкивается туда стенками пищевода. Будь иначе, как могли бы пить воду животные с длинной шеей, например жирафа, которая, когда пьет? опускает голову ниже своего желудка? В цирке мы видим гимнастов, которые пьют воду через трубку, стоя на руках вниз головой. Здесь нет обмана: каждый глоток проталкивается в желудок схватками стенок пищевода.

Время путешествия тянется однообразно. Часы проходят за часами, но день не сменяется ночью. Солнце без устали льет яркие лучи сквозь стеклянные окна каюты и так согревает комнату, что не приходится вообще пускать в дело электрическое отопление. Напротив, становится чересчур жарко, и надо позаботиться об охлаждении каюты. Пилот берет сосуд с жидким кислородом и разбрызгивает его в кабине. Страшно холодная жидкость заметно освежает помещение и, испаряясь, подбавляет в нем кислорода.

Вы подходите к окошечку каюты, чтобы взглянуть на то, что делается за бортом небесного корабля. Странное дело: солнце ярко сияет, а небо черно, как в самую темную южную ночь, и на нем во множестве выступают яркие звезды. Так и должно быть: голубой цвет неба на земле зависит только от воздуха; где воздуха нет, там небо черно. Кругом корабля вовсе нет воздуха, оттого небо так черно. Причиной того, что звезды на земле не видны днем, также является воздух: его частицы всюду рассеивают солнечные лучи, которые перебивают сла-

бый свет звезд. Вокруг небесного корабля нет этой сияющей воздушной завесы, и оттого звезды светят там при полном блеске солнца.

Если хотите полюбоваться видом неба не из окошка, а на воле, можете покинуть корабль и совершить прогулку в пространстве. Вы удивлены? Бойтесь, что упадете в бездну, что задохнетесь от отсутствия воздуха и, вдобавок, замерзнете на страшном морозе, который вечно стоит в мировом пространстве? Страхи ваши напрасны: не случится ни того, ни другого, ни третьего.

Во-первых, вы никуда не упадете, потому что вы брошены в пространство вместе с кораблем и будете все время двигаться с ним, находитесь ли внутри его или выбрались наружу. Чтобы вернуться без хлопот обратно на корабль, вам придется только, покидая его, привязаться к нему на проволоке: хватаясь за нее, подтянете себя к кораблю. Как видите, с этой стороны вам ничто не угрожает.

Во-вторых, вы не задохнетесь, потому что будете одеты в особый костюм, надутый воздухом, да еще будете иметь запас сжатого воздуха в ранце за вашей спиной.

И, в-третьих, не замерзнете, потому что солнце своими лучами будет согревать вас в вашем костюме, как согревало до сих пор в кабине. Для большего спокойствия захватите с собою электрические грелки, соединенные проводами с машиной на небесном корабле.

Итак, нечего опасаться прогулки за борт корабля. Надевайте «водолазный» костюм (его бы следовало, пожалуй, назвать «пустолазным»), запасайтесь всем, чем надо, и, осторожно открыв двойные двери каюты, безбоязненно выскальзывайте в мировое пространство. Вы увидите дивное зрелище. Звезды, яркие и многочис-



Пилот лунного модуля экспедиции «Аполлон 11» Эдвин Олдрин распаковывает научное оборудование, доставленное на луну. 20 июля 1969 г. Изображение НАСА.

ленные, окружают вас со всех сторон, светят над головой и под ногами, блистая на черном бархате неба. Они не мигают, как на земном небе, а горят спокойным сиянием: где нет воздуха, там не может быть и мерцания.

Среди звездной пыли, усеивающей черное небо, сияет нестерпимо яркое солнце. Оно не похоже на то солнце, которое вы видели на земном небе. Оно не желтоватое, а ослепительно белое с синеватым отливом. Его окружает жемчужное сияние. Это наружная оболочка солнца, его «корона», которая обычно с земли не видна сквозь толщу сияющего воздуха; ее удастся видеть с земли только во время полного солнечного затмения.

Видна на небе и луна, в форме полукруга. Она заметно крупнее, чем при взгляде с земли. Понятно, почему: мы уже намного ближе к ней после долгих часов небесного путешествия.

Кроме луны, на небе сияет еще одно большое светило, тоже в виде полукруга, но обращенного выпуклостью в противоположную сторону, чем луна. Оно занимает больше места, чем солнце и луна. Что это за новое светило? Почему вы никогда не видели его с земли? Причина понятна: вы сами жили на нем и, разумеется, не могли видеть его на небе. Ну, конечно, ведь это земной шар, который вы покинули! Он сияет, залитый солнцем, как все другие планеты, только кажется крупнее их, потому что вы недостаточно еще от него удали-

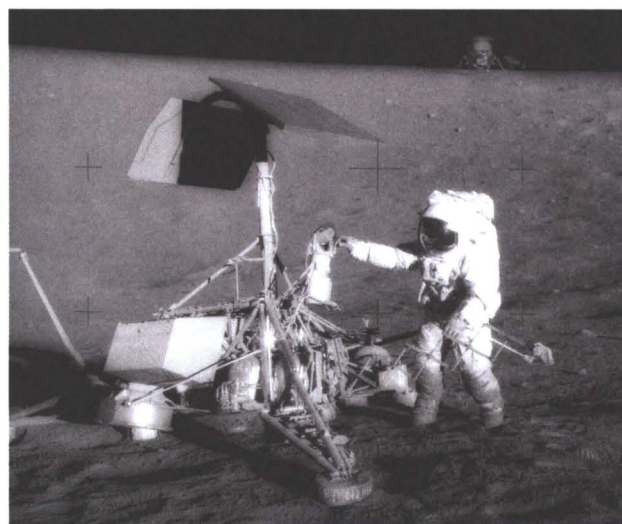


Лунные кольцевые горы, рассматриваемые вблизи. Из-за отсутствия воздуха на луне тени там очень резки, небо черно, и на нем среди дня видно множество звезд.

лись. Собственными глазами убеждаетесь вы, что земля, на которой живут люди, тоже небесное светило и что, в сущности, все мы живем на небе.

У вас кружится голова, когда вы окидываете восхищенным взором этот безграничный простор вселенной, великую картину мироздания. Утомленные новизною зрелища, вы спешите вернуться в кабину, чтобы отвлечься мыслям о земле, о небе, о вашем необычайном путешествии.

Здесь приходит вам на ум вопрос: почему, когда вы совершали прогулку «за борт», вам казалось, что небесный корабль направляется вовсе не к луне, а куда-то в сторону? Он и в самом деле летит не туда, где сейчас находится луна. Не забудьте, что ваш перелет в один конец должен длиться шесть суток, а за этот срок луна успеет обойти чуть не четверть неба. Место, где она должна очутиться спустя шесть суток после вашего отлета, в точности рассчитано. Туда-то и направляется корабль. Сейчас луны там еще нет, но она не опоздает явиться вовремя.

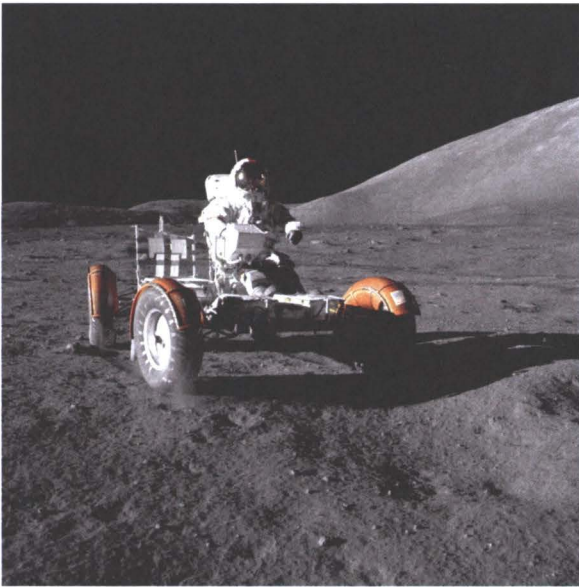


Ракетный путешественник на лунной почве. Так как на луне нет воздуха, то, покидая ракетный корабль, необходимо надеть на себя особый костюм наподобие водолазного.

На снимке командир экспедиции «Аполло 12» Чарльз Конрад демонтирует телекамеру КА «Surveyor 3», который был запущен на луну как спускаемый исследовательский аппарат. «Сервейер-3» прилунился 17 апреля 1967 г. Астронавты Чарльз Конрад и Алан Бин сняли с него в общей сложности около 10 кг деталей. Эти предметы были возвращены на Землю для исследований. На заднем плане виден лунный модуль «Интрепид». 20 ноября 1969 г.

Луна становится крупнее. Она растет на ваших глазах, и вы уже хорошо различаете на ней простым глазом такие подробности, какие с земли видны только в хороший бинокль.

Примерно после ста часов полета капитан небесного корабля объявляет вам, что вы наконец достигли «перевального пункта путешествия», как он выражается. Корабль пролетел девять десятых пути и находится теперь на той невидимой границе, где притяжение могучей земли уравнивается притяжением маленькой луны. Здесь словно кончается власть земли и начинается власть луны. С этого времени вы больше не летите на луну, вы на нее падаете – сначала медленно, потом быстрее и быстрее. Через тридцать часов такого падения вы очутитесь на ее поверхности.



Командир экспедиции «Аполлон 17» Юджин Сернан во время первой пробной поездки на лунном автомобиле «Лунный Ровер» № 3 в районе посадки лунного модуля «Челленджер». 11 декабря 1972 г. Изображение НАСА.

Итак, вы уже вступили в мир, управляемый луной, хотя вас отделяет от нее еще сорок тысяч километров. Огромный круг луны занимает теперь на небе в сто раз больше места, чем при взгляде с земли. Простым глазом видите вы кольцевые горы и равнины этого загадочного мира. С каждым часом подлетаете вы к луне все ближе и ближе, мчитесь быстрее и быстрее.

Если падение будет так продолжаться, то корабль, ударившись о лунную почву, разобьется вдребезги. Удар не будет даже смягчен воздушной подушкой: вокруг луны нет атмосферы. Поэтому, когда ракетный корабль достаточно приблизится к луне, пилот примет меры, чтобы ослабить губительную быстроту падения. Что же он сделает? Он повернет корабль ракетой к луне и снова начнет сжигать горючее: газ будет вытекать в сторону луны, и оттого скорость корабля станет уменьшаться. Короче сказать, пилот поступает так же, как машинист паровоза, когда дает «контр-пар». Так постепенно уничтожится почти без остатка вся скорость корабля, и он плавно, без толчка, сядет на лунную почву.



Солнечное затмение на луне. Солнце прячется позади земного шара. Наша земля висит в лунном небе в виде круга, поперечник которого больше солнечного в четыре раза.

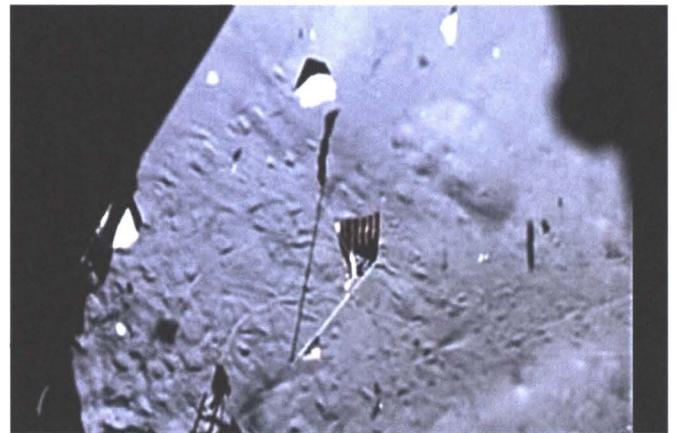
Наконец этот момент наступил. Спуск, прошел благополучно, и корабль лег на почву луны. Вы и летчик надеваете на себя «водолазные» костюмы и не без волнения покидаете кабину, чтобы ступить ногой в новый, неведомый мир.

58. Прогулка по луне

Первые же шаги по луне вызывают ваше удивление. Хотя вы не летите больше в небесном пространстве, а стоите обеими ногами на твердой почве, тело ваше и тут заметно легче, чем было на земле. Вы почувствуете, что потеряли на луне значительную часть вашего веса. Малейшее усилие вызывает последствия, которых вы никак не ждали. Каждый шаг переносит вас на полдюжины земных шагов; легкий прыжок поднимает ваше тело на два-три метра над почвой. Если на земле вы могли с разбега перепрыгнуть через канаву в три метра шириной, то на луне вы, разбежавшись, переноситесь через ущелье в восемнадцать метров.

Не оттого ли стали вы здесь так легки, что костюм ваш надут воздухом? Конечно, нет: на луне нет атмосферы, и даже самая легкая вещь падает здесь вниз совершенно так же, как и самая грузная.

В пустоте все вещи падают с одинаковой скоростью – таков закон природы. Причина легкости совсем в другом, а именно в том, что на луне тяжесть в шесть раз меньше, чем на земле. Это позволяет вам делать в

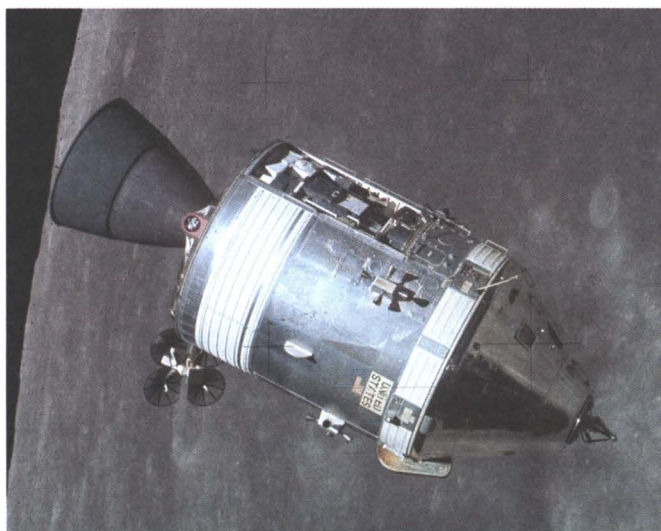


Момент старта с луны взлетной ступени лунного модуля «Eagle» миссии «Apollo 11».

лунном мире такие высокие и длинные прыжки, каких на земле не сделает ни один гимнаст, и поднимать руками такие большие грузы, какие не сдвинет на земле ни один силач.

Вы вглядываетесь в лунную почву, и вас поражает ее темный цвет. Вы ожидали, что почва на луне белая, как известь. Но ученые знают, что лунная почва не может быть белой; они исследовали лунный свет и убедились, что поверхность луны должна отбрасывать падающие на нее солнечные лучи примерно так же, как лесная почва. Установлено, что из всего света, падающего на почву луны, она отбрасывает всего только четырнадцатую долю.

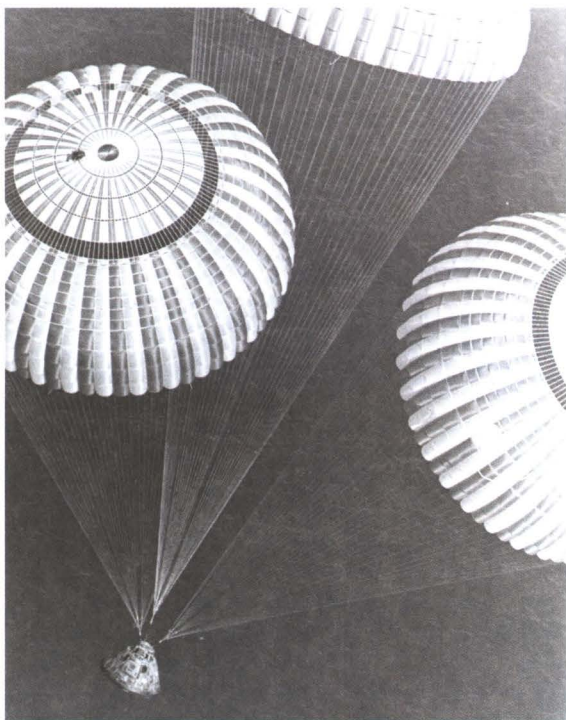
Однако, спросите вы, если луна вовсе не белая, а темно-серая, то почему же так ярко светит она ночью? Потому, что она все же недостаточно черна: ведь четыр-



Командно-служебный модуль корабля «Apollo 11». В заключительной фазе полета его маршевый двигатель, проработав 2 мин. 28 сек., обеспечил необходимый для возвращения на землю разгон командного модуля – спускаемого аппарата с астронавтами.

надцатую долю света она отбрасывает, посылает к земле. Даже черный бархат, залитый солнечными лучами, сиял бы на ночном небе белым светом и казался бы нам ярким по сравнению с темнотою ночи. Вспомните, как ярко выделяется ночью на окраине какой-нибудь почерневший забор, когда его озарит случайно сноп света от автомобильного фонаря.

Скоро вы начинаете ощущать, что на луне днем очень жарко. Солнце с луны кажется не больше, чем с земли, но зато оно жжет здесь непрерывно длинный ряд суток, оттого почва накаляется так, что жар ее не-



Командный модуль «Columbia» миссии «Apollo 11» пройдя через атмосферу Земли, опускается на парашютах в акваторию Тихого океана, где его уже ожидал авианосец ВМФ США «Хорнет». Снимок с вертолета. 24 июля 1969 г.

стерпим для ног. Скорее спрячьтесь в тень ближайшей горы. Вот где прохладно, даже, пожалуй, чересчур прохладно.

Сидя в тени, вы оглядываете небо – лунное небо. Вид его так же необычен, как и вид неба с ракетного корабля. При ярком сиянии солнца небо и здесь совершенно черно и в изобилии осыпано звездами. Наша земля сияет на лунном небе в виде очень яркого круга, поперечник которого раза в четыре больше, чем круг луны на земном небе. И светит земля ярче, чем луна: ее атмосфера отбрасывает больше солнечного света, чем темная почва луны.

Но что это? День начинает меркнуть. Неужели солнце заходит? Нет, оно еще высоко в небе, но прячется позади земли: начинается солнечное затмение на луне. Волшебное зрелище! Земля на небе окружается кроваво-красной каймой: такой вид имеет наша атмосфера, когда она озаряется сзади лучами солнца. Вы достаточ-



Командный модуль «Columbia» миссии «Apollo 11» после приводнения. Военно-морские аквалангисты подвели под спускаемый модуль надувной понтон и готовят модуль к открытию входного люка. Перед этим, модуль, приводнившийся днищем вверх, был поставлен в нормальное положение с помощью трех надувных шаров. 24 июля 1969 г.

но уже остыли от прежнего зноя, более чем достаточно. Вам стало холодно в тени лунной горы. Хочется снова согреться, подвигаться, и вы предпринимаете экскурсию на лунную гору. Подъем очень легок – не только потому, что тело ваше теперь вшестеро меньше весит, но и потому, что склон горы не крут. Лунные горы не крутые, – напротив, очень пологие. Кажутся же они с земли в трубу крутыми лишь благодаря тому, что из-за отсутствия воздуха на луне отбрасывают от себя очень резкие тени.

Вы добрались до гребня горы; дальше идет спуск в котловину, спуск заметно более крутой. Ваша гора оказывается кольцевой, как и большинство лунных гор.

59. Возвращение

Больше, пожалуй, я не могу ничего рассказать из впечатлений вашей будущей поездки на луну. Описать все, что вы увидите, когда будете на самом деле бродить по лунной почве, я не в состоянии по очень простой причине: я не знаю этого. Чтобы все рассказать,

надо раньше самому совершить такой перелет. А так как измышлять я не хочу, то делаю здесь пропуск и пе-



Первые земляне, побывавшие на другом космическом теле. Экипаж космического корабля «Аполлон-11» в составе (слева направо): командир корабля Нил Армстронг, пилот командного модуля Майкл Коллинз, пилот Эдвин Олдрин.

рехожу сразу к тому моменту, когда вы собрались в обратный путь на землю.

Вы тщательно укладываете сделанные вами снимки лунных видов (отправляясь в путь, вы, конечно, захватили с собою фотографический аппарат), а также собранные вами образчики лунной природы. Когда вернетесь домой, вы составите из этого материала «лунную коллекцию», которая украсит собою витрину вашего городского или колхозного музея. Со всем этим драгоценным имуществом, о котором ученые могут сейчас только мечтать, забираетесь вы в кабину небесного корабля, чтобы пуститься в обратное путешествие на родную землю.

Опять начинается сжигание топлива в ракете, и корабль снимается с места. Он устремляется к небу на этот раз не с той огромной скоростью, с какой покидал землю. Скорость одиннадцать километров в секунду здесь не нужна. При отлете с луны корабль должен иметь лишь такую скорость, которая могла бы донести его до «перевального пункта», т. е. подняться против слабого притяжения луны всего на сорок тысяч километров. А для этого достаточно скорость двух с половиною километров в секунду. За «перевальным пунктом» корабль вступит в область притяжения земли и начнет падать на нее. Потому-то достаточно отлететь от луны с такою небольшою скоростью, которая, однако, вдвое больше скорости снаряда самой сильной пушки.

Когда горение в ракете кончится, т. е. через несколько секунд, вы снова потеряете ваш вес и снова окажетесь в маленьком, но необычайном мире, где ничто ничего не весит. Спустя шесть земных суток вы подлетите к земному шару.

Остается спуститься на землю. Это гораздо хлопотливее, чем спуститься на луну. К земле небесный корабль подлетит с такой огромной скоростью (11 км в секунду), о какую опасно не только удариться о почву или

о воду, но даже погрузиться в земную атмосферу. Уничтожение этой скорости «контр-паром», т. е. обратным ходом ракетного корабля, потребовало бы чересчур большого расхода горючего. Поэтому пилот прибегает при спуске на землю к довольно сложному маневру. Он направляет корабль так, чтобы сначала только чуть задеть самую крайнюю, очень разреженную верхушку земной атмосферы. Этот слабый воздушный тормоз немного уменьшит скорость корабля, и путь ракеты слегка пригнет к земле. Пилот так рассчитал угол и глубину погружения в атмосферу, что изгиб пути заставит корабль описать вокруг земли широкую петлю, которая снова приведет ракету в тесное соседство с землей. На этот раз корабль погрузится уже немного глубже в атмосферу, опишет вторую, менее широкую петлю, в третий раз врежется в воздушную оболочку земли, потом в четвертый, в пятый, в шестой раз, погружаясь глубже и глубже, все уменьшая свою скорость. После седьмой петли скорость корабля будет уже настолько мала, что он сможет безопасно соскользнуть (спланировать) на землю, а еще лучше – на воду¹.

Вот каким сложным путем очутитесь вы на родной земле. Перелет на луну и обратно кончится.



Слева направо: Эдвин Олдрин, Майкл Коллинз, Нил Армстронг и Барак Обама в Овальном кабинете Белого дома 20 июля 2009 г. во время церемонии празднования 40-летия полета миссии «Аполлон-11» и вручения астронавтам высшей гражданской награды страны – Золотой медали Конгресса США.

Так или примерно так будут со временем происходить перелеты на луну и обратно. Если вам доведется самим совершить подобное путешествие, вспомните тогда о тех тружениках, которые смелым полетом мысли и упорной работой подготовили эту удивительную победу человеческого ума над силами природы.

¹ На самом деле спуск командного модуля космического корабля «Аполлон 11» от момента вхождения в атмосферу земли до момента приводнения занял всего 15 мин. (Прим. ред.).



60. Планеты при дневном свете

Можно ли днем, при ярком сиянии Солнца видеть планеты? В телескоп – безусловно: астрономы нередко производят наблюдения над планетами днем, различая их в трубы даже средней силы, правда, не так отчетливо, как ночью. В трубу, диаметр наружного конца которой 10 см, можно днем не только видеть Юпитер, но и различать на нем характерные полосы. Свои классические наблюдения Меркурия итальянский астроном Скиапарелли производил преимущественно днем – тогда планета стоит высоко над горизонтом, после же захода Солнца Меркурий бывает виден так низко на небе, что земная атмосфера заметно искажает телескопическое изображение.

При благоприятных условиях планеты доступны днем и невооруженному глазу.

Особенно часто удается наблюдать на дневном небе самую яркую из планет – Венеру, конечно, в пору наибольшей ее яркости. Известен рассказ Араго о Наполеоне I, который во время своего парадного следования по улицам Парижа был обижен тем, что толпа, пораженная появлением Венеры в полдень, уделяла больше внимания этой планете, чем его высокой особе.

С улиц больших городов Венера в дневные часы видна даже чаще, чем с открытых мест: высокие дома заслоняют Солнце и тем защищают глаза от ослепляющего действия прямых его лучей. Случаи видимости Венеры днем отмечены и русскими летописцами. Так, новгородская летопись говорит, что в 1331 г. днем «явился на небеси знамение, звезда светла над церковью». Звезда эта (по исследованиям Д. О. Свитского и М. А. Вильева) была Венера.

Наиболее благоприятные эпохи для видимости Венеры в дневное время повторяются каждые 8 лет. Внимательные наблюдатели неба, вероятно, имели случай видеть днем простым глазом не только Венеру, но и Юпитер и даже Меркурий.

Здесь уместно остановиться на вопросе о сравнительной яркости планет. В кругу неспециалистов возникают иногда сомнения: какая планета достигает большей яркости – Венера, Юпитер или Марс? Конечно, если бы они сияли одновременно и размещались рядом, подобного вопроса не возникало бы. Но когда видишь их на небе в разное время порознь, нелегко решить, которая из них ярче. Вот как планеты располагаются в порядке яркости:

Венера	} Ярче Сириуса в несколько раз	Меркурий	{ Слабее Сириуса, но ярче многих звезд первой величины
Марс		Сатурн	
Юпитер			

Мы еще вернемся к этой теме в следующей главе, когда познакомимся с числовой оценкой яркости небесных светил.

61. Планетная азбука

Для обозначения Луны и планет современные астрономы употребляют значки весьма древнего происхождения (рис. 71 и 72). Их начертание требует пояснений, кроме, конечно, знака Луны, понятного самого по себе. Знак Меркурия есть упрощенное изображение жезла мифического бога Меркурия, покровителя этой планеты. Знаком Венеры служит изображение ручного зеркала – эмблемы женственности и красоты, присущих богине Венере. Символом для Марса, покровительствуемого богом войны, выбрано копье, заслоненное щитом, – атрибуты воина. Знак Юпитера не что иное, как начальная буква греческого наименования Юпитера – Zeus (Z – в рукописном шрифте). Знак Сатурна, по толкованию Фламариона, есть искаженное изображение «косы времени» – традиционной принадлежности бога судьбы.

Перечисленные сейчас знаки употребляются с 9 в. Знак Урана, разумеется, более позднего происхождения: планета эта открыта лишь в конце 18 в. Ее знак – кружок с буквой H – должен напоминать нам о великом

Луна	☾
МЕРКУРИЙ	☿
ВЕНЕРА	♀
МАРС	♂
ЮПИТЕР	♃
САТУРН	♄
УРАН	♅
НЕПТУН	♆
ПЛУТОН	♇

Гершеле (Herschel), которому мы обязаны открытием Урана. Знак Нептуна (планеты, открытой в 1846 г.) отдает дань мифологии изображением трезубца бога морей. Знак для недавно открытой последней планеты, Плутона, понятен сам собой¹.

К этой планетной азбуке надо еще присоединить знак той планеты, на которой мы живем, а также знак центрального светила нашей системы – Солнца. Этот последний знак – самый древний, потому что был в употреблении у египтян еще тысячелетия назад.

Многим покажется, вероятно, странным, что теми же значками планетной азбуки западные астрономы обозначают дни недели, а именно:

воскресенье – знаком Солнца
понедельник – Луны
вторник – Марса
среду – Меркурия
четверг – Юпитера
пятницу – Венеры
субботу – Сатурна.

Неожиданное сближение это станет естественным, если сопоставим знаки планет не с русскими, а с латинскими или с французскими названиями дней недели, сохранившими свою связь с наименованиями планет (по-французски: понедельник – lundi – день луны, вторник – mardi – день Марса, и т. д.). Но мы не станем углубляться здесь в эту любопытную область, больше относящуюся к филологии и к истории культуры, чем к астрономии.

Древними алхимиками планетная азбука употреблялась для обозначения металлов, а именно:

Знак Солнца – для золота
знак Луны – серебра
знак Меркурия – ртути
знак Венеры – меди
знак Марса – железа
знак Юпитера – олова
знак Сатурна – свинца.



Рис. 72. Условные значки для Земли и Солнца.

Связь эта объясняется воззрением алхимиков, посвящавших каждый металл одному из древних мифологических божеств.

Наконец, отголоском средневекового почтения к планетным знакам является употребление современными ботаниками и зоологами знаков Марса и Венеры для обозначения мужских и женских экземпляров. Ботаники употребляют также астрономический знак Солнца для обозначения однолетних растений; для двухлетних берется тот же знак, но видоизмененный (с двумя точками в кружке); для многолетних трав – знак Юпитера, для кустарников и деревьев – знак Сатурна.

62. Чего нельзя изобразить

К числу вещей, которых нет никакой возможности изобразить на бумаге, принадлежит точный план нашей солнечной системы. То, что под именем плана солнечной системы приводится в книгах по астрономии, есть чертеж планетных путей, а никак не солнечной системы: самих планет на таких чертежах изобразить нельзя без грубого нарушения масштаба.

Солнечная система – невообразимо обширное пространство, в котором затеряно несколько крупинок весомого вещества. Планеты по сравнению с разделяющими их расстояниями так ничтожно малы, что трудно даже составить себе сколько-нибудь правильное представление об этом соотношении. Мы облегчим работу воображения, если обратимся к уменьшенному подобию планетной системы. Тогда станет ясно и то, почему нет возможности представить солнечную систему ни на каком чертеже.

Изберем для земного шара самую скромную величину – булавочную головку: пусть Земля изображается шариком около 1 мм поперечником. Точнее говоря, мы будем пользоваться масштабом примерно 15 000 км в 1 мм, или 1 : 15 000 000 000. Луну в виде крупинки в ¼ мм диаметром надо будет поместить в 3 см от булавочной головки. Солнце величиной с мяч или крокетный шар (10 см) должно отстоять на 10 м от Земли. Мяч, помещенный в одном углу просторной комнаты, и булавочная головка в другом – вот подобие того, что представляют собой в мировом пространстве Солнце и Земля. Вы видите, что здесь в самом деле гораздо больше пустоты, чем вещества. Правда, между Солнцем и Землей есть две планеты – Меркурий и Венера, но они мало способствуют заполнению пространства; в нашей комнате прибавятся лишь две крупинки: одна в ½ мм поперечником (Меркурий) на расстоянии 4 м от мяча-Солнца, и вторая – с булавочную головку (Венера) – в 7 м от мяча.

Но будут еще крупинки вещества по другую сторону от Земли. В 16 м от мяча-Солнца кружится Марс – крупинка в ½ мм поперечником. Каждые 15 лет обе крупинки, Земля и Марс, сближаются до 4 м; так выглядит здесь кратчайшее расстояние между двумя мирами. У Марса – два спутника, но изобразить их в нашей модели невозможно: в принятом масштабе им следовало бы придать размеры бактерий! Почти столь же ничтожные размеры должны иметь в нашей модели астероиды – малые планеты, в числе свыше тысячи кружащиеся между Марсом и Юпитером. Их среднее расстояние от Солнца в нашей модели – 28 м. Наибо-

¹ Первоначально, после его открытия 18 февраля 1930 г. американским астрономом Клодом Тамбо, Плутон считался планетой. Затем 24 августа 2006 г. он был переклассифицирован в карликовую планету. И, наконец, 7 сентября 2006 года Международным астрономическим союзом (МАС) дополнительно включил Плутон в каталог малых планет, присвоив ему номер 134340 (прим. ред.).

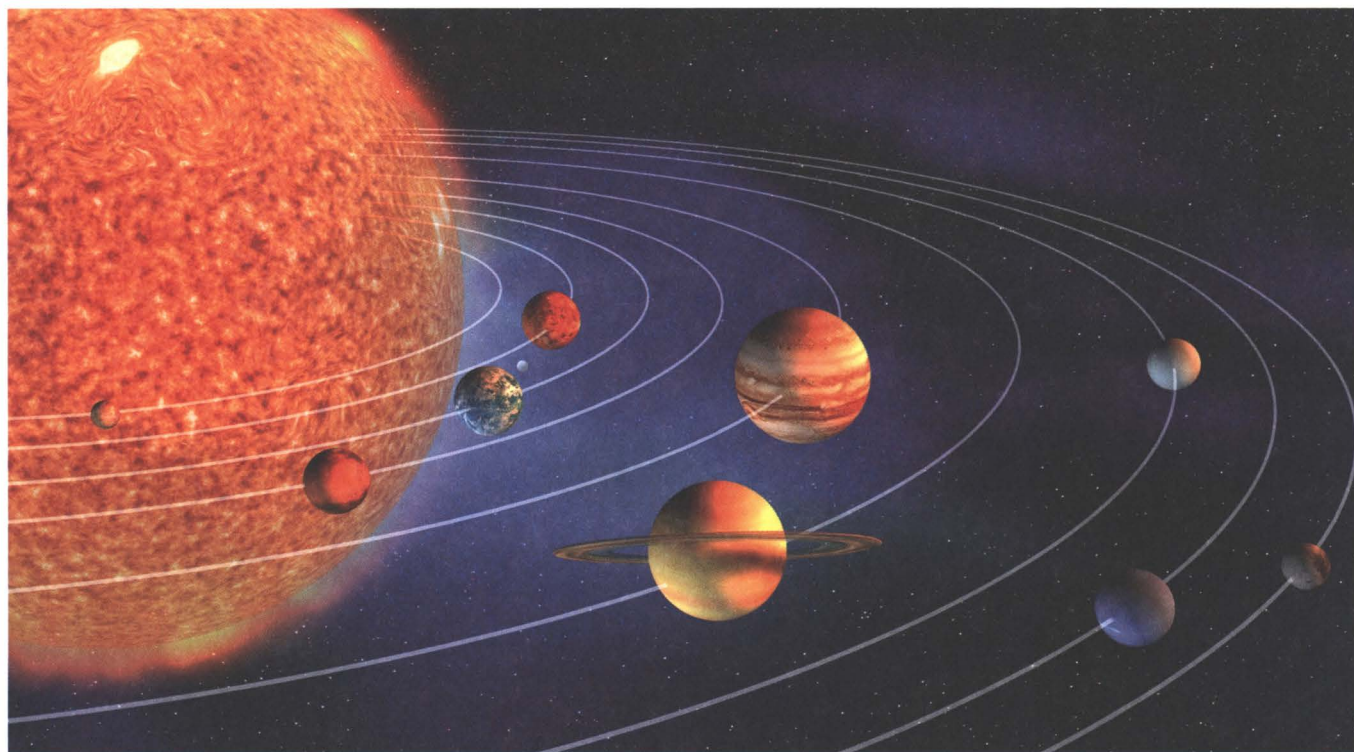


Рис. 73. Сравнительные размеры планет и Солнца. Вся орбита Луны могла бы поместиться внутри солнечного шара.

лее крупные из них имеют (в модели) толщину волоса ($\frac{1}{20}$ мм), мельчайшие же – величиной с бактерию.

Исполин-Юпитер будет представлен у нас шариком величиной с орех (1 см) в 52 м от мяча-Солнца. Вокруг него на расстоянии 3, 4, 7 и 12 см кружатся самые крупные из 9 его спутников. Размеры этих больших лун – около $\frac{1}{2}$ мм, остальные представляются в модели опять-таки бактериями. Наиболее удаленный из его спутников, IX¹, пришлось бы поместить в 2 м от ореха-Юпитера. Значит, вся система Юпитера имеет у нас 4 м в поперечнике. Это очень много, по сравнению с системой Земля–Луна (поперечник 6 см), но довольно скромно, если сопоставить такие размеры с шириной орбиты Юпитера (104 м) на нашей модели.

Уже и теперь очевидно, насколько безнадежны попытки уместить план солнечной системы на одном чертеже. Невозможность эта станет в дальнейшем еще убедительнее. Планету Сатурн пришлось бы поместить в 100 м от мяча-Солнца в виде орешка 8 мм поперечником. Прославленные кольца Сатурна, шириною 4 мм и толщиною $\frac{1}{250}$ мм, будут находиться в 1 мм от поверхности орешка. 9 спутников разбросаны вокруг планеты на протяжении $\frac{1}{2}$ м в виде крупинки в $\frac{1}{10}$ мм и менее.

Пустыни, разделяющие планеты, прогрессивно увеличиваются с приближением к окраинам системы. Уран в нашей модели отброшен на 196 м от Солнца: это – горошина в 3 мм поперечником с 4 пылинками-спутниками, разбросанными на расстоянии до 4 см от центральной крупинки.

В 300 м от центрального крокетного шара медленно совершает свой путь планета, еще недавно считавшаяся последней в нашей системе, – Нептун: горо-

шина с единственным спутником (Тритоном), в 3 см от нее².

Еще далее обращается новооткрытая небольшая планета – Плутон, расстояние которой в нашей модели выразится 400 м, а поперечник раза в два меньше земного.

Но и орбиту этой последней планеты нельзя считать границей нашей солнечной системы. Кроме планет к ней принадлежат ведь и кометы, многие из которых движутся по замкнутым путям около Солнца. Среди этих «волосатых звезд» (подлинное значение слова «комета») есть ряд таких, период обращения которых доходит до 800 лет. Это кометы 372 г. до нашей эры, 1106, 1668, 1680, 1843, 1880, 1882 (две кометы) и 1887 гг. Путь каждой из них на модели изобразился бы вытянутым эллипсом, один конец которого, ближайший (перигелий), расположен всего в 12 мм от Солнца, а дальнейший (афелий) – в 1700 м от него, в 4 раза далее Плутона. Если исчислить размеры солнечной системы по этим кометам, то наша модель вырастет до $3\frac{1}{2}$ км в поперечнике и займет площадь 9 км² – при величине Земли, не забудьте, с булавочную головку! На этих 9 км² помещается такой инвентарь:

- 1 крокетный шар,
- 2 орешка,
- 2 горошины,
- 2 булавочные головки,
- 2 крупинки помельче.

Вещество комет – как бы они ни были многочисленны – в расчет не принимается: их масса так мала, что они справедливо названы «видимым ничто».

¹ В настоящее время известны 67 спутников Юпитера (прим. ред.).

² В настоящее время известны 14 спутников Нептуна (прим. ред.).

Итак, наша планетная система не поддается изображению на чертеже в правильном масштабе.

63. Меркурий – мир величайших крайностей.

Насколько легко разыскать на небе Венеру простым глазом, настолько же трудно увидеть ее соседа – Меркурия, кружащегося внутри ее орбиты. При наблюдении с Земли эта ближайшая к Солнцу планета всегда занимает в небе положение, близкое к дневному светилу, почти скрываясь в его ослепляющих лучах. Меркурий сопутствует Солнцу в его (кажущемся) суточном движении по небу; лишь за 1 – 1½ часа до восхода Солнца, или спустя столько же после его захода, бывает он иногда виден в лучах зари на утреннем или вечернем небосклоне. Такие периоды видимости Меркурия, повторяющиеся всего трижды в год, длятся каждый около недели: Возможно, что вам даже приходилось случайно видеть его низко над землей, не подозревая, что яркая звезда, спешащая скрыться под горизонт, и есть Меркурий. В таком случае вы счастливее самого Коперника, которому за всю жизнь ни разу не удалось видеть это неуловимое светило в тех широтах, где он жил (в северной Германии). Только в южных странах, где сумерки коротки и ночь быстро сменяет день, легко наблюдать Меркурий простым глазом. Вот почему эта планета, почти неуловимая у нас, была еще в древности замечена в Вавилоне, Египте, Греции.

Меркурий быстрее всех других планет мчится по своей маленькой орбите, обегая ее кругом в 88 дней. Его путь вокруг Солнца довольно резко отличается от кру-

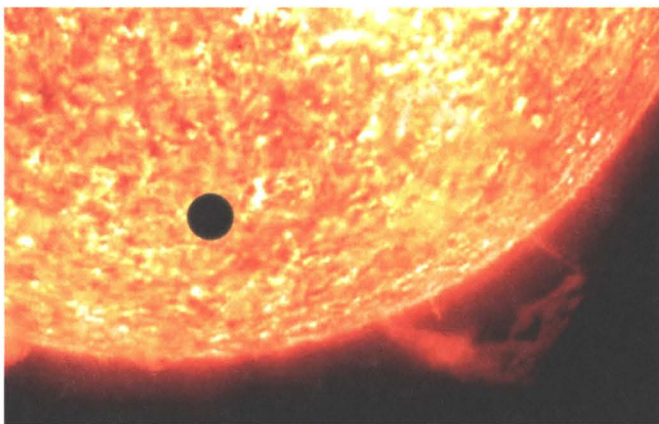


Величина Меркурия по сравнению с размерами земных материков. Если бы Меркурий упал на Землю, он мог бы поместиться в Атлантическом океане, между Америкой и Африкой.

га; это – овал, настолько вытянутый, что за время своего краткого года Меркурий бывает удален от Солнца то на 70 миллионов километров, то всего на 46 милл. километров. Значит, в одних частях своей орбиты Меркурий почти в 1½ раза ближе к Солнцу, чем в других! Солнце должно казаться с Меркурия огромным пылающим диском, площадь которого в 5 – 10 раз больше, чем на земном небе.

Сам же Меркурий, по сравнению с Землей, очень маленький шар: поперечник его почти вдвое меньше земного, и из нашей планеты можно было бы сделать 20 таких шаров, как Меркурий. Если бы поместить его на место нашей Луны, то, пожалуй, мы не сразу заметили бы такую перемену: диск его казался бы всего на ¼

шире лунного. А если бы этот ближайший к Солнцу мир упал на Землю, то мог бы целиком поместиться в Атлантическом океане, втиснутый между Европой и Северной Америкой.



Прохождение Меркурия по солнечному диску во время затмения.

Маленький Меркурий, по-видимому, лишен атмосферы¹, и скорее походит в этом отношении на нашу Луну, нежели на Землю или Венеру. Ни одно облачко на небе Меркурия не застилает от нас его «лица». И все же астрономы почти ничего не знают об устройстве его поверхности: чрезвычайно трудно наблюдать и изучать эту планету, всегда прячущуюся в солнечных лучах и в пору наибольшей близости к Земле отворачивающую от нас свою освещенную половину.

По мнению лучших наблюдателей, на Меркурии нет того чередования дней и ночей, к которому мы так привыкли на Земле. Неизменно обращен он одной и той же стороной к Солнцу, а другой – к мраку и холоду межзвездного пространства. Вечное сияние горячего Солнца на одной стороне и непрерывная, испокон веков длящаяся ночь на другой – вот резкие крайности, удивительным образом сочетавшиеся в этом мире. На светлой, солнечной стороне должен вечно господствовать невообразимый зной в 200 – 300 градусов, не удерживаемый ни ветрами, ни облаками. Солнце не восходит здесь и не заходит: огромным пылающим диском висит оно почти неподвижно² на черном звездном небе (ибо где нет атмосферы, там нет и светлого, затмевающего звезды небесного купола) и беспощадно льет свои горячие лучи на сухую, жадную, накаленную почву. Такова одна половина планеты – дневная. На противоположной, ночной стороне, наоборот, вечно стоит страшный мороз в 200 и более градусов; в течение миллионов лет ни один луч Солнца не проникал в это царство вечно-го холода. Согласно законам физики, на этой холодной стороне давно должна была собраться и замерзнуть га-

¹ В настоящее время по данным, полученным от американских космических аппаратов «Маринер-10» (1974-1975 гг.) и «Мессенджер» (2011-2015 гг.) известно, что на Меркурии есть крайне разреженная атмосфера, состоящая преимущественно из гелия (прим. ред.).

² Вследствие вытянутости орбиты Меркурия, Солнце на его небе не остается вполне неподвижным для каждой точки его дневной поверхности, а совершает в течение «года» (т. е. 88-дневного периода) боковые колебания по дуге в 47°.

зобразная оболочка всей планеты; неудивительно, что Меркурий лишен атмосферы.

Правда, на границе дневной и ночной областей этой планеты расположены промежуточные полосы (шириною примерно в $\frac{1}{8}$ окружности), в которых бывает смена дня и ночи – однажды в течении всего 88-дневного «года». Происходит это вследствие того, что орбита Меркурия довольно сильно отличается от круга; она вытянута овалом, и потому при обращении планеты вокруг Солнца, лучи дневного светила как бы заглядывают сбоку в ее ночную половину. Но и в этом своего рода «умеренном» поясе Меркурия должны царить чрезвычайно резкие крайности тепла и холода.

Самое смелое воображение отказывается населить живыми существами этот мир величайших контрастов, в одно и то же время и слишком знойный и чересчур холодный для того, чтобы на нем могла развиваться жизнь. Ближайший сосед живительного Солнца, надо думать, не знает и никогда не знал органической жизни...

Чтобы покончить с описанием Меркурия, нам остается добавить не много. Как и у Венеры, у него нет ни одной луны. Плотность его несколько превышает плотность Земли. Зато тяжесть на его поверхности в $2\frac{1}{2}$ раза слабее, чем у нас: земная гиря в 1 кг весила бы на Меркурии всего 1 фунт! Позднее, описывая Марс, где напряжение тяжести еще слабее, чем на Меркурии, мы подробнее остановимся на любопытных следствиях такой ослабленной тяжести.

64. Почему на Меркурии нет атмосферы?

Какая может быть связь между присутствием на планете атмосферы и продолжительностью ее оборота вокруг оси? Казалось бы, никакой. И все же на примере ближайшей к Солнцу планеты, Меркурия, мы убеждаемся, что в некоторых случаях такая связь существует.

По силе тяжести на своей поверхности Меркурий мог бы удерживать атмосферу такого состава, как земная, хотя и не столь плотную.

Скорость, необходимая для полного преодоления притяжения Меркурия на его поверхности, равна 4 900 м/сек, а этой скорости при невысоких температурах не достигают быстрее из молекул нашей атмосферы¹. И, тем не менее, Меркурий лишен атмосферы. Причина та, что он движется вокруг Солнца наподобие Луны около Земли, т. е. обращен к центральному светилу всегда одной и той же своей стороной. Время обхода орбиты (88 суток) равно времени оборота вокруг оси. Поэтому на одной стороне Меркурия, – той, которая всегда обращена к Солнцу, – непрерывно длится день, и стоит вечное лето; на другой же стороне, отвернутой от Солнца, царит непрерывная ночь и вечная зима. Легко вообразить себе, какой зной должен господствовать на дневной стороне планеты: Солнце здесь в $2\frac{1}{2}$ раза ближе, чем на Земле, и палящая сила его лучей должна возрасти в $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$, т. е. в $6\frac{1}{4}$ раз. На ночную сторону, напротив, в течение миллионов лет не проникал ни один луч Солнца, и там должен господствовать мороз, близ-

кий к холоду мирового пространства² (около – 264°C), так как теплота дневной стороны не может проникать сквозь толщу планеты. А на границе дневной и ночной стороны существует полоса шириною в 23°, куда вследствие либрации³ Солнце заглядывает лишь на время.

При таких необычайных климатических условиях что же должно произойти с атмосферой планеты? Очевидно на ночной половине под влиянием страшного холода атмосфера стухнет в жидкость и замерзнет. Вследствие резкого понижения атмосферного давления, туда устремится газовая оболочка дневной стороны планеты и затвердеет в свою очередь. В итоге вся атмосфера должна в твердом виде собраться на ночной сто-



Меркурий. Фотография НАСА.

роне планеты, вернее в той ее части, куда Солнце вовсе не заглядывает. Таким образом отсутствие на Меркурии атмосферы⁴ является неизбежным следствием физических законов⁵.

² Под условным выражением «температура мирового пространства» физики разумеют ту температуру, которую показал бы в пространстве зачерненный термометр, заслоненный от лучей Солнца. Эта температура несколько выше точки абсолютного нуля (–273°C) вследствие греющего действия звездного излучения. См. Книгу Я. И. Перельмана «Знаете ли вы физику?»

³ О либрации см. очерк «Видимая и невидимая сторона Луны» (гл. II, стр. 30). Для либрации Меркурия по долготе имеет силу то же приближенное правило, которому подчинена Луна: Меркурий постоянно обращен одной и той же стороной не к Солнцу, а к другому фокусу своей довольно вытянутой орбиты.

⁴ У Меркурия обнаружена предельно разреженная атмосфера, давление которой в $5 \cdot 10^{11}$ раз меньше давления земной. Она состоит из водорода, гелия, кислорода, натрия, калия и аргона.

⁵ Это не препятствовало, однако, возникновению недавно среди астрономов оживленного спора о существовании атмосферы Меркурия; спор велся на страницах «Журнала Британской астрономической ассоциации» в продолжении всего 1935 г.

¹ См. гл. II, стр. 33. («Почему на луне нет атмосферы?»)

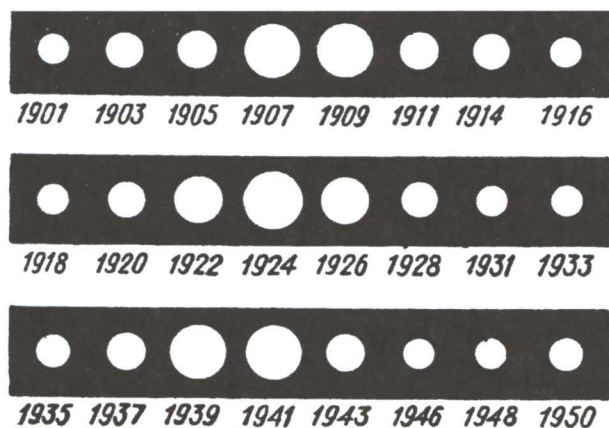


Рис. 74. Изменение видимого диаметра Марса в различные противостояния первой половины XX века. В 1909 г., в 1924 г. и в 1939 г. великие противостояния.

По тем же соображениям, по каким недопустимо существование атмосферы на Меркурии, должны мы отвергнуть и догадку, – нередко высказываемую, будто имеется атмосфера на невидимой стороне Луны. Можно с уверенностью утверждать, что если нет атмосферы на одной стороне Луны, то не может ее быть и на противоположной. В этом пункте погрешает превосходный роман Уэллса «Первые люди на Луне». Романист допускает, что на Луне есть воздух, который в течение сплошной 14-суточной ночи успевает сгуститься и замерзнуть, а с наступлением дня вновь переходит в газообразное состояние, образуя атмосферу. Ничего подобного однако происходить не может. «Если, – писал по этому поводу проф. О. Д. Хвольсон, – на темной стороне Луны воздух затвердевает, то почти весь воздух должен перейти от светлой стороны в темную и там также замерзнуть. Под влиянием солнечных лучей твердый воздух должен пре-

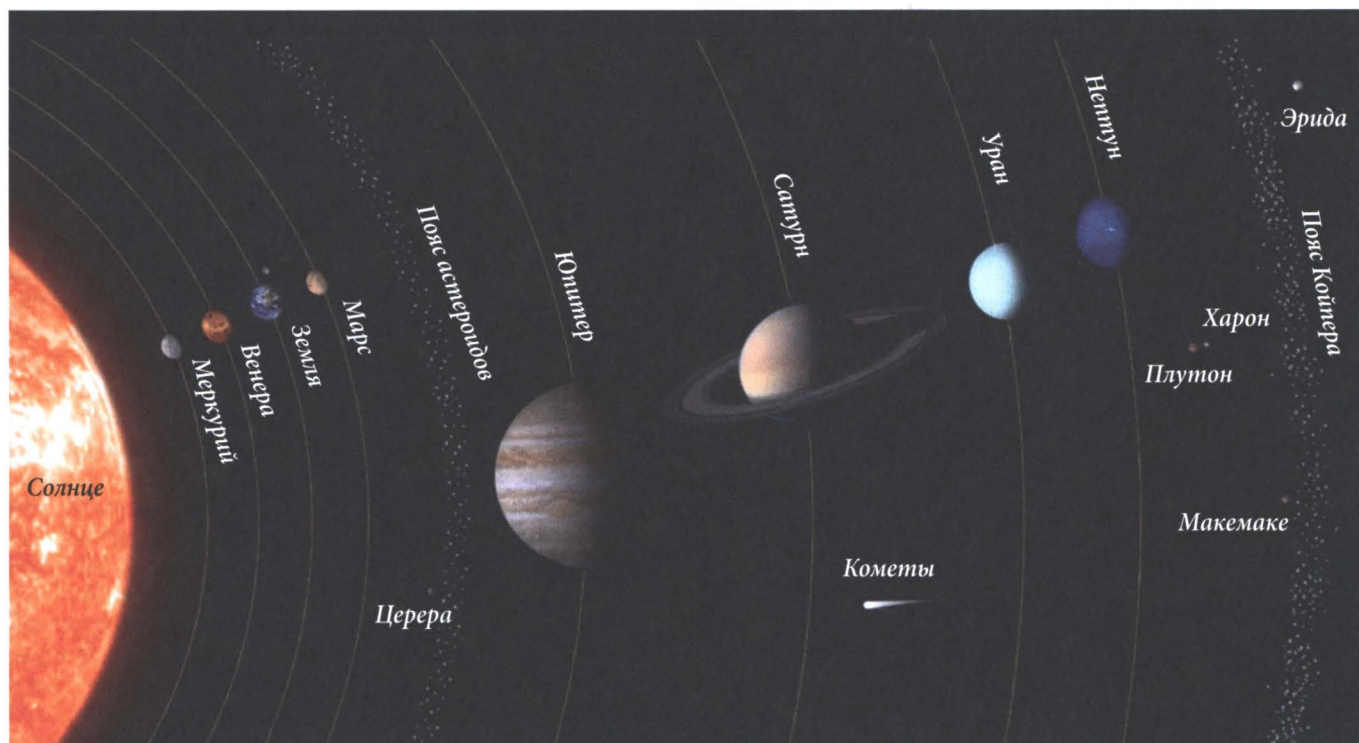
вращаться в газ, который немедленно будет переходить на темную сторону и там затвердевать... Должна происходить непрерывная дистилляция воздуха, и нигде и никогда не может он достигнуть сколько-нибудь заметной упругости».

Если для Меркурия и Луны можно считать доказанным отсутствие атмосферы, то для Венеры, второй от Солнца планеты нашей системы, присутствие атмосферы совершенно несомненно.

Установлено даже, что в атмосфере, – точнее – в стратосфере Венеры, много углекислого газа – в десять тысяч раз больше, чем в земной атмосфере.

65. Венера – мир тропического зноя.

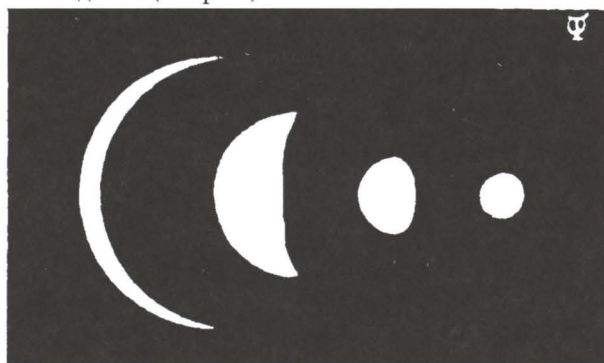
Направившись от Земли к Солнцу, мы прежде всего (см. план) пересекли бы орбиту Венеры, лежащую в 40 млн. км от пути земного шара. Из всех планетных сестер нашей Земли, Венера подходит к нам на самое близкое расстояние (если не считать двух маленьких планетоидов, о которых речь будет впереди). Правда, это «самое близкое» расстояние почти в сто раз больше расстояния Луны от нас, но в глазах астрономов 40 млн. км – еще довольно тесное соседство. Само собою разумеется, что Венера не всегда находится в таком близком с нами соседстве: ее расстояние от Земли меняется в зависимости от положения обеих планет на их орбитах. Когда Земля и Венера расположены по разные стороны от Солнца, взаимное расстояние их значительно больше, чем когда они сходятся по одну сторону от центрального светила. Вот почему расстояние между Землей и ее небесной соседкой колеблется от 41 до 260 млн. км. А соответственно удалению меняется, конечно, яркость и видимые размеры планеты.



План солнечной системы. Масштаб изображения планет и их орбит не соблюден.

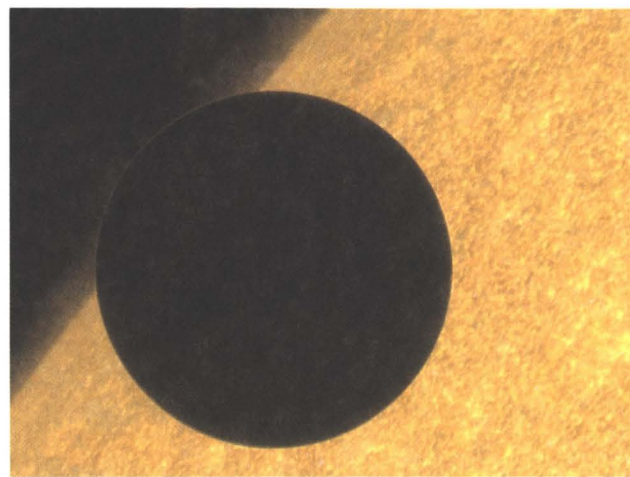
В пору наибольшей яркости Венера сияет на небе очень крупной звездой, которая льет на Землю приятный, спокойный свет и придает неизъяснимую прелесть вечернему ландшафту. «Стало темнеть. Ясная серебряная Венера низко на западе уже сияла из-за березки своим нежным блеском» – читаем мы у Толстого в описании весеннего вечера («Анна Каренина»). Вероятно, и вы не раз любовались по вечерам этой планетой, когда она горит в западной части неба; быть может, вам случалось видеть ее и утром – на восточном небосклоне. Это едва ли не единственная планета, знакомая простолюдинам, которые в северной и средней России зовут ее Утрицей, Зорянкой, Зорницей, а на Украине – Вечерницей. Необычайная яркость Венеры, видимой порою даже днем, не раз порождала курьезные недоразумения; планету принимали за воздушный шар! Таинственные «неприятельские» воздушные шары и аэропланы усматривавшиеся по вечерам невысоко над горизонтом, оказывались во многих случаях ни чем иным, как нашей яркой небесной соседкой...

Если в вашем распоряжении имеется хотя бы самая скромная зрительная труба, то направивши ее на Венеру в пору наибольшего блеска, вы будете поражены странной неожиданностью: планета имеет форму не кружка, а серпа, как у молодого месяца! Глядя на этот светлый серп, мы воочию убеждаемся, что перед нами – небесное тело совсем иной природы, нежели далекие раскаленные солнца-звезды, испускающие свой собственный свет. Как и всякая планета, Венера – шар, сам по себе темный, освещаемый Солнцем лишь на одной половине; и когда эта освещенная половина обращается к нам боком, мы видим только более или менее узкий серп, – остальная, темная часть диска остается для нас невидимой. Вот почему, кружась между Землей и Солнцем, Венера показывает нам те же фазы, что и Луна. Разница лишь в том, что Луна отдалена от нас во всех фазах одинаково; Венера же бывает то ближе, то дальше от нас, и оттого фазы ее резко различаются по величине: узкий серп очень велик по сравнению с первой четвертью, которая в свою очередь заметно больше полного диска (см. рис.).



Главные фазы Венеры. Они видны только в трубу, хотя бы и слабую. Различие в размерах фаз объясняется тем, что Венера удалена от нас не одинаково при различном положении относительно Солнца: в фазе полного диска эта планета на 213 млн. км дальше от нас, нежели в фазе узкого серпа.

Простым глазом мы не замечаем этих поразительных изменений в фигуре Венеры, и до изобретения зрительных труб никто даже не подозревал, что яркая царица звездного неба сияет в форме серпа. Впрочем,



Венера перед краем Солнца. В те редкие моменты, когда Венера – в виде маленького черного кружка – проходит как раз перед солнечным диском, удается при самом вступлении ее на диск различить в телескоп светлое сияние вокруг планеты. Это – атмосфера Венеры, освещенная лучами Солнца. Прохождения Венеры перед солнечным диском случаются очень редко – 16 раз в тысячелетие. Последнее прохождение было в 2012 году; ближайшее предстоит в 2117-м году. Астрономы подстерегают эти моменты, чтобы, в частности, перемерить расстояние между Землей и Солнцем, пользуясь Венерой, как вехой в небесном пространстве.

На снимке, сделанном оптическим телескопом КА «Хинодэ» японского агентства по исследованию космического пространства (JAXA), видна Венера, начинающая свое видимое движение по диску Солнца. В левом верхнем углу снимка видна атмосфера планеты в виде тонкой светящейся границы вокруг ее диска. 5 июня 2012 г.

бывают люди настолько зоркие, что различают фазы Венеры невооруженным глазом. Таким зрением, говорят, обладала мать знаменитого математика Гаусса. Однажды, когда Гаусс показал ей Венеру в телескоп, старушка с изумлением заявила сыну, что в трубе серп Венеры обращен в противоположную сторону, чем при рассматривании простым глазом. Конечно, она не знала, что астрономические трубы дают перевернутые изображения.

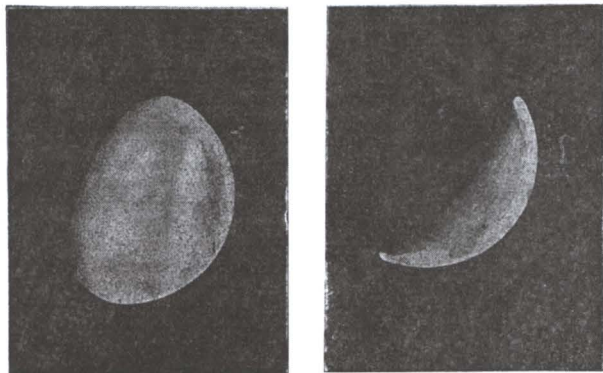
Точные измерения Венеры открыли нам удивительный факт: она не только сестра нашей Земли, но, так сказать, ее небесный близнец, потому что обе планеты почти одинаковой величины. Во всей вселенной не найдется, вероятно, другого мира, который по своим размерам так походил бы на наш собственный. Поперечник Венеры меньше поперечника земного шара всего на несколько сот километров, – разница, конечно, ничтожная по сравнению с диаметром Земли (12 700 км). В этих соседних мирах почти одинаково и напряжение тяжести: земная гиря, перенесенная на Венеру, весила бы лишь на $\frac{1}{10}$ долю меньше.

Но сходна ли Венера с Землей и во всем прочем? Существуют ли в этом далеком мире материки и океаны, горы и долины, воздух и вода? Так же ли сменяются там времена года, чередуются дни и ночи? Есть ли там, наконец, животная и растительная жизнь, или же это – огромная безжизненная глыба мертвой материи?

С такими вопросами приступает астроном к исследованию всякой планеты, но далеко не на все вопросы удастся ему получить ответ из бездн мирового пространства. О Венере мы с достоверностью знаем лишь одно: в этом мире есть атмосфера, которая в полтора-два раза выше и плотнее, чем земная. По современным

данным, полученным с помощью американского КА «Галилео», состав атмосферы таков: углекислого газа 96,5 % и азота 3,5 %. Других газов очень мало: диоксида серы всего лишь 0,018 %, аргона – 0,007 %, водяного пара – 0,003 %. Остальных составляющих – еще меньше. Гениальный Ломоносов первый указал на то, что «Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою, какова обливается около нашего шара земного». При рассматривании Венеры в телескоп можно заметить, что темная и светлая части диска не разграничены так резко, как, например, на Луне (атмосфера у нашего спутника почти отсутствует); на границе дня и ночи лежит серая полоска – область зари, сумерек. Значит, на Венере должна быть высокая и плотная атмосфера, которая и вызывает это явление утренних и вечерних зорь.

Доказано также присутствие паров воды в воздухе нашей небесной соседки. В атмосфере Венеры вечно плавают густые облака; почти сплошной пеленой застилают они небо в этом мире и постоянно скрывают от нас его поверхность. Ни один астроном не может сказать с уверенностью, что видел какую-нибудь подробность на поверхности самой планеты Венеры, а не на ее плотном облачном покрывале.



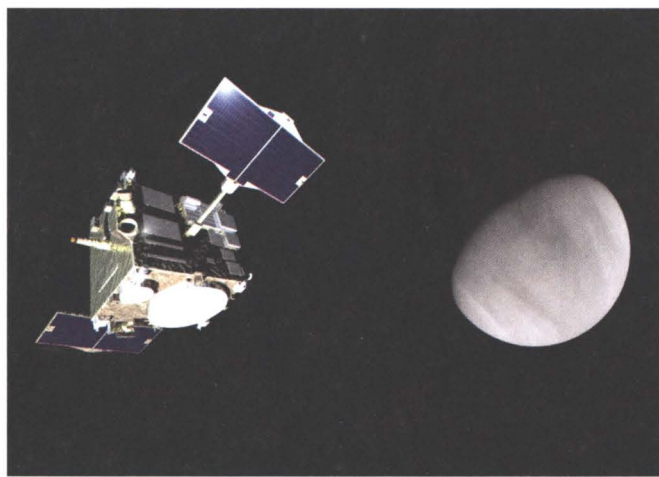
Вид Венеры в телескоп средней силы.

Плотная атмосфера, окутывающая эту планету, отражает так сильно солнечные лучи, что сквозь нее не удастся различить почти никаких подробностей самой почвы Венеры. Поэтому трудно подметить, во сколько времени эта планета обращается вокруг своей оси.

В сущности, этому обстоятельству звездная царица наших вечеров и обязана своим ярким блеском: густые облака отражают солнечный свет почти так же хорошо, как и свежавывавший снег. Вот почему Венера посылает в пространство тот ослепительный свет, который невольно привлекает к ней наши взоры, а астрономов заставляет при наблюдении в телескоп защищать свои глаза темными стеклами. К тому же, Солнце, которое ближе к Венере, чем к нам, вдвое щедрее заливает ее своими лучами.

Благодаря близости к Солнцу, Венера быстрее Земли обегает свою орбиту: ее «год» длится всего 225 дней, т. е. 8 наших месяцев. Слово «наших» здесь, впрочем, излишне: своих месяцев Венера не имеет, так как у нее нет собственной луны.

Густая, облачная атмосфера, застилает лик Венеры и не позволяет увидеть вращение планеты вокруг своей оси, наклоненной всего лишь на 2,6° от перпендикуляра к плоскости орбиты. Это вращение происходит в направ-



Японский космический аппарат (КА) «Акацуки» исследует Венеру. Компьютерное изображение, JAXA.

лении с востока на запад, то есть в обратном большинстве планет. Венера совершает полный оборот вокруг своей оси за 243,02 земных суток, а вокруг Солнца – за 224,7 земных суток.

Если бы Венера вращалась вокруг оси в короткий срок – в одни или несколько суток – то на всей планете должен был бы царить очень жаркий, влажный, ровный климат, мало изменяющийся в течение года и от дня к ночи. Солнце светило бы вдвое ярче, чем у нас, но ясных дней почти не было. Плотный слой облаков без просвета застилал бы весь небесный свод, и если бы мы родились на Венере, мы никогда не узнали бы, что существует величественная картина звездного неба.

Однако, как мы теперь знаем, температура на поверхности Венеры достигает почти 500°C, а в атмосфере присутствуют капельки серной кислоты, выпадающей на поверхность планеты кислотными дождями. Сама атмосфера Венеры настолько плотная, что для посадки спускаемых на поверхность космических аппаратов не требуется парашют. Достаточно сопротивления формы самого аппарата. Такая плотная атмосфера создает огромное давление, которое у поверхности планеты достигает свыше 90 атм.

Исследования Венеры космическими аппаратами начались в 1961 г. и продолжают до настоящего времени. В 1970 г. советские КА «Венера-7» впервые совершил посадку на поверхность планеты, а в 1975 году КА «Венера-9» и «Венера-10» передали на Землю первые панорамные изображения поверхности планеты. Картографирование Венеры было произведено американским КА «Магеллан». В настоящее время «утреннюю звезду» исследует японский КА «Акацуки» (Akatsuki). О начале его исследовательской миссии на орбите Венеры было официально объявлено в мае 2016 г.

66. Фазы Венеры

Великий немецкий математик Гаусс рассказывает, что однажды он предложил своей матери взглянуть в астрономическую трубу на Венеру, ярко сиявшую на вечернем небе. Математик думал поразить мать неожиданностью, так как в трубу Венера видна в форме серпа. Удивиться однако пришлось астроному: приставив глаз к окуляру, женщина не выразила никакого изумления

по поводу вида планеты, а осведомилась лишь, почему серп обращен в трубе в обратную сторону.... Гаусс не подозревал до того времени, что мать его различает фазы Венеры даже и невооруженным глазом. Такое острое зрение встречается очень редко; до изобретения зрительной трубы никто поэтому не подозревал о существовании фаз Венеры, подобных лунным.

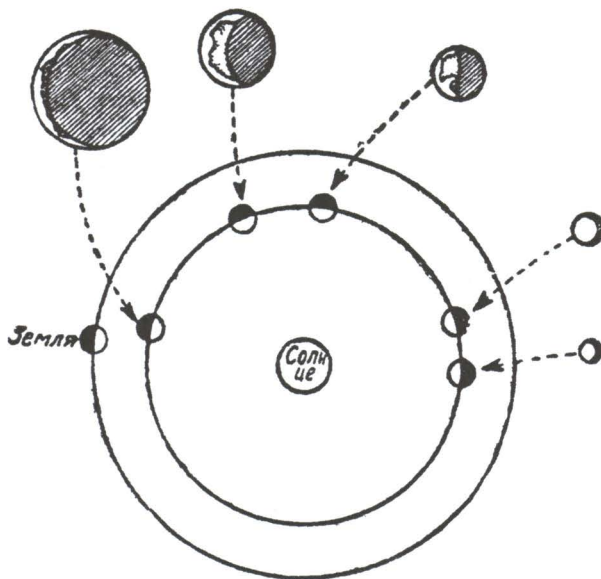


Рис. 75. Фазы Венеры. Почему Венера в разных фазах имеет различный видимый диаметр.

Особенность фаз Венеры та, что их поперечник неодинаков: узкий серп по диаметру значительно больше полного диска (рис. 75). Причина – различное удаление от нас этой планеты в различных фазах. Среднее расстояние Венеры от Солнца – 108 млн. км, Земли – 150 млн. км. Легко понять, что ближайшее расстояние обеих планет равно разности $150 - 108$, т. е. 42 млн. км, а самое дальнее – сумме $150 + 108$, т. е. 258 млн. км. Удаление Венеры от нас изменяется, значит, в этих пределах. В ближайшем соседстве с Землей Венера обращена к нам неосвещенной стороной, и потому наиболее крупная ее фаза совершенно невидима. Отходя от этого положения «нововенерия», планета видна в виде серпа, диаметр которого тем меньше, чем серп шире. Наибольшей яркости Венера достигает не тогда, когда она видна полным диском, и не тогда, когда диаметр ее наибольший, а в некоторой промежуточной фазе. Полный диск Венеры виден под углом зрения $10''$, наибольший серп – под углом $64''$. Высшей же яркости планета достигает спустя три декады после «нововенерия», когда угловой диаметр ее $40''$ и угловая ширина серпа – $10''$. Тогда она светит в 13 раз ярче Сириуса, самой блистательной звезды всего неба.

67. Земля, вознесенная на небо.

Ближе к Солнцу, чем Меркурий, мы не знаем планет: до сих пор не удалось открыть ни одного мира, который кружился бы внутри орбиты Меркурия. Чтобы обозреть остальные далекие миры нашей планетной семьи, следует направиться уже не к Солнцу, а в про-



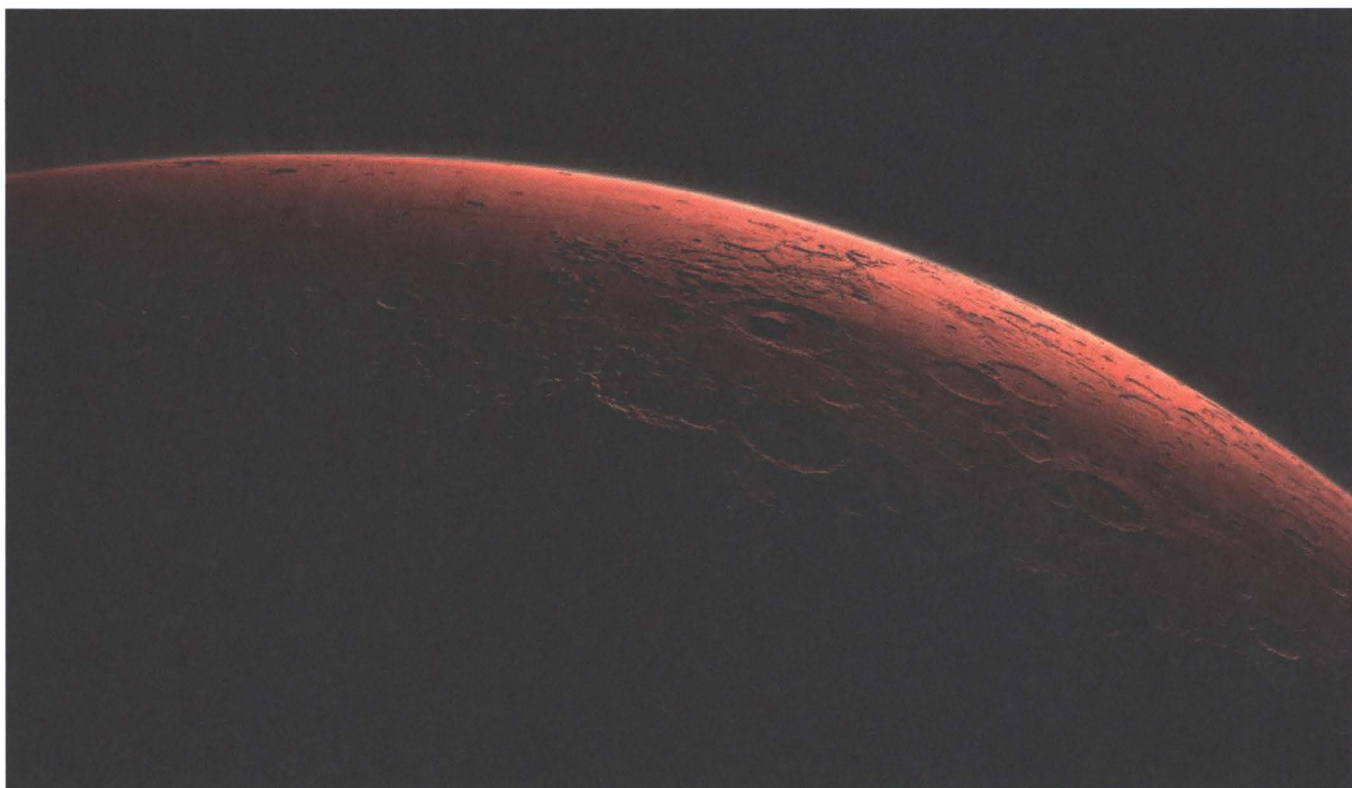
Фотография Земли, сделанная из космоса. Снимок NASA.

тивоположную сторону. Третье место, считая от Солнца, на плане нашей системы занимает планета, которую мы знаем лучше всех других, так как она не требует телескопа для своего изучения. Это – наша Земля. Мы успели уже свыкнуться с мыслью, что мир, обитаемый нами, такое же небесное тело, как и прочие планеты, и что в сущности мы живем на небе, – на небесном светиле, которое сияет во вселенной, как Венера или Марс. Но когда-то мысль эта казалась нелепой; двести лет тому назад наш известный писатель и ученый Иван Посошков, человек широких взглядов и просвещенного ума, высмеивал Коперника, «Богу суперника», за то, что он «тягостную землю подъяша на воздух от кентра (центра) земного, иде же была от Бога сотворена, вознесоша на высоту небесную и со звездами ю уравниша и планетою нарекоша»...

Если бы мы жили, например, на Меркурии, то весь огромный, полный бесконечного разнообразия шар земной был бы для нас просто яркой звездой; нам известно было бы о нем, вероятно, не больше, чем известно теперь о прочих планетах. Мы знали бы, что он окружен плотной атмосферой, в которой часто плавают облака; что он довольно быстро вращается вокруг оси и обходит кругом Солнца в 365 своих суток; что его сопровождает при этом спутник, который в 50 раз меньше его по объему и отдален от него на 30 земных поперечников. Это, пожалуй, и все...

Исследования последних лет показали, что наша Земля видна из космоса как ярко-голубой шар покрытый белоснежными облаками, в разрывы которых видны океаны и материки. Современные космические аппараты могли бы собрать всю необходимую информацию о Земле, если бы были запущены из других миров.

Снимки нашей планеты, полученные из космоса астронавтами миссий «Аполлон», а также космическими аппаратами опровергли различные догадки и гипотезы прошлого. Человек получил еще одно до-



*Рассвет на Марсе в регионе, включающем в себя кратер Гейл.
Изображение построено на компьютере на основе полученных данных от КА. Изображение NASA.*

казательство того, насколько прекрасна наша голубая планета.

68. Марс – мир холодных пустынь.

Четвертая планета солнечной системы – Марс, один из ближайших соседей Земли, в наибольшей степени привлекает к себе внимание астрономов и публики. Огромную популярность доставили этой планете романисты, которые в своих фантазиях не раз уже населяли этот соседний с нами мир разумными существами. Лет тридцать тому назад уверенность в обитаемости Марса была так сильно распространена, что одна восторженная поклонница астрономии, завещав Парижской Академии особый капитал в сто тысяч франков для выдачи тому, кто первый завяжет сношения с жителями иных миров, сочла необходимым сделать оговорку: «кроме Марса». Обитаемость этой планеты казалась ей настолько несомненно установленной, что труд сношений с марсианами не нуждался даже в поощрении...

С тех пор знания наши об этой планете значительно углубились и расширились. Марс перестали считать уменьшенным подобием Земли. Новые наблюдения и научные соображения во многом изменили прежние взгляды, и вокруг планеты, издревле носящей имя бога войны, загорелась оживленная борьба разнообразных мнений. В этой книжке придется, конечно, кратко изложить лишь самое существенное из того, что достигнуто теперь тщательным изучением Марса.

Как далек от нас этот мир? Вследствие овальности орбит Земли и Марса, их небесные пути не везде оди-

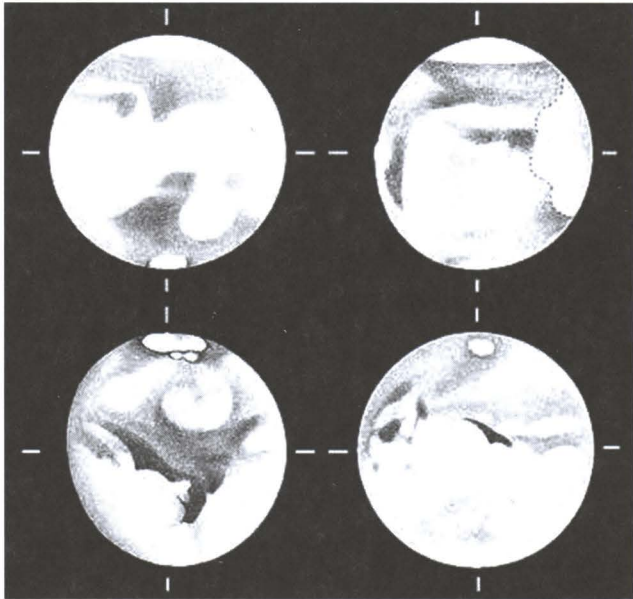
наково отстоят друг от друга. Там, где обе орбиты все-го теснее сближены, расстояние между ними равно 55 млн. км. Значит, ближе чем на 55 млн. км Земля и Марс не могут подходить друг к другу. Но и в таком близком соседстве обе планеты бывают довольно редко, – именно, каждые 17 лет, во время так наз. «великих противостояний». С нетерпением ожидают астрономы этих редких моментов и спешат воспользоваться кратковременной близостью, чтобы изучать нашего загадочного соседа. Но благоприятное время длится недолго: подобно случайно встретившимся путникам, обе планеты вскоре вновь расходятся, так как Земля в безостановочном беге кругом Солнца перегоняет Марс. Через два с лишком года планеты сближаются снова, – но теперь уж их разделяет большее расстояние. С каждой следующей встречей, – повторяющейся приблизительно в двухлетний срок, – взаимное расстояние Земли и Марса все возрастает, доходя до 96 млн. км. Затем планеты при встречах начинают уже сближаться, пока не наступает следующее «великое противостояние», и тогда оба мира вновь достигают наибольшей взаимной близости.

По размерам своим Марс – одна из самых маленьких планет (главных) нашей системы; он, правда, больше Меркурия, но в 7 раз меньше Земли по объему. При том Марс намного рыхлее, нежели наша планета, так как масса этого мира не в 7, а в 10 раз меньше массы Земли. Если Меркурий из всех главных планет – наименьшая по объему, то Марс отличается наименьшим напряжением тяжести: на нем все тела весят почти втрое меньше, чем на Земле. «Самые обыкновенные наши действия на Марсе казались бы фантастическими», – пишет астроном Ловелл, посвятивший всю

жизнь изучению этой планеты. – «Всякий предмет оказался бы там неестественно легким: свинец весил бы не больше, чем у нас на Земле камень, камень стал бы таким же легким, как у нас вода, и всякое тело казалось бы превращенным в какое-то другое, непохожее на него. Мы очутились бы вдруг в невесомом эфирном мире. Наши действия приняли бы грандиозный характер. С небольшим напряжением мы совершали бы невероятно трудные работы, так как наша мощь увеличилась бы в 7 раз. Наконец, все в этом странном мире совершалось бы с значительной медленностью. Вода текла бы не спеша, ленивой струей, а падающие тела опускались бы на землю с грациозной плавностью».

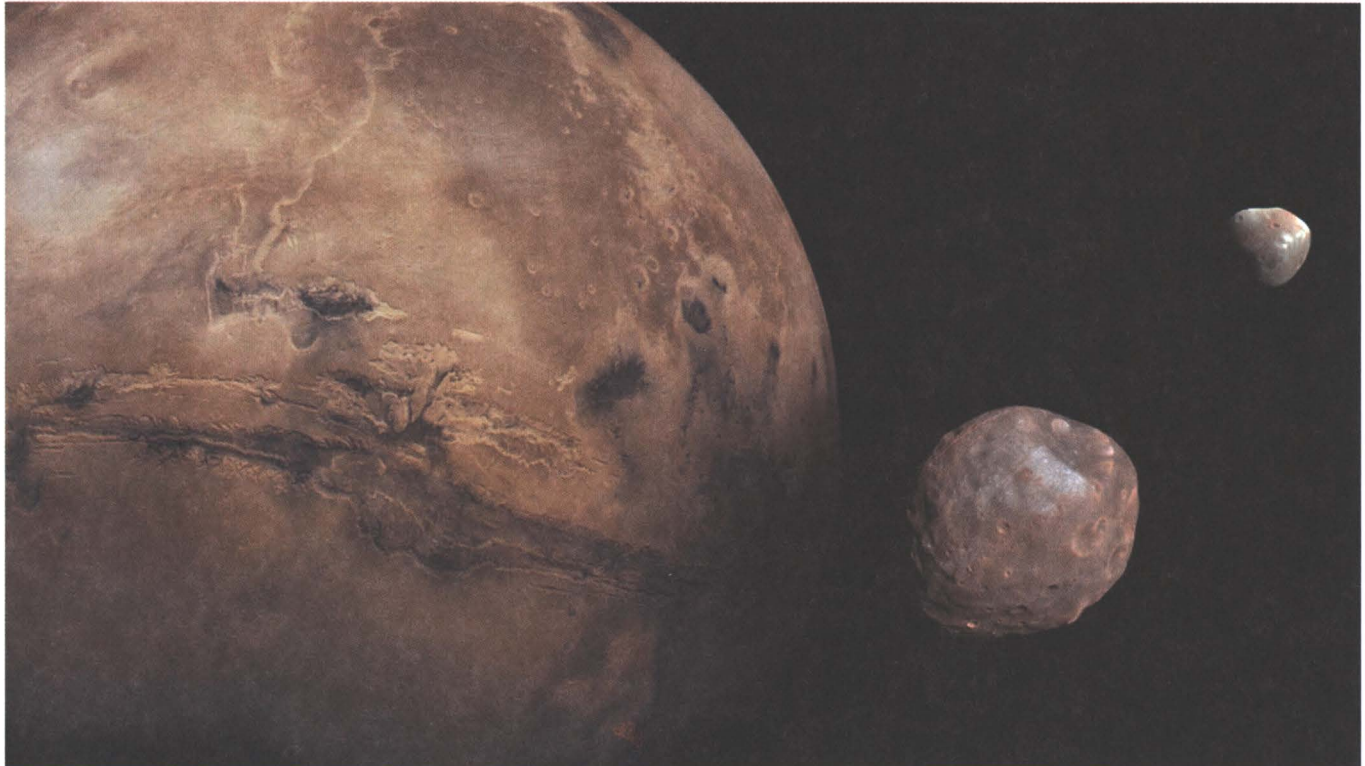
От Солнца Марс отстоит в 1½ раза дальше, нежели Земля, и обегает свою обширную орбиту в 687 земных суток; следовательно, его «год» почти равен двум земным годам, а каждый сезон – весна, лето, осень, зима, – продолжается около 6 месяцев. Но «сутки» Марса почти равны нашим: они длятся 24 часа 37 минут. Замечательно, что и ось вращения Марса почти настолько же наклонена к орбите, как и земная ось, – именно, под углом в 65 градусов с долями. Следовательно, этот маленький мир должен иметь те же три климатических пояса, – жаркий, умеренный и холодный, точно так же расположенные, как и на нашей Земле. Однако, названия «жаркий» и «умеренный» мало подходят к климату этой планеты. Дело в том, что лучи Солнца греют на расстоянии Марса вдвое слабее, чем у нас; следовательно, в этом далеком мире должна всюду – в тропиках, как и близ полюсов – господствовать весьма низкая температура.

В сильные телескопы можно видеть, что вокруг Марса обращаются два спутника. Марсовы луны крошечные: Фобос имеет размеры 27×22×18,6 км. Дей-

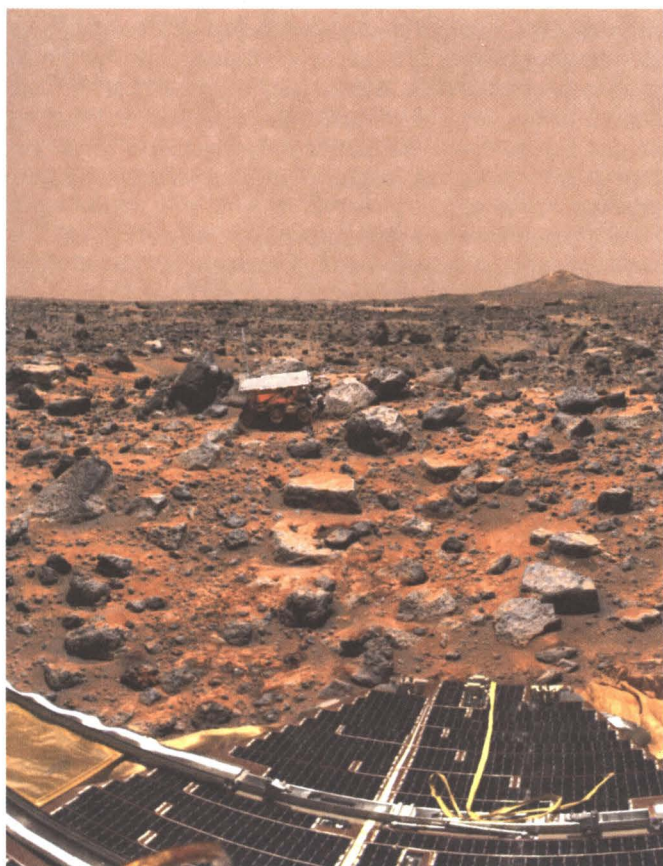


Вид планеты Марс в телескоп. (По фотографиям, сделанным итальянскими астрономами-любителями в 1984-1988 гг. (Диаметры объективов телескопов от 20 до 36 см.). Полярная белая «шапка» Марса заметно изменила свои размеры.

мос меньше, его размеры 16×12×10 км. Так что странно даже называть мирами эти каменные глыбы. Других столь маленьких лун мы не знаем во всей солнечной системе; наша Луна, с поперечником в 3½ тысячи километров, – положительно гигант рядом с этими пигмеями. Обе луны Марса обращаются на довольно близком расстоянии от него: Фобос удален от центра планеты всего на 9 400 км, Деймос – на 23 000 км. Свои маленькие орбиты они описывают чрезвычайно быстро – ближай-



Изображение Марса и его спутников Фобоса и Деймоса, построенное компьютером на основе собранных КА данных. Изображение NASA.



Первым марсианским ровером стал КА «Mars Pathfinder», который совершил мягкую посадку на поверхность планеты 4 декабря 1996 г. После успеха миссии, к Марсу были отправлены более мощные марсоходы «Spirit» и «Opportunity».

ший спутник всего в 7 часов 39 минут. Он обегает вокруг Марса втрое скорее, чем успевает сам Марс обернуться вокруг своей оси, и отсюда вытекает любопытнейшее явление: так как истинное движение спутника по небу с запада на восток быстрее, чем кажущееся обратное движение небесного свода, то для наблюдателя на Марсе эта луна восходит на западе и заходит на востоке!

Но обратимся к самой планете, так сильно интересующей и астрономов и публику. Еще недавно вопросы об ее климате, атмосфере, температуре и т. д. вызывал горячие споры среди ученых. Теперь большинство астрономов согласно в том, что Марс окружен весьма разреженной атмосферой, гораздо менее плотной, чем воздух на наших высочайших горных вершинах. Барометр показывал бы на Марсе всего около 8 мм. рт. ст., т. е. стоял бы более чем в 100 раз ниже, чем обычно у нас. Установлено, что неплотная атмосфера Марса содержит весьма небольшое количество водяных паров (0,03 %). 95% атмосферы состоит из углекислого газа, есть небольшое количество азота, аргона, кислорода и других газов, с долей каждого менее 1%. Лишь доли аргона и азота составляют 1,6 и 2,7% соответственно.

Лик Марса большею частью совершенно ясен, – в противоположность другой нашей небесной соседке, Венере, вечно скрывающей свое лицо под сплошной завесой густых облаков.

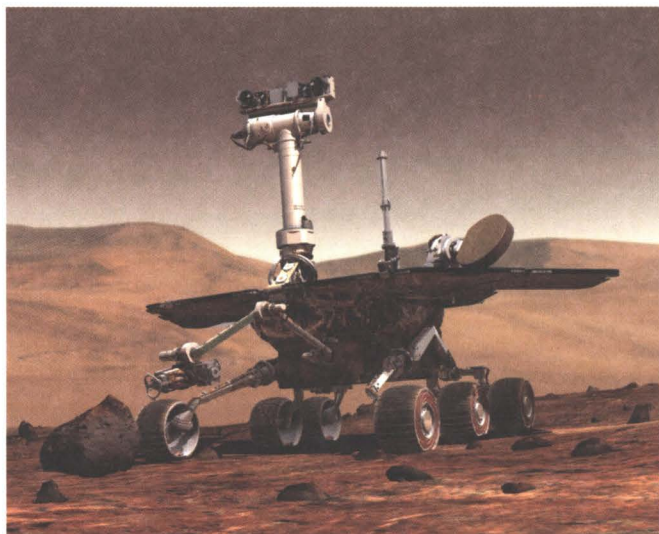
Марс – холодный мир. Солнце скупно льет на него свои лучи, а легкая, неплотная атмосфера этой плане-

ты слабо удерживает теплоту, накапливаемую ее поверхностью. Вычисления показывают, что средняя температура Марса гораздо ниже земной и достигает -40°C . Зной наших летних дней на Марсе совершенно неизвестен: только в самые теплые часы самых теплых дней термометр поднимается до 20°C .

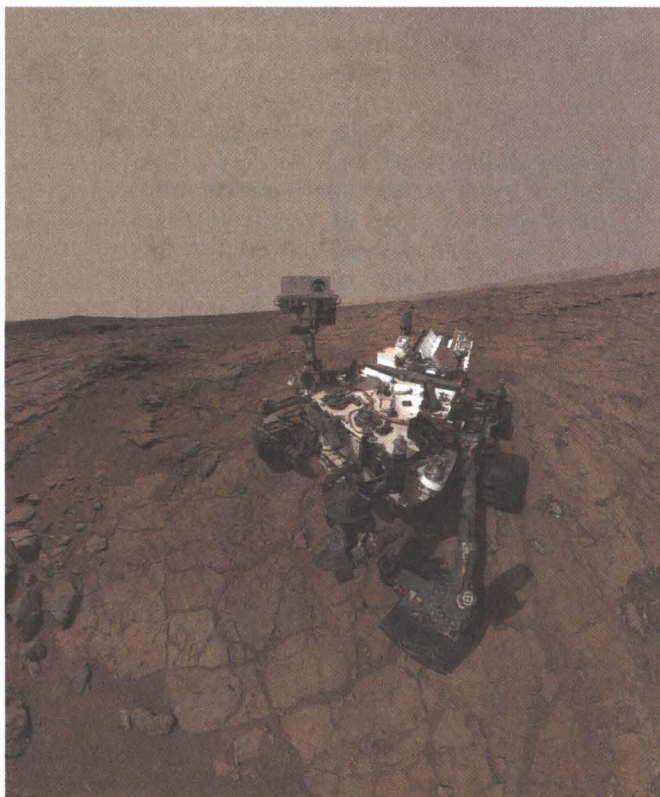
Вопрос о присутствии на планете жидкой воды в последнее время получил дальнейшее развитие. До 2016 г. считалось, что воды в жидком виде на Марсе нет. Об этом свидетельствовали данные, полученные с американского КА «Маринер-4» в 1965 г. Данные, передаваемые марсоходами НАСА «Спирит» и «Оппортьюнити» убедительно доказывают наличие воды в прошлом. Найдены образцы минералов, которые могли образоваться только под длительным воздействием воды. КА НАСА «Феникс» 31 июля 2008 г. обнаружил в месте своей посадки на поверхность планеты замерзшую воду в виде льда непосредственно в грунте. И, наконец, 28 сентября 2015 г. НАСА сообщило о зафиксированных с помощью аппаратуры высокого разрешения HiRISE, установленной на орбитальном КА «Mars Reconnaissance Orbiter» (MRO), сезонных потоках соленой воды в теплое время марсианского года, когда лед тает.

Мы подходим теперь к трудному вопросу об устройстве поверхности Марса. Для невооруженного глаза Марс имеет ясно заметный красноватый оттенок, оправдывающий издревле присвоенное этой планете имя кровавого бога войны. В телескопе картина меняется, и на лице Марса можно различить множество отдельных областей разной окраски. После долговременных и терпеливых наблюдений были составлены даже «карты» Марса.

Но планетная карта совсем не то, что мы привыкли обычно разумеать под словом «карта». Карта какой-нибудь страны на земном шаре составлена на основании прямого изучения этой страны: глядя на такую карту, мы хорошо знаем, чему соответствует в натуре то или иное условное обозначение или окраска. Это и понятно: ведь географ сначала знакомится со страной и затем наносит ее на карту. Астроном же поступает наоборот: сперва составляет «карту» планеты, тщательно за-



Изображение марсохода «Spirit» на поверхности Марса, построенное компьютером на основе полученных с «красной планеты» данных. Изображение НАСА.



«Селфи» марсохода «Curiosity» на поверхности Марса, построенное компьютером на основе набора снимков, сделанных камерой манипулятора аппарата. Части снимков, где был виден манипулятор исключены из итогового изображения. Марсоход НАСА «Curiosity» самый большой из серии КА подобного типа. В настоящее время его миссия на Марсе продолжается. Снимок НАСА, 2015 г.

рисовывая все, что удастся заметить в телескоп, а затем лишь начинает строить догадки о том, что собственно представляет в натуре каждая отмеченная им подробность. Поэтому, хотя мы имеем уже «карты» Марса, но истинное устройство его поверхности для нас далеко еще не ясно. На упомянутых «картах» Марса мы видим белые красноватые и синевато-зеленые участки различных оттенков. Но не легко сказать, что они обозначают; различные наблюдатели и ученые высказывают весьма различные догадки об устройстве поверхности этой планеты.

Четыре особенности Марсовой географии привлекают внимание наблюдателя и ждут объяснения. А именно:

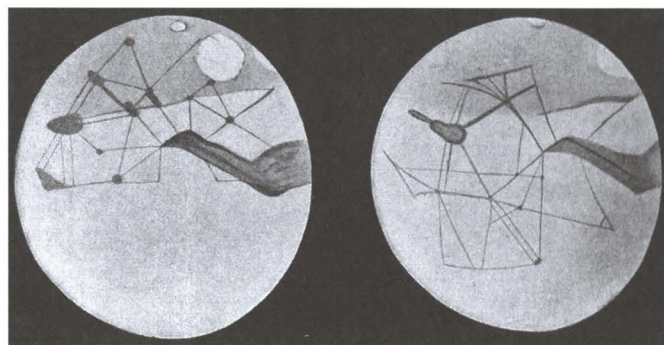
- белые полярные пятна;
- красноватые пространства;
- синевато-зеленые участки;
- тонкие темные линии, называемые «каналами».

1. Меньше всего споров порождают белые пятна, видимые у полюсов Марса. Размеры их не остаются неизменными. Когда на соответствующем полушарии планеты зима (т. е. когда оно отворачивается от Солнца и подставляет себя под косыми углами к его лучам), тогда пятно это разрастается, занимая иногда по площади чуть не пятую долю всей поверхности Марса. По мере же наступления менее сурового времени года полярное пятно уменьшается, оттаивая по краям, и в разгаре лета

сокращается до наименьших размеров. А к тому времени успевает разрастись такое же белое пятно у противоположного полюса. Невольно хочется сопоставить с этим накопление и таяние полярных снегов у нас на Земле. Белые пятна на Марсе представляют собой гигантские количества водного льда и замороженного углекислого газа.

2. Относительно природы красноватых пятен, занимающих большую часть поверхности Марса и сообщаящих этому светилу его характерный красный цвет, также согласны все астрономы. Это – обширные материковые пустыни. Вот как описывает их американский астроном Ловелл:

«Поверхность Марса, за исключением дна океанов, давно превратилась в безводную и бесплодную пустыню, не освежаемую ни влагой на поверхности, ни облачным покровом, и не защищенную никакой тенью... Огненная окраска, от которой Марс получил свое имя, в телескопе оказывается охровым цветом, с красными точками там и сям. Именно такой цвет имеют пустыни нашей земли, если их рассматривать с вершины горы. Лишь временами эти области делаются красными: это единственное изменение, которое мы замечаем в них. Как по виду, так и по свойствам эти большие охристые пространства на диске являются огромными Сахарами... Огромное протяжение, которое пустыни уже заняли на Марсе, имеет роковое значение. Эти опаловые оттенки, столь прекрасные, когда мы смотрим на них в телескоп, из нашего далека, говорят об ужасной действительности... Эти восхитительные цвета говорят, что вся планета опоясана огромной пустыней, которая в некоторых местах простирается почти от полюса до полюса. Дни и месяцы мы можем бродить по этим пустыням, и нет им конца; отчаяние овладевает душой. А



Сеть «каналов» Марса, по рисунку проф. Ловелла, насчитывающего на этой планете около 400 таких каналов.

солнце совершает свой дневной путь, поднимаясь из каменистой пустыни, чтобы снова погрузиться в нее»...

Для полноты картины необходимо прибавить, что пустыни Марса не знойны, как наша Сахара, а холодны, – настолько холодны, что нередко по вечерам покрываются местами инеем, который исчезает в лучах утреннего солнца.

В отдаленном будущем, когда Солнце начнет остывать, вероятно, наша собственная планета также превратится постепенно в мир пустынь и холода. И если Венера переживает теперь отдаленную юность нашей Земли, то Марс является как бы зеркалом грядущей старости земного шара, уже опоясанного почти непрерывной цепью пустынь.

3. Кроме полярных «шапок» и красноватых материков, на поверхности Марса видны темные неправильные пятна зеленоватого оттенка, получившие название «морей», «океанов» и «озер».

Единственно достоверное, что мы можем сказать о них, это то, что они во всяком случае не похожи на наши моря или океаны. Шведский ученый Аррениус полагает, что это «моря, уже миллионы лет покрытые ледяной корой в версту толщиной, крепко примерзшей к берегам». Напротив, недавно умерший американский астроном Ловелл, внимательный наблюдатель Марса, утверждает, что – «вид этих областей меняется вместе с временами года на Марсе: они исчезают в зимние месяцы и темнеют в летние; все происходит с ними так, как если бы там была растительность; все факты говорят в пользу такого предположения».

Темные участки поверхности до сих пор заставляют ученых спорить об их происхождении. Они не меняют свой цвет несмотря на то, что на планете бушуют пылевые бури. Поэтому предполагается, что в этих местах пыль не может оседать, в силу того, что ее сдувают установившиеся потоки марсианского ветра. Ясно одно – темные участки подлежат дальнейшим исследованиям, до окончательного выяснения их природы.

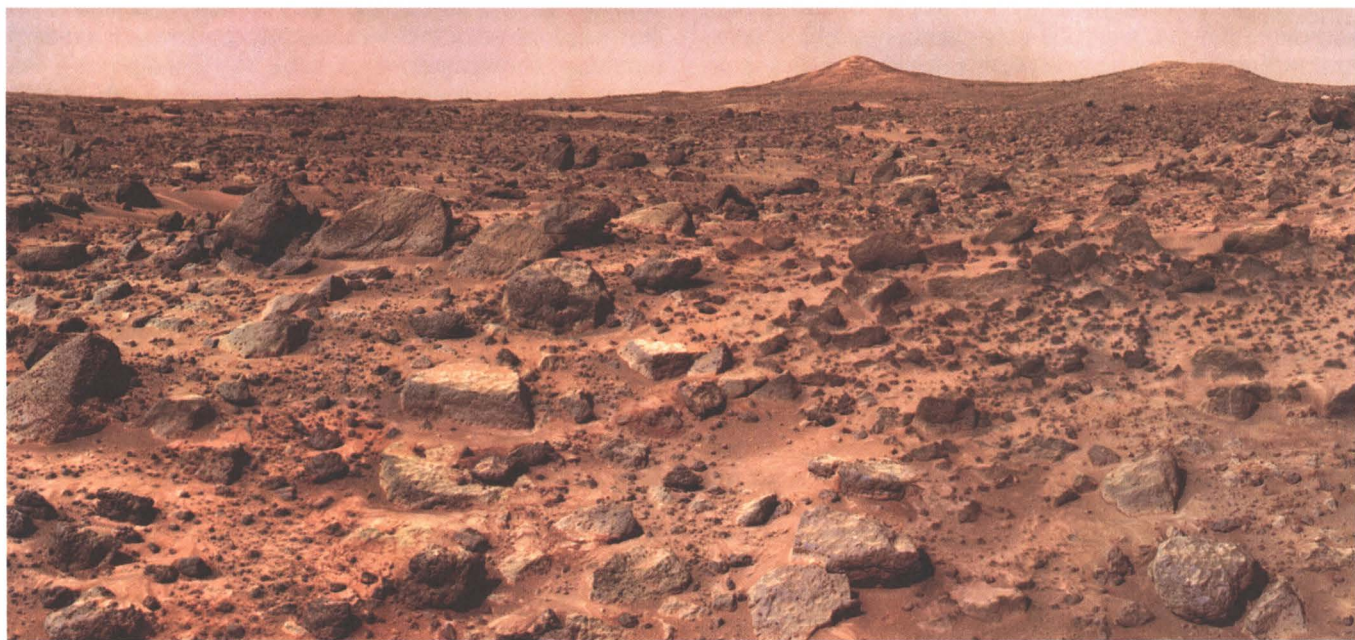
Проф. Персиваль Ловелл († 1916 г.) – этот выдающийся американский астроном почти всю свою жизнь посвятил изучению Марса на сооруженной им специальной обсерватории. Он был глубоко убежден в том, что Марс обитаем разумными существами и приписывал им сооружение сложной сети каналов. Однако эта ранняя «романтическая» теория оказалась неверной. На Марсе не обнаружена жизнь в привычной для Земли форме, поскольку условия для возникновения биологической жизни слишком суровы.

4. Но самую загадочную подробность на поверхности Марса, вокруг которой ведутся теперь горячие споры среди астрономов, представляют знаменитые «каналы». Это – едва заметные темные тонкие полосы, прорезывающие поверхность планеты по прямым



Персиваль Лоуэлл (1855-1916) – американский бизнесмен, востоковед, дипломат, астроном и математик, исследователь планеты Марс. Почетный член Американской академии искусств и наук, Британского общества востоковедов, Французского астрономического общества, Астрономических обществ США, Бельгии, Германии и Мексики. За исследования Марса удостоен премии Жансена Французского астрономического общества (1904), а также Золотой медали Астрономического общества Мексики (1908). Почетный профессор астрономии Массачусетского технологического института.

направлениям. Впервые заметил их в 1877 г. итальянский астроном Скиапарелли (ныне покойный), и так как полосы эти прорезают материки Марса, словно соединяя его темные «моря», то он назвал их «проливами», – по-итальянски «canali». Неточный перевод этого слова на другие языки породил широко распространенное в публике убеждение, будто астрономы открыли на Марсе искусственно вырытые каналы. В действительности же истинная природа этих образо-



Панорама марсианского ландшафта. Снимок сделан американским марсоходом «Pathfinder» 12 декабря 1997 г.



Джованни Вирджинио Скиапарелли (1835-1910) – итальянский астроном. Окончил Туринский университет, работал в Берлине под руководством Иоганна Энке. В 1859-1860 гг. работал в Пулковской обсерватории под руководством О. В. Струве. С 1862 г. директор Брерской обсерватории в Милане. Изучая Марс, обнаружил на его поверхности прямые линии, которые вследствие неточного перевода на английский язык получили название «каналов». Эта ошибка легла в основу «теории марсианских каналов» и существования разумной жизни на Марсе, имевшая крепкие позиции и множество приверженцев в конце XIX – начале XX в.

ваний еще далеко не установлена. Более того: самое существование геометрически правильной сети «каналов» отвергается многими искусными наблюдателями, работающими с могущественными телескопами. Почти всюду, где Скиапарелли в свой сравнительно слабый телескоп видел сплошную линию «канала», некоторые астрономы теперь различают только ряд точек, хотя пользуются столь же сильными, если не еще более могущественными телескопами.

В то же время упомянутый выше американский астроном Ловелл, выстроивший для изучения поверхности Марса специальную обсерваторию с телескопом, хотя и меньшей силы, но зато в лучших атмосферных условиях, – открыл около 400 каналов; густую сеть прорезают они не только материи планеты, но даже и его «моря» (по Ловеллу, моря Марса суть влажные низменности). «Чем лучше удавалось разглядеть планету, тем явственнее выступала эта замечательная сеть, – пишет он. – Точно вуаль покрывает всю поверхность Марса... Повидимому, ни одна часть планеты не свободна от этой сети. Линии обрываются, упираясь в полярные пятна. Они имеют форму в такой мере геометрически правильную, что внушают мысль об искусственном происхождении их»...

И Ловелл был убежденным сторонником обитаемости Марса разумными существами. Седалищем жизни он считал так называемые «океаны» этого мира, постепенно, по мере высыхания планеты, превратившиеся во влажные цветущие долины. Сюда-то и переселилось с иссыхающих материков гонимое жаждой Марсово человечество. Превосходные инженеры, жители Марса прорезали великие пустыни своей планеты каналами, чтобы планомерно пользоваться вешними водами таю-



В 2016 г. Марс вступил в очередное противостояние с Землей. Наибольшее сближение планет произошло в конце мая. Расстояние между планетами в тот момент было 75,3 млн. км. Угловой диаметр планеты составил 18,06". Очередное великое противостояние случится в 2018 г.

щих полярных снегов. Густую сеть протянулись поперек материков зеленоватые полосы орошаемой почвы, молчаливо возвещая земным астрономам о существовании разумных существ в этом далеком мире...

Так думал покойный американский ученый. Но мнение его разделяется далеко не всеми астрономами. Более того, блестящие исследования Марса, проведенные с помощью космических аппаратов во второй половине XX – начале XXI вв., убедительно показали, что большая часть марсианских каналов являлись оптической иллюзией. Лишь немногие из них являются геологическими объектами: разломами, горными хребтами, цепочками кратеров и другими действительно существующими образованиями. Это стало ясно после «разочаровывающих», но неоспоримых данных, полученных КА «Маринер-9» в 1971-1972 гг. Американский аппарат провел фотосъемку обширной поверхности планеты фотокамерами высокого разрешения и смог сфотографировать объекты с разрешением от 100 до 300 м.

Точку в этом вопросе поставили марсоходы НАСА «Спирит» и «Оппортьюнити», а также орбитальная станция НАСА «Феникс». Полученные с их помощью фотоснимки не оставили никакой «надежды»: каналов нет, Марс необитаем.

69. Великие противостояния

О том, что эпохи наибольшей яркости Марса и наибольшего его приближения к Земле повторяются примерно каждые 15 лет, известно многим. Очень популярно и астрономическое наименование этих эпох: великое противостояние Марса. Памятен год последнего «великого противостояния» красной планеты 1924-й. Но мало кто знает, почему событие это повторяется именно через 15 лет. Между тем относящаяся сюда «математика» весьма несложна.

Земля совершает полный обход своей орбиты в 365¼ суток, Марс – в 687 суток. Если обе планеты сошлись однажды на ближайшее расстояние, то они должны сойтись вновь через такой промежуток времени, который заключает целое число годов как земных, так и марсовых.

Другими словами, надо решить в целых числах уравнение

$$365\frac{1}{4}x = 687y,$$

или

$$x = 1,88y,$$

откуда

$$\frac{x}{y} = 1,88 = \frac{47}{25}.$$

Развернем последнюю дробь в непрерывную (ср. стр. 33), получаем

$$\frac{47}{25} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{7 + \frac{1}{3}}}.$$

Взяв первые три звена, имеем приближение

$$1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{7}} = \frac{15}{8}$$

и заключаем, что 15 земных лет равны 8 Марсовым; значит, эпохи наибольшего приближения Марса должны повторяться каждые 15 лет. (Мы несколько упростили задачу, взяв для отношения обоих времен обращения 1,88 вместо более точного 1,8809.)

По тому же способу можно найти и период повторения наибольшей близости Юпитера. Год Юпитера равен 11,86 земного (точнее 11,8622). Развертываем это дробное число в непрерывную дробь:

$$11,86 = 11 \frac{43}{50} = 11 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{7}}}$$

Первые три звена дают приближение 83% . Значит, великие противостояния Юпитера повторяются каждые 83 земных года (или 7 Юпитеровых). В эти годы Юпитер достигает и наибольшей видимой яркости. Последнее великое противостояние Юпитера произошло 21 сентября 2010 г. Следующее наступит в 2093 г. Взаимное расстояние Юпитера и Земли в эти моменты равно 587 миллионам км. Это – наименьшее расстояние, на какое подходит к нам крупнейшая планета солнечной системы.

70. О том, чего нет в этой книге

Читатель ждет теперь рассказа о жизни на самой интересной из планет – на нашем соседе Марсе, и будет разочарован, не найдя в «Занимательной астрономии» ни слова о таком волнующем предмете.

В этой книге ничего не будет сказано ни о цветущих долинах Марса, ни о замечательной сети его оросительных каналов, ни о сигналах, посылаемых нам его разумными обитателями, ни о многих других увлекательных вещах, о которых не астрономы знают гораздо больше, чем самые сведущие специалисты.

Если вы спросите о них ученого-астронома, он выслушает вас с улыбкой и скажет, что все перечисленное, быть может, в самом деле имеется на Марсе, но что науке об этом ничего достоверного неизвестно.

Более разговорчивый астроном, пожалуй, прибавит к сказанному свой скромный взгляд на дело. А

именно, что столь холодный мир, как Марс, атмосфера которого более разрежена, чем над самыми высокими горами Земли, мир, страдающий от недостатка влаги и скупо наделенный кислородом¹, мир, где преобладающим ландшафтом является морозная и безводная пустыня, – такой негостеприимный мир едва ли приходится считать хорошо приспособленным для жизни.

Есть, правда, некоторые основания предполагать, что темные области («океаны») Марса представляют собой не водные пространства, а влажные равнины, покрытые растительностью. Но это не более, как догадка, не притязающая на непреложность.

Впрочем, если бы на Марсе и имелись налицо все благоприятствующие жизни условия, из этого никак еще не следовало бы, что жизнь там действительно есть. Кошелек может быть превосходно приспособлен для хранения в нем денег, и все же не заключать ни одной копейки; на свете достаточно кошельков, подтверждающих эту печальную истину.

Конечно, никому не возбраняется верить в существование на Марсе живой природы и населять его культурными инженерами, но никакой ответственности за подобные домыслы и чаяния наука не несет. Прославленные «каналы» этой планеты скорее всего не существуют реально, представляя собой своеобразный обман зрения. Самые сильные телескопы не обнаруживают никаких каналов: мощные инструменты «чересчур сильны для каналов», как выразился один американский астроном³.

Догадки, предположения, гипотезы имеют в науке свою цену, но им место в книгах иного содержания и назначения, чем «Занимательная астрономия»: в ней я стремлюсь ограничиться лишь областью твердо доказанного.

¹ «Если в атмосфере Марса и существует кислород, то его количество должно быть меньше 1% кислорода, заключенного в земной атмосфере», – так формулирует результаты новейших наблюдений пулковский астрофизик Г. А. Тихов².

² Последние данные об атмосфере Марса, полученные советским КА «Марс-2» (1971), американскими КА «Викинг» (1976) и «Mars Pathfinder» (2004) и др., показывают, что атмосфера Марса состоит в основном из углекислого газа (95,32 %) и очень разрежена. Количество кислорода – около 0,13 %. Примерная толщина атмосферы – 110 км (прим. ред.).

³ По вычислениям Фламариона, основанным на наблюдениях Скиапарелли, в трубу с увеличением около 500 раз «такие острова, как Сицилия, Цейлон, Исландия, или такие озера, какие встречаются в центральной Африке, были бы нам видны», если бы они существовали на Марсе. «Аппенинский полуостров, Адриатическое море, Красное море, – продолжает он, – мы могли бы на Марсе различить». Отсюда еще очень далеко до различения таких тонких подробностей, как каналы Марса. Правда, современные телескопы сильнее того, которым пользовался Скиапарелли, но большее увеличение связано с ухудшением чистоты изображений (современные оптические телескопы позволяют получать четкие изображения с помощью различных вспомогательных систем, основанных на компьютерных и лазерных технологиях, имея диаметры зеркал свыше 10 м – прим. ред.).

71. Миры-великаны - полузастывшие солнца: Юпитер.

Словно для контраста, природа сразу же после самых мелких планеток всей системы поместила исполина Юпитера, величайшую из планет солнечного царства. Зброшенный далеко от Солнца и отстоящий от нас в десятки раз дальше, чем Венера, он по яркости все же соперничает с «Утренней звездой» – так огромны его размеры. Объем его, в 1300 раз превышающий объем нашего земного шара, так велик, что в промежутке между Землей и орбитой Луны можно было бы уместить только три таких шара, как Юпитер. Лента длиной от Земли до Луны была бы недостаточна, чтобы кругом опоясать этот колоссальный мир. А масса его так велика, что положив Юпитер на одну чашку весов, пришлось бы на другую нагрузить для равновесия не только все остальные планеты, но еще и утроить этот груз, потому что масса Юпитера в три раза больше массы всех прочих планет, вместе взятых! После Солнца это – самое тяжелое тело во всей солнечной системе, и если бы Солнце исчезло, то планеты стали бы обращаться вокруг Юпитера, подчиняясь могучей силе его притяжения.

Любопытно, что и по физическому своему строению эта исполинская планета скорее походит на Солнце, нежели на известных уже нам меньших сестер ее. В этом отношении замечательна прежде всего весьма небольшая плотность Юпитера. Превышая Землю по объему в 1300 раз, он всего в 310 раз тяжелее ее; значит, вещество Юпитера легче земного, – оно вчетверо рыхлее, чем вещество земного шара (то же самое справедливо и для Солнца).

А так как в недрах гигантской планеты вещество должно быть страшно сдвинуто и уплотнено под действием огромной притягательной силы, то чтобы сред-

няя плотность Юпитера была столь незначительна, приходится допустить, что самые внешние части Юпитерова шара состоят из вещества весьма неплотного – скорее всего, находящегося в газообразном состоянии.



Фотография знаменитого Большого красного пятна Юпитера полученная американским КА аппаратом «Voyager 1» в ноябре 2009г. Аппараты «Voyager 1» и «Voyager 2» получили и передали на Землю уникальную информацию об атмосфере Юпитера и его спутниках, а также обнаружили кольца планеты, подобные кольцам Сатурна.

Такое строение резко отличает Юпитер от знакомых нам менее крупных планет и делает его весьма сходным с Солнцем. Колоссальный Юпитер можно рассматривать, как уменьшенное подобие Солнца, с той только разницей, что газовый шар Юпитера успел уже значительно охладиться. Это небольшое полузастывшее Солнце уже не испускает теперь собственного света, но оно еще горячо и не успело покрыться твердой корой; бурные тепловые явления, сильнейшие ветры, исполинские смерчи и вихри постоянно возмущают его газовый наружный слой.

На этой гигантской планете нет, повидимому, ничего устойчивого. Напрасно искали бы мы в этом мире чего-либо напоминающего наши материки и моря – здесь расстилается безграничный океан вязких, полужидких масс или горячих газов, охваченный бурным, хаотическим движением. Не менее, чем к Солнцу, применимы к Юпитеру знаменитые строки Ломоносовской оды:

*Там огненные валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенные крутятся
Борющиеся множество веков...*

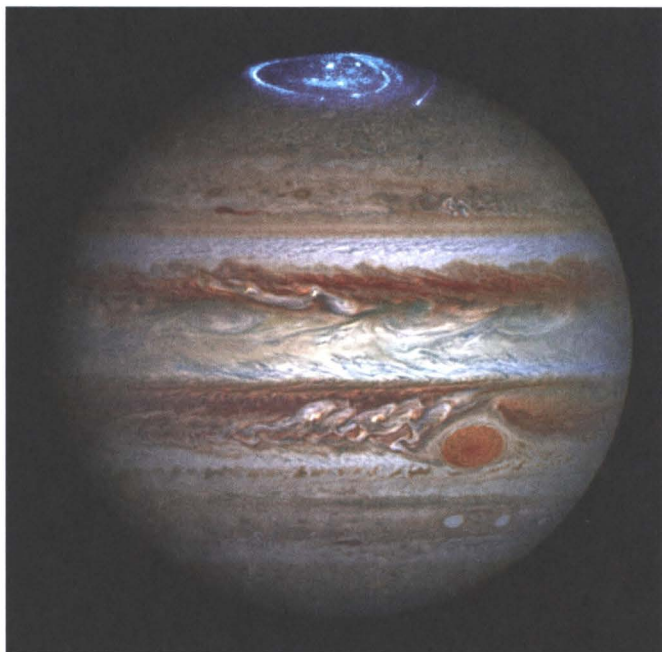
В густой и высокой атмосфере, окружающей внутреннее, более плотное и, вероятно, раскаленное ядро планеты, повидимому носятся густые, непрозрачные облака каких-то газов придающие лицу планеты характерный полосатый вид. На мысль о том, что полосы эти – именно облачные образования, а не прочные и устойчивые части поверхности – наводит крайняя изменчивость их очертаний.

За многие десятки лет наблюдений на всей огромной поверхности Юпитера замечена была лишь одна



Составное изображение Юпитера и его галилеевых спутников Ио, Европы, Ганимеда и Каллисто. Всего к настоящему времени открыто 67 спутников Юпитера. Из них 53 луны имеют свои названия и официальный статус. 14 лун пока не имеют подтверждения международных астрономических структур, а также собственных имен. Изображение НАСА.

крупная подробность, остававшаяся сравнительно неизменной: это так называемое «красное пятно» – овал, участок довольно значительных размеров, окруженный каймой. Пятно это, имеющее в длину три земных поперечника, появилось лет 40 тому назад и некоторое время довольно резко выделялось в средних широтах Юпитера; теперь оно различается уже не так ясно, как прежде. Природа этого образования загадочна. Скорее всего, надо думать, оно представляет собою огромное море раскаленных газов, окруженное берегами из сгущенных паров и расположенное под атмосферой планеты. Довольно внезапное появление «красного пятна» находится, повидимому, в связи с обширными извержениями на этом «маленьком солнце» и, быть мо-



Снимок Юпитера, полученный с помощью орбитального телескопа НАСА «Хаббл». На изображении видно полярное сияние над планетой. Изучению этого явления посвящена специальная программа, проводимая КА «Juno». Выход аппарата на орбиту планеты состоялся 5 июля 2016 г. в рамках программы изучения удаленных районов Солнечной системы «Новые рубежи» (New Frontiers).

жет, представляет собой нечто подобное тем пятнам, которые часто появляются на поверхности настоящего Солнца.

Сходство Юпитера с Солнцем усиливается еще тем, что вокруг планеты – великана кружится целая семья спутников. Могучий Юпитер является властелином системы из 9-ти меньших миров, раскинувшихся на обширном пространстве. Размеры Юпитерова царства огромны: самый крайний спутник кружится на расстоянии 30 миллионов километров от планеты! Это в 80 раз больше, чем расстояние Луны от Земли и всего вдвое меньше, чем среднее расстояние Меркурия от Солнца.

Более трех лет употребляет этот спутник, чтобы замкнуть свой длинный путь вокруг Юпитера. Спутник этот по объему чрезвычайно мал – не больше чем луны Марса. Зато внушительны размеры некоторых других спутников. Среди них один по объему не меньше Меркурия; другой – почти равен Марсу. «Меньшее Солнце», как видим, заставляет обращаться вокруг

себя настоящие миры, могущие объемом соперничать с планетами «большого Солнца». И возможно, что некогда, в отдаленные времена, Юпитер был настоящим Солнцем для своих спутников, заливая их светом и теплом в таком изобилии, какого нынешнее «большое Солнце», за дальностью расстояния, давать им не может.

Диск Юпитера заметно сплюснут: расстояние между его полюсами на $\frac{1}{16}$ меньше, чем поперечник его экватора. Такое сильное сжатие, бросающееся в глаза даже при наблюдении в слабую трубу, является следствием чрезвычайно быстрого вращения вокруг оси. Как ни странно, но этот колоссальный шар, в 1300 раз больший, нежели земной, вращается гораздо быстрее Земли и успевает обернуться вокруг оси всего в 10 часов. Спокойно сидя в обсерватории, земной астроном, глядя в свой телескоп, может чуть ли не в одну ночь совершить полное кругосветное путешествие по этому величайшему из миров. Каждая точка Юпитерова экватора при таком быстром вращении пробегает около 12 км в секунду. Если бы с подобной быстротой двигались точки земного экватора, то воздух, вода и все предметы на экваториальной полосе были бы силой инерции отброшены в бесконечность. На Юпитере этого не происходит, во-первых потому, что при огромном радиусе этого шара кривизна пути гораздо меньше, а во-вторых, потому еще, что сила притяжения на поверхности планеты-великана в $2\frac{1}{2}$ раза больше, чем на Земле. Если бы на крючок пружинных весов мы повесили какую-нибудь гирию и перенесли с нею на Юпитер, то оказалось бы, что здесь она весит в $2\frac{1}{2}$ раза больше и гораздо стремительнее падает, чем на Земле. Ни на одном из миров нашей планетной семьи нет такого сильного напряжения тяжести. Насколько легко и свободно нам было бы на Марсе, настолько же грузными и беспомощными чувствовали бы мы себя на Юпитере. Арабский скакун при такой силе тяжести двигался бы с неуклюжестью бегемота.

Быстро вращаясь вокруг оси, Юпитер кружится вокруг Солнца медленнее Земли и употребляет около 12 наших лет, чтобы замкнуть свой путь. Этот долгий «год» состоит более чем из 10 000 Юпитеровых дней и такого же числа ночей. Любопытно еще, что день и ночь на всех пунктах исполинской планеты всегда равны между собою, так как ось Юпитера направлена почти под прямым углом к плоскости его орбиты (а не наклонена к ней под острым углом, как у нашей планеты). По той же причине нет на Юпитере ни смены времен года, ни климатических «поясов».

Впрочем, Солнце так скупно посылает сюда свои лучи, что не будь у Юпитера собственного запаса теплоты, мир этот неминуемо застыл бы в оковах страшного холода. Свеча на расстоянии двух сажен светит не вдвое, а вчетверо слабее, чем на расстоянии одной сажени; таков закон освещения. Поэтому Юпитер, удаленный от Солнца в пять раз больше, чем Земля, должен получать тепла и света в 5×5 , т. е. в 25 раз меньше.

72. Планета или меньшее солнце?

Такой вопрос можно поставить относительно Юпитера – самой крупной из планет нашей системы. Этот исполин, из которого можно было бы сделать 1 300 шаров

такого объема, как земной, своим могучим притяжением заставляет обращаться вокруг себя целый рой спутников. Астрономами обнаружено у Юпитера 67 лун; самые крупные из них – те 4, которые еще три века назад были открыты Галилеем, – обозначаются римскими цифрами I, II, III, IV. Спутники III и IV по размерам не уступают «настоящей» планете – Меркурию. В следующей табличке поперечники этих спутников сопоставлены с размерами диаметров Меркурия и Марса; заодно указаны также поперечники первых двух спутников Юпитера, а также и нашей Луны:

	Поперечник
Марс	6770 км
III спутник Юпитера	5150 км
IV спутник Юпитера	5180 км
Меркурий	4800 км
I спутник Юпитера	3730 км
Луна	3480 км
II спутник Юпитера	3150 км

Рис. 76 представляет иллюстрацию той же таблички. Большой круг – Юпитер; каждый из выстроенных по его диаметру кружков – Земля; справа – Луна, Кружки по левую сторону Юпитера – его крупнейшие 4 спутника. Направо от Луны – Марс и Меркурий. Рассматривая этот чертеж, вы должны иметь в виду, что перед вами не диаграмма, а рисунок: соотношение площадей кружков не дает правильного представления о соотношении объемов шаров. Объемы шаров относятся, как кубы их поперечников. Если диаметр Юпитера в 11 раз больше диаметра Земли, то объем его больше в 11^3 , т. е. в 1 300 раз. Сообразно этому вы и должны исправить зрительное впечатление от рис. 76, и тогда огромные размеры Юпитера предстанут перед вами в надлежащем виде.

Что касается мощи Юпитера, как притягивающего центра, то она внушительно выступает при обозрении расстояний, на которых планетный гигант заставляет обращаться вокруг себя свои луны. Вот табличка этих расстояний:

Расстояния	В километрах	Сравнительные
Луны от Земли.....	380 000	1
III спутника от Юпитера.....	1 070 000	3
IV спутника от Юпитера.....	1 900 000	5
IX спутника от Юпитера.....	24 000 000	63

Вы видите, что система Юпитера имеет размеры в 63 раза большие, чем система Земля – Луна; столь широко раскинувшейся семьей спутников не владеет никакая другая планета.

Не без основания, значит, уподобляют Юпитер маленькому солнцу. Масса его втрое больше массы всех прочих планет, вместе взятых; и исчезни вдруг Солнце, – место его мог бы занять Юпитер, заставляя все планеты, хотя и медленно, обращаться вокруг него, как около нового центрального тела системы.

Есть черты сходства Юпитера с Солнцем и по физическому устройству. Средняя плотность его вещества – 1,3 по отношению к воде – близка к плотности Солнца (1,4); подобно Солнцу, Юпитер менее плотен, чем окружающие его тела: плотность его спутников

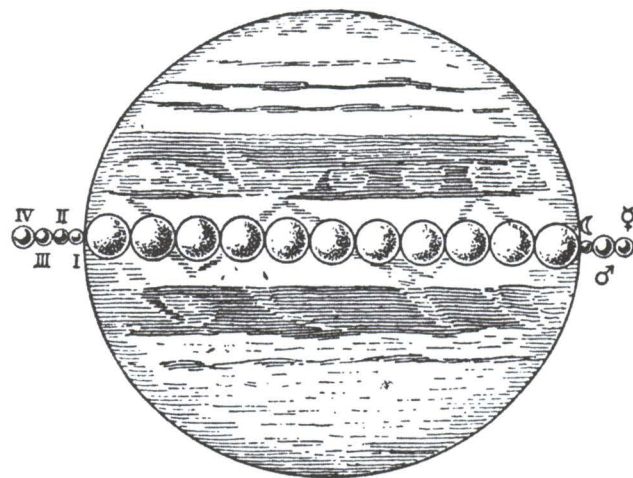


Рис. 76. Юпитер и его спутники (налево) по сравнению с размерами Земли (вдоль диаметра), Луны, Марса и Меркурия (направо).

достигает 2,9, т. е. вдвое с лишним больше плотности центральной планеты.

Еще совсем недавно уподобление Юпитера Солнцу простирали и дальше; предполагали, что эта планета не покрыта твердой корой и едва вышла из стадии самосветящегося тела. Сейчас этот взгляд приходится безусловно отвергнуть: непосредственное измерение температуры Юпитера показало, что она чрезвычайно низка: на 100°С ниже нуля! Не следует думать, что речь идет о температуре наружных слоев юпитеровой атмосферы; измерение производилось для инфракрасных лучей, беспрепятственно пронизывающих атмосферу и испускаемых несомненно самой поверхностью планеты. Температура - 100°С показывает, что Юпитер – вполне остывшая планета, находящаяся, так сказать, исключительно на энергетическом иждивении далекого Солнца, живущая всецело на его тепловом пайке¹. Паек этот очень скуден. Если Земля ежеминутно получает от Солнца примерно по 2 малых калорий на каж-

¹ То же нужно сказать и о Сатурне, температура поверхности которого еще ниже, чем для Юпитера (-150°С).



Юпитер и его спутник Ганимед. Снимок НАСА, сделанный телескопом Хаббл. Опубликовано 24 июня 2016 г.

дый см, перпендикулярно поставленный к его лучам, то Юпитер, удаленный в 5,2 раза более, получает лучистой энергии в $5,2 \times 5,2$ т. е. в 27 раз меньше: 0,074 малых калорий.

Низкая температура Юпитера делает трудно разрешимой задачей объяснение его физических особенностей: бурных явлений в атмосфере, полос, пятен и т. п. Астрономия стоит здесь перед целым клубком загадок¹.

Новейшими исследованиями в стратосфере Юпитера (а также его соседа Сатурна) неожиданно обнаружено несомненное присутствие аммиака и метана².

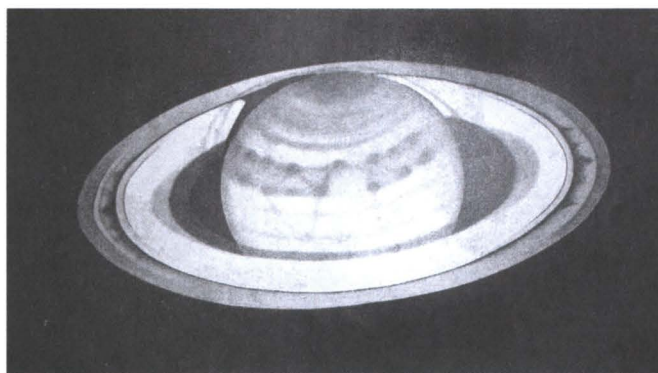
73. Миры-великаны - полузастывшие солнца: Сатурн.

Еще меньше света и тепла посылает Солнце в те отдаленные окраины своего царства, где движется следующая планета – Сатурн. Этот «ближайший» сосед Юпитера (по ту сторону) отдален от планеты-великана почти на столько же, на сколько сам Юпитер отдален от Солнца. Другими словами, орбита Сатурна сразу переносит нас на двойную дистанцию Юпитера. В эти глубины небесного океана солнечные лучи достигают ослабленными в 90 раз более, чем к нам; на Сатурне даже в полдень должно быть такое же освещение, какое бывает на Земле в редкие минуты почти полного затмения Солнца, когда $\frac{99}{100}$ дневного светила заслонено Луной.

Но Сатурн, как и Юпитер, – не холодное тело: его еще с большим правом можно назвать полузастывшим уменьшенным солнцем. Это тоже гигант среди миров. Он всего в $1\frac{1}{2}$ -2 раза меньше Юпитера по объему и занимает по огромности второе место в семье планет. Многие черты делают обе величайшие планеты весьма

¹ Несмотря на прояснение учеными многих процессов, происходящих в атмосфере Юпитера, происхождение его полос и пятен до сих пор непонятно (прим. ред.).

² Еще значительно содержание метана в атмосфере более далеких планет – Урана и особенно Нептуна.

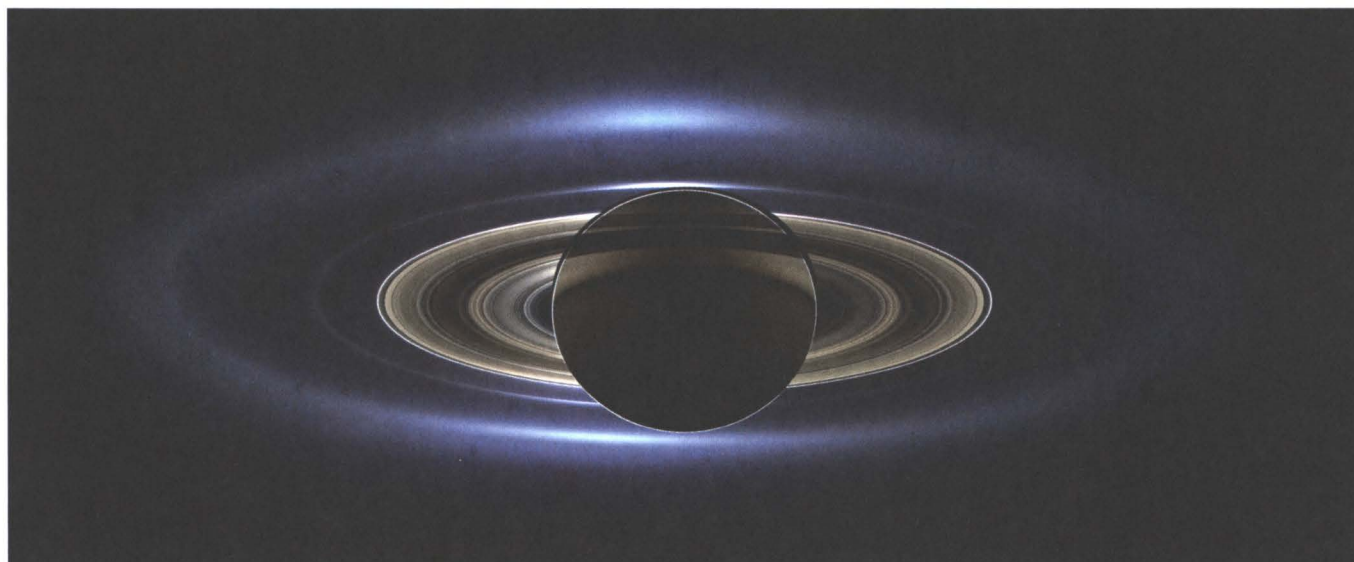


Сатурн с его кольцами, видимый в сильный телескоп. Рисунок итальянского астронома Маджини, 1913 г.

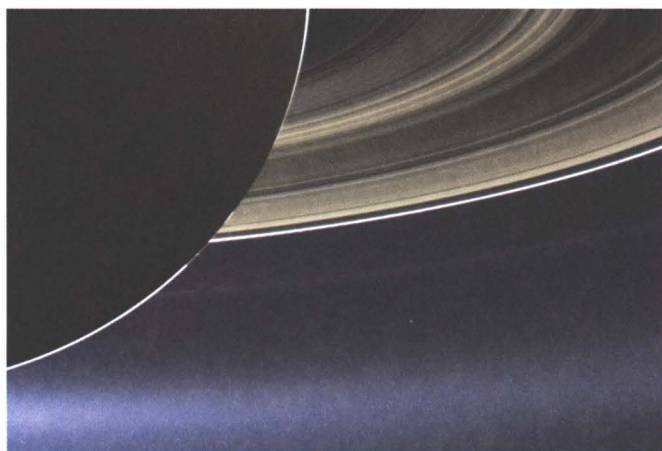
сходными между собою. Сатурн также составлен из вещества мало плотного, – вдвое менее массивного, чем Юпитер, ибо средняя плотность Сатурна в 8 раз меньше земной; если бы можно было погрузить в водяной океан этот колоссальный шар, он должен был бы плавать на поверхности воды. Надо думать, что Сатурн, как и Юпитер, в значительной части своей газообразен, и лишь в недрах его стусилось более плотное газовое ядро, без резких скачков переходящее в высокую атмосферу. Если бы мы могли перенестись в этот мир, мы очутились бы в безграничном горячем газовом океане, простирающемся, как и на Юпитере, в бездонные недра планеты и постепенно становящемся в глубине все плотнее и горячее.

Огромный горячий газовый шар Сатурна – полупланеты, полу-солнца, – находится в таком же быстром вращательном движении, как и Юпитер. Сатурновы «сутки» тоже в два с лишком раза меньше наших – они равны всего $10\frac{1}{4}$ часам. Зато «год» Сатурна страшно долг: он измеряется $29\frac{1}{2}$ нашими годами, и в то время, пока Сатурн успевает один раз замкнуть свой путь кругом солнца, Земля делает почти 30 полных кругов.

Шар Сатурна представляет в телескоп картину, очень сходную с видом Юпитера: он тоже весьма заметно сжат у полюсов и, насколько удастся рассмотреть,



Фотография Сатурна, полученная американским КА «Кассини» с орбиты планеты-гиганта. Фотография НАСА. 19 июля 2013 г.



Фрагмент фотографии Сатурна, полученной КА «Кассини» 19 июля 2013 г. Интересно отметить, что почти по середине снимка, «под» кольцами планеты, видна в виде голубой точки Земля. Это третий в истории фотографический вид нашей планеты, полученный из-за пределов земной орбиты.

опоясан расплывчатыми, изменчивыми полосами; за дальностью расстояния, очертания этих полос кажутся гораздо слабее и нежнее, чем на Юпитере.

Сходство двух величайших планет проявляется и в обилии спутников. У Сатурна насчитывают 62 луны, 53 из которых имеют собственные названия, раскинутых на различных расстояниях от центральной планеты и



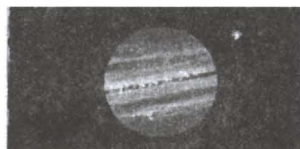
Сатурн отбрасывает тень на свои кольца.



Кольца Сатурна при малом раскрытии.



Кольца, видимые с ребра.



Кольца в момент исчезновения.

Сатурн и его кольца в различных положениях относительно Солнца и Земли.

обращающихся в самые разнообразные сроки – от одних наших суток до $1\frac{1}{2}$ наших лет. В общем Сатурновы спутники не слишком объемисты даже по сравнению с нашей Луной. Только один из них, названный Титаном (гигантом), почти равен Луне, самые крупные из остальных имеют поперечник вдвое и втрое меньше, чем Луна; а самые мелкие, лишь недавно открытые, шириною, вероятно, не более ста километров.

Телескоп открыл у Сатурна одну поразительную особенность, которая резко отличает эту планету не только от его близнеца – Юпитера, но и от всех других миров нашей системы. Особенность эта – загадочное плоское кольцо, свободно висящее вокруг планеты и окружающее ее наподобие полей шляпы. Благодаря этому кольцу, видимому для нас лишь сбоку, Сатурн имеет в телескоп чрезвычайно своеобразный вид. Когда 300 лет тому назад Галилей впервые направил на эту

планету свою несовершенную трубу, Сатурн показался ему снабженным по бокам какими-то непонятными придатками, которые великий ученый принял было за самостоятельные планеты. «Это словно два служителя, поддерживающие старого Сатурна на его пути», – писал тогда Галилей. Долгое время странные придатки Сатурна оставались загадочными, – тем более, что нередко они таинственным образом исчезали. И только спустя полстолетия после первого наблюдения Галилея, сильная труба Гюйгенса разъяснила, наконец, в чем дело. «Сатурн окружен тонким плоским кольцом, не прикасающимся к нему и наклоненным к его орбите», – объявил Гюйгенс. Непонятная изменчивость формы кольца и периодические исчезновения его стали тогда вполне естественны. Во время 30-летнего странствования по обширной орбите Сатурн обращает к нам свое кольцо



Галилео Галилей (1564-1642). Портрет работы Оттавио Леони, 1624 г. Рисунок карандашом. Biblioteca Marciana во Флоренции, Италия.

под разными углами – отсюда и различный вид его. Когда же это тонкое плоское кольцо становится к нам ребром, или когда оно освещается с ребра Солнцем, или же, наконец, когда обращает к нам свою темную, неосвещенную часть – во всех этих случаях оно делается совершенно невидимым. Подобные исчезновения кольца могут наблюдаться каждый год по несколько раз.

За 250 лет, протекавшие со времен Гюйгенса, наши знания о Сатурновом кольце значительно обогатились. Астрономы тщательно измерили его во всех направлениях, изучили его движение, а главное – определили его природу. Мы знаем теперь, что Сатурново кольцо – не сплошное, твердое, а густой кольцеобразный рой мелких телец, в роде камешков или пылинок, быстро движущихся вокруг планеты, подобно тому, как обращается вокруг Солнца пояс планетоидов. Но, в отличие от последнего, крупинки в Сатурновом кольце распо-



Христиан Гюйгенс (1629-1695).
Портрет работы Каспара Нечера, 1671, масло, музей Boerhaave, Лейден.

ложены гораздо теснее, гуще, так что издали собрание их производит впечатление сплошного тела и даже отбрасывает тень на поверхность планеты. Обломки распределены в этом кольце не равномерно: кольцо расщеплено круговыми щелями, по крайней мере, на три самостоятельных кольца, вращающихся одно в другом и отделенных друг от друга промежутками в тысячи километров. Ширина всех трех колец в пять раз превышает поперечник земного шара; толщина же их, довольно неравномерная, так мала, что кольца с ребра остаются невидимыми даже в сильнейшие телескопы. В среднем она, вероятно, не превышает ста километров. Значит, толщина колец меньше их ширины в тысячу раз, т. е. примерно во столько же, во сколько раз толщина страницы этой книги меньше ее ширины.

Мы сказали, что кольцо Сатурна расщеплено на три, – но есть еще и четвертое: самое внутреннее кольцо не резко отграничено с внутреннего края, а слабеет лишь постепенно, оканчиваясь неясной серой полупрозрачной каймой. Мы имеем здесь четвертое кольцо, называемое «темным», «туманным» или «серым». Оно настолько неплотно, что сквозь него видна бывает в телескоп поверхность самой планеты.

Небесный венец Сатурна не висит неподвижно, а довольно быстро обращается вокруг планеты, причем внутренние частицы успевают сделать полный оборот в 5 часов, между тем как у наружного края они заканчивают обращение лишь в 12 часов.

Несколько цифр дадут более определенное представление о размерах и положении Сатурновых колец.

Все четыре кольца – три светлых и темное – расположены в одной плоскости, под углом около трети прямого угла к орбите Сатурна. Между кольцом и самой планетой остается прозор всего в два земных поперечника. Значит, наша Луна раз в 15 дальше от нас, чем край Сатурнова кольца от поверхности планеты. Спутники же Сатурна, не исключая и самого близкого, лежат далеко за внешним краем кольца. Наблюдатель, помещенный на поверхности такого спутника, мог бы увидеть великолепный, единственный в своем роде небесный ландшафт: огромную планету, плывущую по небу внутри исполинского, быстро вращающегося кольца.

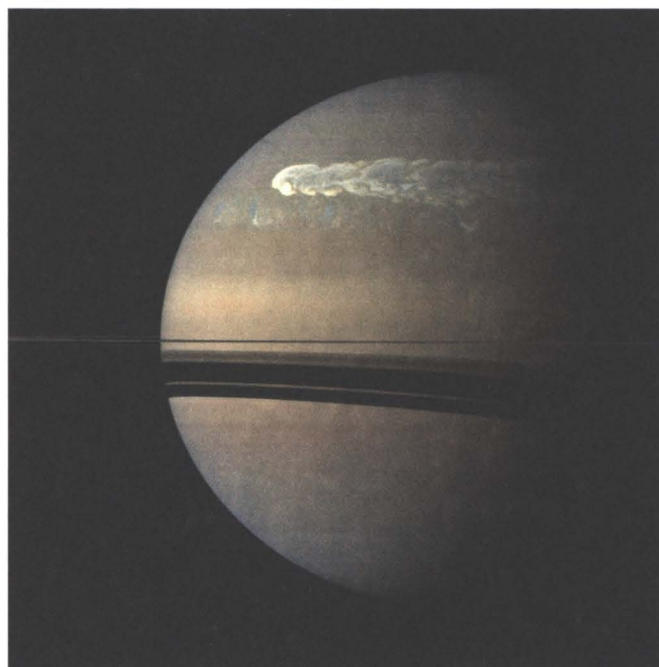
Таков, в кратких чертах, мир Сатурна – самого удивительного, самого таинственного из далеких миров нашей планетной семьи.

74. Исчезновение колец Сатурна

1920-21 гг. разнесся у нас сенсационный слух: Сатурн лишился своих колец! Мало того, обломки разрушенных колец летят в мировом пространстве по направлению к Солнцу и по пути должны обрушиться на Землю. Называли даже день, когда должно произойти катастрофическое столкновение...

История эта может служить характерным примером того, как зарождаются слухи. Поводом к возникновению сенсации послужило попросту то, что в названном году кольца Сатурна на короткое время перестали быть видимы, «исчезли», по выражению астрономического календаря. Молва поняла это выражение буквально, как физическое исчезновение, т. е. разрушение колец, и украсила событие дальнейшими подробностями, приличествующими мировой катастрофе; отсюда падение обломков к Солнцу и неизбежное столкновение с Землей.

Столько шума наделало невинное сообщение астрономического календаря об оптическом исчезно-



«Исчезнувшие» кольца Сатурна. От них осталась лишь тень на поверхности планеты. Фотография сделана КА «Кассини» 25 февраля 2011 г.

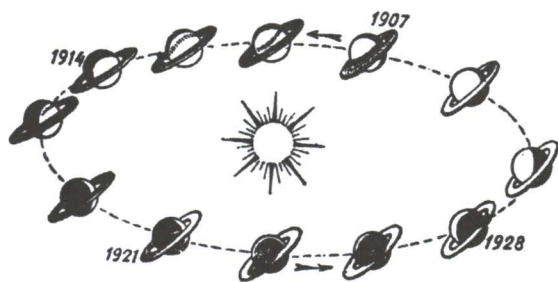


Рис. 77. Какие положения занимают Сатурновы кольца по отношению к Солнцу в течение 29-летнего обхода планеты по орбите.

вании Сатурновых колец! Чем же обуславливается это исчезновение? Кольца Сатурна очень тонки; толщина их измеряется двумя-тремя десятками километров¹; по сравнению с их шириной, они имеют толщину листа бумаги. Поэтому, когда кольца становятся к Солнцу ребром, их верхние и нижние поверхности не освещаются, – и кольца делаются невидимыми. Невидимы они также тогда, когда становятся ребром к земному наблюдателю.

Кольца Сатурна наклонены к плоскости земной орбиты под углом в 27°, но за время 29-летнего обхода по планетной орбите кольца в двух диаметрально противоположных ее точках становятся ребром к Солнцу и к земному наблюдателю (рис. 77). А в двух других точках, расположенных на 90° от первых, кольца, напротив, показывают Солнцу и Земле свою наибольшую ширину, «раскрываются», как говорят астрономы.

75. Астрономические анаграммы

Исчезновение колец Сатурна некогда сильно озадачило Галилея, который был близок к открытию этой достопримечательности планеты, но не осуществил его именно из-за непонятного исчезновения колец. История эта очень любопытна. В то время существовал обычай закреплять за собой право на первенство в каком-либо открытии своеобразным способом. Направ на открытие, которое нуждается в дальнейшем подтверждении, ученый из опасения, чтобы его не опередили другие, прибегал к помощи анаграммы (перестановки букв): он кратко объявлял о сущности своего открытия в форме анаграммы, истинный смысл которой был известен лишь ему одному. Это давало ученому возможность не спеша проверить свое открытие, а в случае появления другого претендента – доказать свое первенство. Когда же он окончательно убеждался в правильности первоначальной догадки, он раскрывал секрет анаграммы. Заметив в свою несовершенную трубу, что Сатурн имеет по бокам какие-то придатки, Галилей поспешил сделать заявку на это открытие и опубликовал следующий набор букв:

Smaisnermiclmbpobtalcvmibvneuvgttaviras

Догадаться, что скрывается под этим шифром – совершенно невозможно. Конечно, можно испытать все перестановки из этих 39 букв и таким образом разыскать ту фразу, которую составил Галилей; но пришлось

¹ По современные данным толщина колец Сатурна не превышает 1 км (прим. ред.).

бы проделать чудовищную работу. Кто знаком с теорией соединений, тот может выразить общее число возможных здесь различных перестановок (с повторениями). Вот оно

$$39!$$

$$4! 3! 2! 2! 4! 2! 4! 2! 3! 3! 4!$$

После несложных преобразований имеем

$$2 \times 39!$$

$$24^7$$

Число это состоит примерно из 35 цифр (вспомним, что число секунд в году состоит «только» из 8 цифр!). Теперь понятно, как хорошо забронировал Галилей секрет своей заявки.

Гениальный современник и друг итальянского физика, Кеплер, с присущим ему беспримерным терпением затратил немало труда на то, чтобы проникнуть в сокровенный смысл заявки своего друга, и ему казалось, что он добился этого, когда из опубликованных букв (опустив три) составил такую латинскую фразу:

Salve umbestineum geminata Martia proles

(Привет вам, близнецы, Марса порождение).

Кеплер был убежден, что Галилей открыл те два спутника Марса, существование которых подозревал великий немецкий астроном² (они в действительности и были открыты, но спустя два с половиной века). Однако остроумие Кеплера на этот раз не привело к цели. Когда Галилей раскрыл, наконец, секрет своей заявки, оказалось, что фраза – если двумя буквами пренебречь – такова:

Altissimam planetam tergeminum observavi

(Высочайшую планету тройною наблюдал).

Из-за слабости своей трубы Галилей не мог понять истинного значения этого «тройного» образа Сатурна, а когда спустя несколько лет боковые придатки планеты совершенно исчезли, Галилей решил, что он ошибся и никаких придатков у Сатурна нет.

Открыть кольца Сатурна посчастливилось только через полвека другому великому основоположнику науки, голландцу Гюйгенсу. Подобно Галилею, он не сра-

² Очевидно, Кеплер руководствовался при этом предполагаемой прогрессией в числе спутников планет: зная, что у Земли 1 спутник, а у Юпитера 4, он считал естественным существование у промежуточной планеты, Марса, 2 спутников. Подобный ход мыслей заставил других мыслителей подозревать наличие двух марсовых спутников. У Вольтера в астрономической фантазии «Микромегас» (1750 г.) находим упоминание о том, что его воображаемые путешественники, приблизившись в Марсу, увидели две луны, служащие этой планете и до сих пор скрывающиеся от взора наших астрономов. В еще ранее написанных «Путешествиях Гулливера» Свифта (1720 г.) имеется сходное место: астрономы Лапуты «открыли двух спутников, обращающихся вокруг Марса». Эти любопытные догадки получили полное подтверждение лишь в 1877 г., когда американский астроном Асаф Холл обнаружил существование двух спутников Марса с помощью сильного телескопа.



Иоганн Кеплер в возрасте 39 лет.
Портрет работы неизвестного художника.

зу опубликовал о своем открытии, а скрыл догадку под тайнописью:

aaaaaaa, cccc, d, eeeee, g, h, iiiiii, llll, mm, nnnnnnnnn,
oooo, pp, q, rr, s, tttt, uuuu.

Спустя три года, убедившись в правильности своей догадки, Гюйгенс обнародовал смысл заявки:

Annulo cingitur tenui, nusquam cohaerente, ad eclipticam
inclfnato

(Кольцом окружен тонким, нигде не прикасающимся, к эклиптике наклоненным).

76. Уран – «опрокинутый» мир.

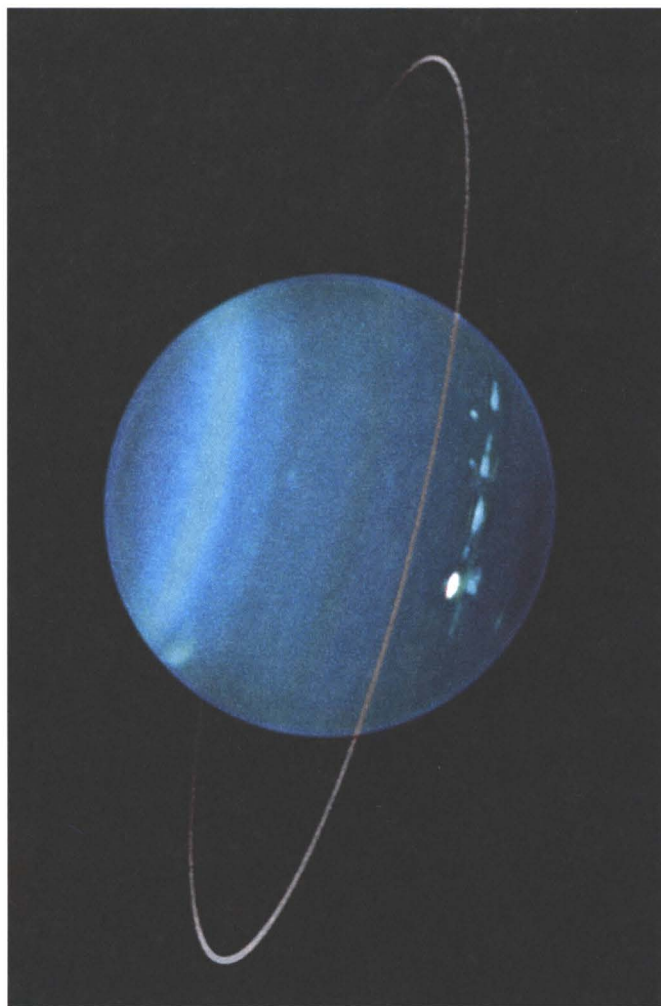
Долгое время полагали, что орбита Сатурна представляет собою уже границу солнечного царства, а далее за нею, до неподвижных звезд, на биллионы километров простирается пустынный мировой океан. Но в 1781 г. знаменитый астроном Уильям Гершель, обозревая небо в свой исполинский телескоп, совершенно случайно открыл в этой мнимой пустыне еще одну планету, которую назвал Ураном. И так как новооткрытый мир расположен почти столь же далеко от Сатурна, как Сатурн от Солнца, то граница нашего планетного царства сразу оказалась отодвинутой на двойное расстояние. Восемьдесят четыре года – почти целый век – должен мчаться Уран в полутемных пустынях мироздания, чтобы замкнуть свой огромный путь вокруг далекого

Солнца, которое светит для него почти в 400 раз тусклее, чем для нас.

Надо удивляться, что столь отдаленное и скупое освещаемое небесное тело все же доступно еще невооруженному глазу: зоркий человек при благоприятных условиях может различить эту планету в виде едва заметной слабой звездочки 6-й величины. Объясняется это крупными размерами Урана, хотя он и не так огромен, как Юпитер и Сатурн. По объему он превышает Землю в 55 раз, тяжелее же нашей планеты всего в 14 раз, так что средняя плотность его всего в 2 раза превышает плотность воды; в этом отношении Уран вполне походит на Юпитер.

При страшной удаленности Урана едва удастся даже в сильнейшие телескопы различить на его поверхности какие-либо подробности. Лишь с большим трудом установлено недавно, что этот далекий мир вращается вокруг оси в 11 часов, т. е. почти так же, как Юпитер и Сатурн. А изучение спектра Урана приводит к мысли, что он обладает очень плотной и высокой атмосферой, в которой имеются, между прочим, какие-то вещества, отсутствующие в атмосферах других планет.

10 марта 1977 г. было сделано большое открытие. Во время видимого прохождения планеты по диску удаленной звезды SAO 158687, ученые двух обсерваторий – летающей американской имени Койпера и об-



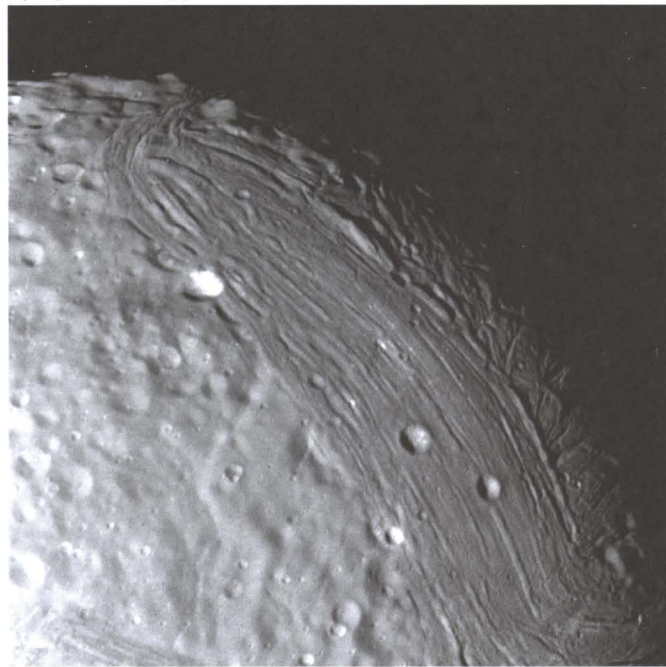
Составная фотография Урана, полученная в обсерватории Кека на острове Гавайи, США. 11-12 июля 2004 г.



Воздушная обсерватория имени Койпера. В ее состав входил телескоп системы Кассегрена с диаметром зеркала 91,5 см, работавший в инфракрасном диапазоне. Кроме колец Урана, ученые обсерватории обнаружили атмосферу на Плутоне. В качестве платформы, несшей научное оборудование, служил специально переоборудованный транспортный самолет Lockheed C-141A Starlifter, позывной NASA 714. Обсерватория работала с 1974 по 1995 гг.

серватории города Перта, Австралия, обнаружили, что Уран окружен кольцом, подобным кольцу Сатурна. Впоследствии, 24 января 1986 г. американский КА «Voyager 2» пролетая в 81,5 тыс. км от планеты, обнаружил два новых кольца, 10 новых спутников Урана, а также магнитное поле, превышающее по мощности поле Сатурна.

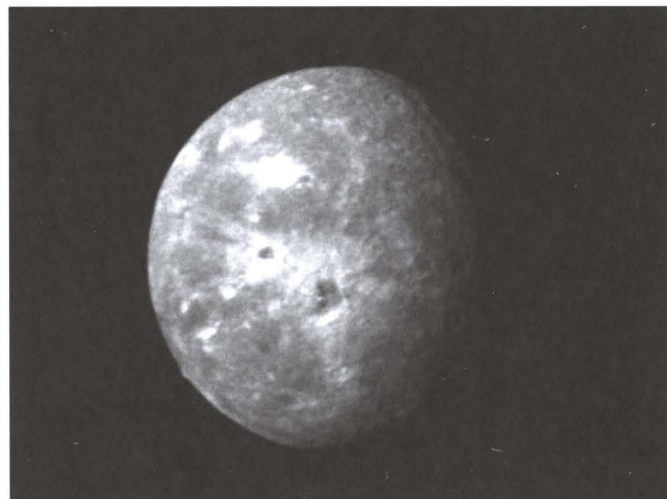
Уран можно назвать «опрокинутым миром»: ось его вращения не отвесна к орбите и не наклонена под углом к ней, а почти совершенно лежит в ее плоскости. Чтобы наглядно представить разницу в этом отношении между Ураном и другими планетами, мы можем сказать, что



Спутник Урана Миранда. Фотография, сделанная КА «Voyager 2» 24 января 1986 г., показывает сложную геологическую историю урановой луны. Разрешение снимка составляет 700 м. Фотография НАСА, опубликована 10 мая 2004 г.

Юпитер – это волчок, который вертится стоя; Земля, Марс, Сатурн – волчки, вертящиеся наклонно, а Уран – волчок, который вертится лежа. Поверните земной глобус так, чтобы он одним полюсом прямо обращен был к лампе – и вы сможете сами понять, как необычайно должны складываться на Уране условия солнечного освещения и чередования времен года.

Вокруг экватора этой «опрокинутой» планеты обращаются ее спутники, которых мы знаем пока 27. Крупнейшие из них – Оберон и Миранда, были обнаружены английским астрономом немецкого происхождения. Уильямом Гершелем в 1787 г. Нетрудно понять, что система Урановых лун должна представляться земным наблюдателям в довольно странных положениях. И действительно: то мы видим ее с ребра – и тогда спутники словно качаются вверх и вниз; то мы наблюдаем ее с лица – и тогда они движутся по кругам, как концы стре-

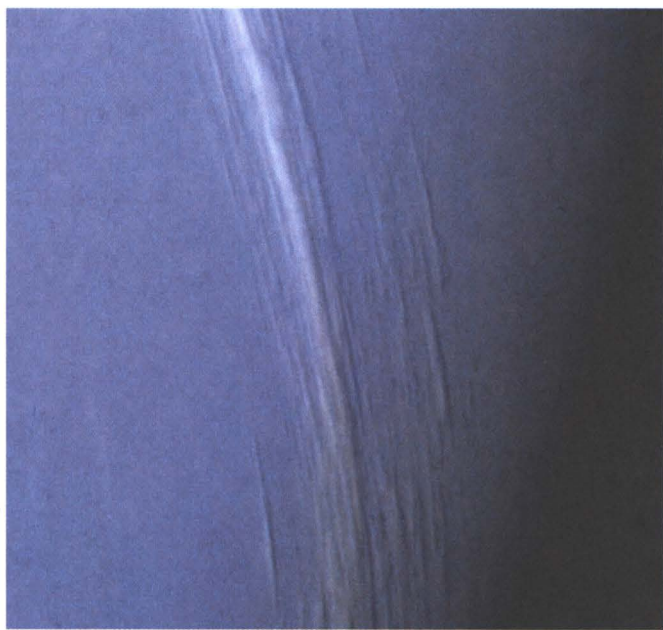


Спутник Урана Оберон. Фотография, сделана КА «Voyager 2» с расстояния 660 тыс. км. Разрешение снимка составляет около 12 км. Фотография НАСА, опубликована 5 сентября 2009 г.

лок на стенных часах; то, наконец, система Урана представляется нам под большим или меньшим углом, – и тогда спутники кажутся движущимися по более или менее сжатому овалу. В течение одного долгого «года» Урана – т. е. в 84-летний промежуток – весь этот мир дважды становится к нам ребром и два раза обращается к нам «лицом». Время обращения спутников (к слову сказать, довольно мелких – не больше крупных планетовидов) длится от двух до 13 дней. Это единственные луны в нашей системе, которые движутся не в восточно-западном направлении, а, как и сам Уран, в северозападном.

77. Нептун – отдаленнейшая из «больших» планет.

Один из самых далеких из известных нам миров солнечного царства – Нептун, открыт всего 170 лет тому назад. С того времени, как люди узнали о его существовании, эта крайняя планета нашей системы успела пройти немногим более одного оборота своего огромного пути вокруг Солнца. Удаленный от дневного светила в 30 раз больше, нежели Земля, Нептун требует



Снимок поверхности Нептуна, сделанный КА «Вояджер 2» ясно показывает, что полоса облаков на Нептуне имеет вертикальный рельеф высотой свыше 50 км. Ширина полосы оценивается в диапазоне от 50 до 200 км, а ширина ее тени - от 30 до 50 км.
Снимок НАСА. 31 июля 2015 г.

165 лет для одного полного оборота, несмотря на то, что он безостановочно мчится впятеро быстрее пушечного ядра. Четыре человеческих поколения сменилось с тех пор, как мы узнали о существовании этой отдаленнейшей планеты, – а на ней самой за то же время протекло, можно сказать, чуть больше года!

Нептун по размерам сопоставим с Ураном. Его экваториальный радиус составляет 24,8 тыс. км и всего лишь менее, чем на тысячу километров меньше соответствующего радиуса своего «соседа». Масса планеты превосходит земную только в 17 раз, из чего следует, что плотность ее вещества невысока. В действительности она достигает значения в $1,64 \text{ г/см}^3$. По этому параметру Нептун занимает промежуточное положение между Землей и газовыми гигантами.

Среднее расстояние между Нептуном и Солнцем – 4,55 млрд км, что соответствует 30,1 расстояний между Землей и Солнцем. Расстояние между Нептуном и нашей планетой лежит в диапазоне от 4,3 до 4,6 млрд км. Планета имеет весьма сильное магнитное поле, схожее с таковым на Уране. Сходство также выражается и в его сильном наклоне, до 47° , по отношению к оси вращения планеты. Свое действие магнитное поле Нептуна распространяет на расстояние до 13,5 тыс. км от его поверхности. Ученые связывают характеристики магнитного поля с внутренним строением планеты, в котором присутствуют электропроводящие жидкости, в частности, в поверхностном слое планеты.

Атмосфера планеты содержит 80% водорода и 19% гелия. Также в ней замечены следы метана, что придает ей ярко-синий цвет. Кроме того, в атмосфере обнаружены облака аммиака и сероводорода.

Климат на планете изменчив, изобилует штормами с сверхзвуковой скоростью ветров. Средняя температура атмосферы составляет -200°C . Смена «времен года» на Нептуне происходит за 40 лет. КА «Voyager 2» обна-

ружил вокруг планеты кольца, подобные кольцам Сатурна, но значительно менее наполненные объектами.

В настоящее время известны 14 спутников Нептуна. Самый большой из них – Тритон, имеет массу в 99,5 % от суммарной массы всех спутников планеты. Масса самого Тритона позволяет ему держать сфероидальную форму, но не более того. Средний радиус самой большой непутовой луны составляет 1353 км. Он был открыт в 1846 г. английским астрономом Уильямом Ласселом. Это случилось лишь через две с небольшим недели после открытия самой планеты. Спустя сто лет, в 1949 г. американско-голландский астроном Джерард Койпер открыл второй спутник Нептуна. Он получил название Нереида в честь морской нимфы из греческой мифологии. Особенностью спутника является очень вытянутая орбита. Это один из самых больших эксцентриситетов среди всех спутников Солнечной системы.

Остальные спутники Нептуна малы и были открыты с помощью космических аппаратов. В 1989 г. американский КА «Вояджер-2» открыл шесть спутников, а 2002-2003 гг. были открыты еще 5 спутников планеты. Последний, четырнадцатый спутник был открыт совсем недавно, в 2013 г. У него еще нет собственного имени, а только обозначение - S/2004 N 1.

История открытия Нептуна дает нам блестящее доказательство необычайной изобретательности человеческого гения в деле познания тайн природы. Этот далекий мир был усмотрен впервые вовсе не на небе, а... на бумаге, среди столбцов цифр, как результат математических выкладок! Когда еще ни один человеческий глаз не видел планеты, указана была уже заранее точка неба, где должен был находиться этот неизвестный мир, угаданы были его расстояние, вес, объем, продолжительность обращения.



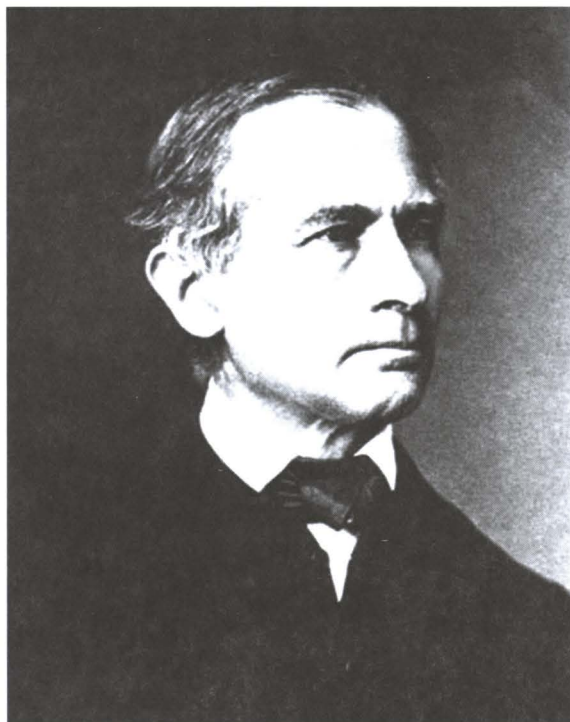
Самый большой спутник Нептуна Тритон был открыт английским астрономом Уильямом Ласселом в 1846 г. Фотография сделана американским КА «Voyager 2» в 1989 г.

Вот как произошло это поразительное открытие, в котором перья математиков оказались более зоркими, чем самые сильные телескопы. В первой половине XIX в., когда никто и не думал о возможности существования какой-либо планеты за Ураном, замечены были стран-



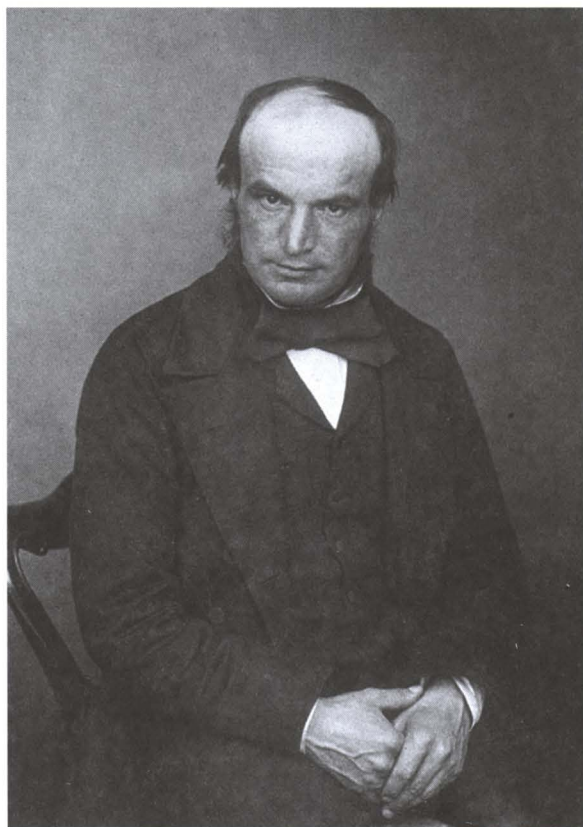
Французский математик Урбен Жан Жозеф Леверье (1811-1877), вычисливший в 1845-1846 гг. положение на небе неоткрытого тогда еще Нептуна. 23 сентября 1846 г. немецкий астроном Иоганн Готтфрид Галле (1812-1910), получивший данные об элементах орбиты планеты от Леверье, обнаружил Нептун с помощью телескопа рядом с предсказанным местом.

ные неправильности в движении самого Урана. Это-то и навело астрономов на мысль: не находится ли далее, за орбитой Урана, еще одна планета, которая своим при-



Немецкий астроном Иоганн Готтфрид Галле, обнаруживший Нептун в телескоп.

тяжением нарушает правильность его движения? Два великих математика – знаменитый Леверье во Франции и молодой Адамс в Англии – без взаимного уговора принялись за вычисления с целью определить, где должна находиться эта предполагаемая планета. Результаты получились у обоих поразительно согласные, – и телескоп, направленный на соответствующую точ-



Джон Кауч Адамс (1819-1892) – британский математик и астроном, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук, член Лондонского королевского общества. Адамс параллельно с Леверье производил аналогичные расчеты, целью которых было объяснение неправильностей в движении Урана. Он передал результаты своих вычислений астрономам Джеймсу Чэллису и Джорджу Бидделю Эйри, которые и обнаружили планету. Однако британцам повезло меньше – пальма первенства в открытии «последней» планеты была присуждена французам.

ку неба, вскоре подтвердил предсказание математиков: 24 сентября 1846 года здесь усмотрено было небольшое светило, медленно изменяющее свое положение между звездами. Это и была планета, впоследствии названная Нептуном.

Открытие Нептуна является великим торжеством вычислительной астрономии – науки, которая помогает человеку измерять небеса и взвешивать миры.

А сам Нептун, столь чудесно извлеченный из тьмы мирового пространства, является ли уже последним членом нашей планетной семьи? Едва ли. Скорее нужно думать, что орбита Нептуна еще далека от крайних пределов планетного царства. Кое-какие частности в движении Нептуна и Урана и замечательные особенности в расположении путей некоторых комет заставляют подозревать за Нептуновой орбитой существование одной и даже нескольких планет. И подобно тому, как прежде Леверье и Адамс заранее вычислили размеры и



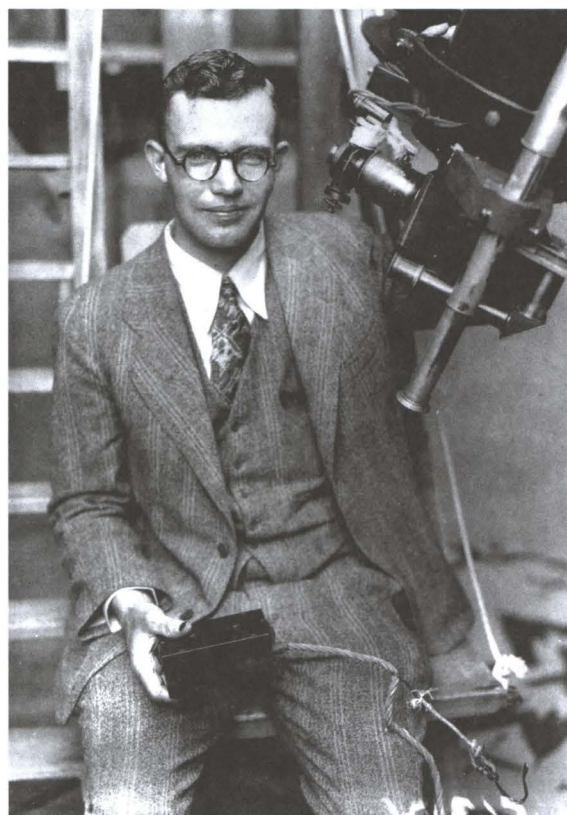
Английский священник, астроном и физик Джеймс Чэллис.

расстояние Нептуна, – так теперь целый ряд астрономов математиков работает над вычислениями невидимых за-Нептуновских планет. Но здесь задача несравненно более трудная и менее определенная, а оттого и результаты получаются весьма разноречивые. Астроном Григуль пришел к заключению, что за Нептуном существует лишь одна планета, отстоящая от Солнца в 50 раз далее Земли и совершающая полный оборот в 360 лет. Астроном Си подозревает существование трех



Английский математик и астроном Джордж Биддель Эйри.

за-Нептуновских планет, из которых ближайшая в 40 раз дальше Земли, а остальные две – в 56 и 72 раза; последняя совершает свой путь кругом Солнца в 610 лет. Покойный астроном Ловелл, исследуя в последние годы своей жизни движения Урана, пришел к заключению, что наблюдаемые в его движении неправильности могли бы быть объяснены, если допустить, что за Непту-



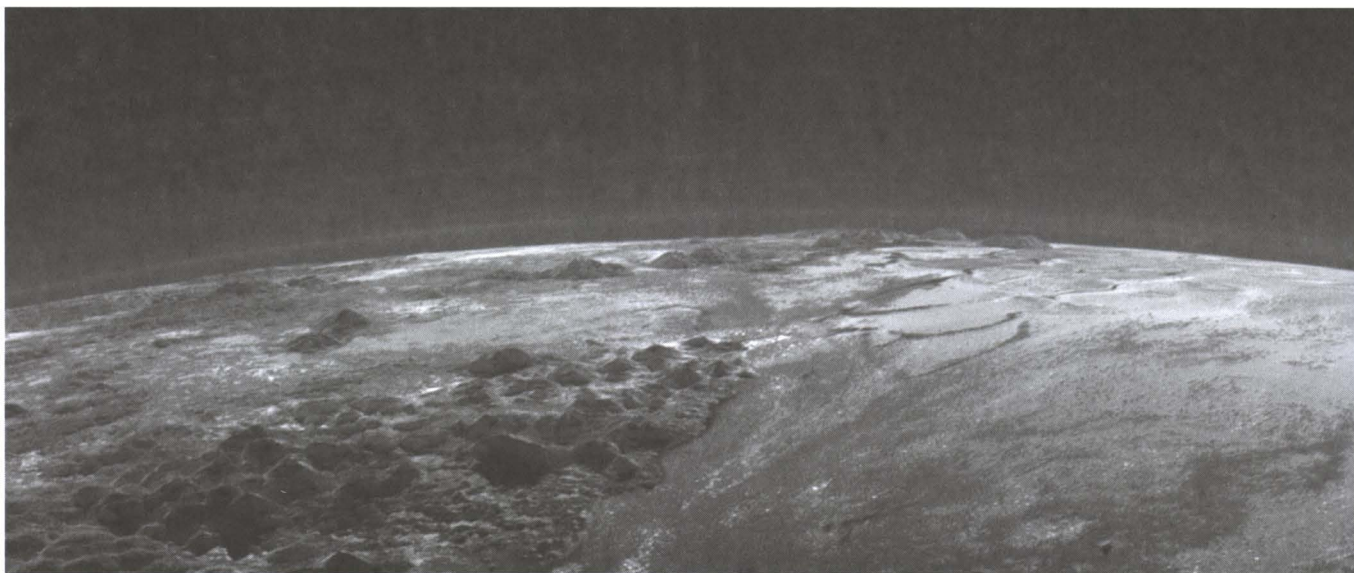
Американский астроном Клайд Уильям Томбо (1906-1997), открывший карликовую планету Плутон в 1930 г.

ном существует планета обращающаяся вокруг Солнца в период около 300 лет.

78. Планета далее Нептуна

В первом издании этой книги (1929 г.) я писал, что последняя известная нам планета солнечной системы Нептун, отброшенный от Солнца в 30 раз далее, чем Земля. Теперь я не могу повторить этого, потому что в 1930 г. прибавил к нашей солнечной системе нового члена, – 9-ю крупную планету, обращающуюся около Солнца далее Нептуна.

Открытие это не было полной неожиданностью. Астрономы давно уже склонялись к мысли о существовании неизвестной планеты далее Нептуна. Без малого 100 лет назад крайней планетой солнечной системы считался Уран. Некоторые неправильности в его движении навели на подозрение о существовании еще более далекой планеты, притяжение которой нарушает расчисленный бег Урана. Математическое исследование вопроса французским астрономом Леверрье завершилось блестящим открытием: заподозренная планета была усмотрена в телескоп. Мир, открытый «на кончике пера» вычислителя, был обнаружен для человеческого глаза.



Захватывающая дух панорама Плутона: ледяные горы, равнины и туманная мгла сверху. Высота орбиты аппарата была в этот момент 18 000 км, ширина охваченного вида - 380 км. Высота гор (слева) - около 3500 м. Горы на переднем плане получили неофициальное название Норгэй, на заднем плане, у горизонта - Хиллари. Снимок сделан КА «Новые горизонты» во время пролета мимо планеты 14 июля 2015 г.

Так был открыт Нептун. Впоследствии оказалось, что влияние Нептуна не объясняет без остатка всех неправильностей в движении Урана. Тогда выдвинута была мысль о существовании еще одной, занептунной планеты. Надо было ее отыскать, и вычислители стали работать над этой задачей. Предложены были довольно разнообразные варианты ее решения: орбиты 9-й планеты относили на различные расстояния от Солнца и наделяли разыскиваемое небесное тело различной массой.

В 1930 г. (вернее, еще в конце 1929 г.) телескоп, наконец, извлек из мрака мироздания нового члена нашей планетной семьи, получившего название Плутона. Это открытие сделал молодой астроном Томбо.

Плутон кружится по пути, весьма близкому к одной из орбит, которые были предвычислены американским астрономом Ловеллом. Тем не менее, по утверждению специалистов, нельзя в этом видеть удачи вычислителя; совпадение орбит в данном случае не более, как любопытная случайность.



Логотип миссии «New Horizons».

Что мы знаем об этом новооткрытом мире? Пока немного, однако значительное продвижение в изучении отдаленных районов солнечной системы было сделано в начале XXI в. Американский КА «New Horizons» был

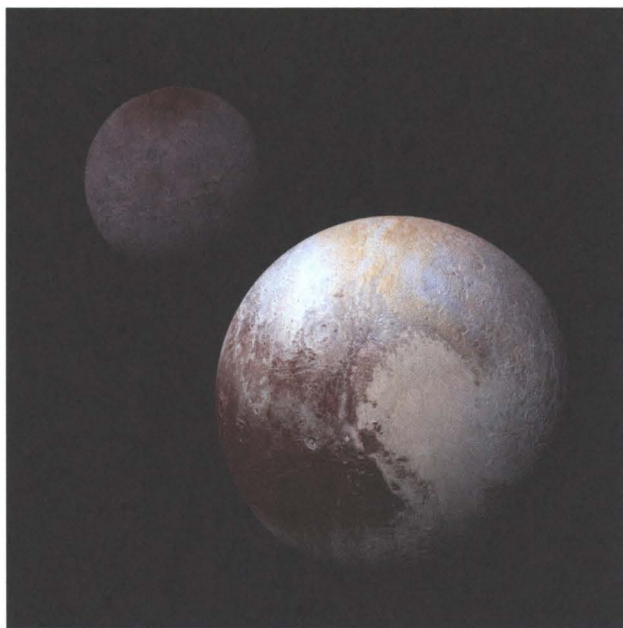
специально разработан для изучения Плутона. Запущенный в 2006 г, он достиг своей цели в январе 2015 г, когда началось выполнение основной программы изучения «последней планеты». В марте того же года КА подлетел к Плутону на расстояние менее 1 а. е., а в мае - разрешение фотографий, получаемых с аппарата впервые превысило разрешение снимков, которые до этого делал орбитальный телескоп «Хаббл». В этот период была сделана



КА «New Horizons», как увидел его художник НАСА.

знаменитая теперь на весь мир фотография Плутона с особой областью – светлым участком поверхности планеты, напоминающим условное изображение сердца и получившим название «сердце Плутона». Еще один символический момент заключается в том, что в аккумуляторах, поддерживающих работу всех систем аппарата, был использован химический элемент Плутоний.

После открытия спутника Харона в 1978 г., стало известно, что Плутон сравнительно невелик: его диаметр



Плутон и его спутник Харон. Интересно отметить, что общий центр вращения двух планет находится вне их обоих. Поэтому Плутон и Харон можно рассматривать, как двойную планету. Снимок сделан КА «Новые горизонты» во время пролета мимо планетной системы 14 июля 2015 г.

составляет 2374 км, а средняя плотность вещества планеты – $1,86 \text{ г/см}^3$. Масса равна всего-лишь 0,22% Земной. Предположительная структура планеты включает в себя три области; замерзший азот на поверхности планеты, далее слой водного льда и, наконец, ядро, состоящее из воды и силикатов.

Поверхность Плутона крайне неоднородна и изобилует кратерами, горными массивами и замерзшими равнинами. Состав поверхности определяется спектральным анализом, как состоящий на 97-98% азотного



Спутник Плутона Никта. Фотография сделана американским КА «New Horizons» 14 июля 2015 г. с расстояния около 23 тыс. км. Размеры освещенной области спутника равны 19×47 км. Изображение НАСА.

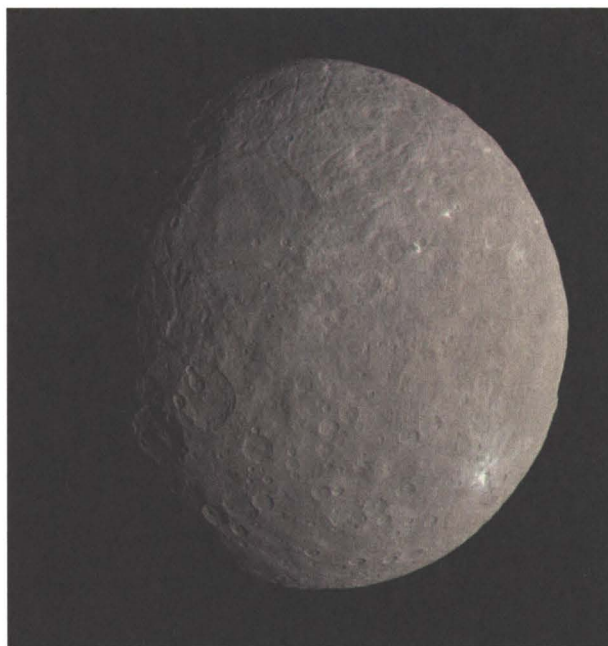
льда, небольших количеств замерзшего метана и водяного льда и некоторых других компонентов.

В 1985 г. на Плуtone была обнаружена атмосфера. Как и ожидалось, она очень разрежена и состоит в большей части из газов, испаряющихся из поверхностных льдов. В составе атмосферы найдены азот, а также примеси метана и угарного газа. Давление атмосферы на поверхности планеты едва достигает 0,007 мм рт. ст. Ее толщина оценивается примерно в 200 км.

Всего у Плутона на настоящее время известны пять спутников, из которых самый крупный и ближайший к нему – Харон. По массе он превосходит все остальные, вместе взятые. Кроме этого он примечателен тем, что покрыт водным льдом, а не метаново-азотным, как Плутон. Второй спутник от планеты – Стикс, далее идут Никта, Кербер и Гидра. Все они малы и имеют неправильную форму.

Плутон движется вокруг Солнца по довольно вытянутой (эксцентриситет 0,2488) орбите, заметно наклоненной (17°) к плоскости земной орбиты, на расстоянии в 40 раз большем, чем Земля. 250 лет затрачивает планета, чтобы обойти этот огромный путь.

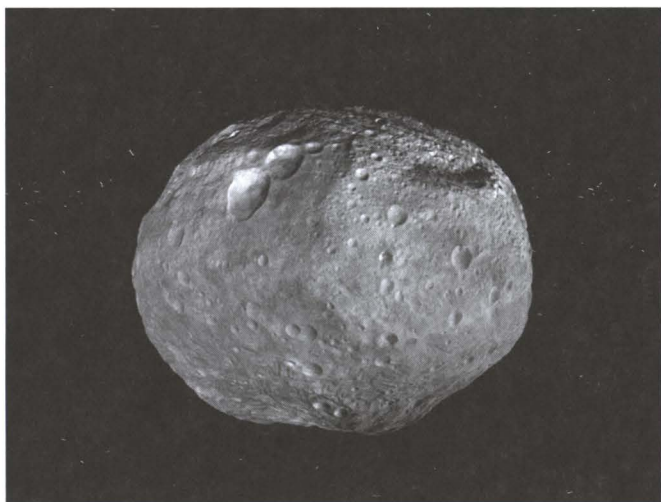
На небе Плутона Солнце светит в 1 600 раз тусклее, чем на земном. Оно виднеется маленьким диском в 45 угловых секунд, т. е. примерно такой величины, какой мы видим Юпитер. Интересно однако установить, что светит ярче: Солнце на Плуtone или полная Луна на Земле?



Цветной снимок карликовой планеты Церера, сделанный КА «Dawn» в рамках одноименной миссии, цель которой изучить протопланету Веста и карликовую – Церера. Снимок сделан на основе данных, полученных НАСА в 2015 г.

Оказывается, далекий Плутон вовсе не так обделен солнечным светом, как можно думать. Полная Луна светит у нас в 440 000 раз слабее Солнца. На небе же Плутона дневное светило тусклее, чем у нас в 1 600 раз. Значит, яркость солнечного света на Плуtone в

$$\frac{440\,000}{1\,600},$$



Фотография карликовой планеты Веста, сделанный КА «Dawn» в рамках одноименной миссии. В верхней части изображения видна цепочка из трех кратеров, известная под названием «Снеговик»
Снимок сделан на основе данных, полученных НАСА в 2015 г.

т. е. в 275 раз сильнее, чем свет полной Луны на Земле. Небо на Плутоне так же ясно, как на Земле, так как он лишен атмосферы, поэтому дневное освещение там равно освещению 275 полных лун и раз в 30 ярче самой светлой белой ночи в Ленинграде. Называть Плутон царством вечной ночи было бы поэтому неправильно. Судьба Плутона оказалась «трагичной». С момента своего открытия и до 2006 г. он занимал почетное место девятой планеты солнечной системы. Однако, накопленные данные выявили отличие Плутона от других планет. В частности, он не удовлетворяет третьему критерию определения Международного астрономического союза (МАС), сформулированного для планет. А именно, Плутон не является гравитационной доминантой, а рядом с ним находится его спутник сопоставимого с ним размера. Поэтому решением МАС, планета была отнесена сразу к двум классам: карликовым



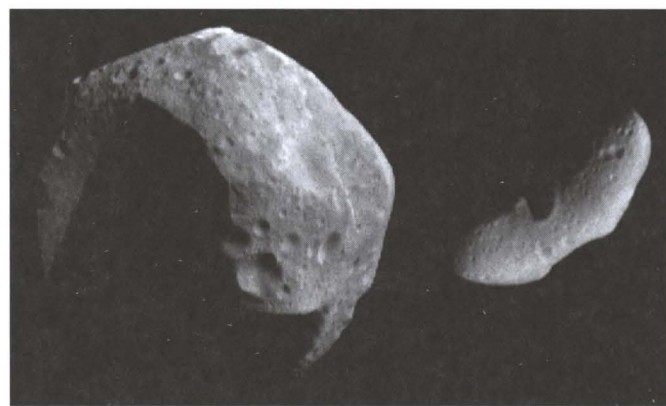
Астероид Лютеция. Изображение получено КА «Rosetta», запущенный в космос 2 марта 2004 г. Европейским космическим агентством. Аппаратура для миссии была получена от НАСА. В частности американская сторона предоставила спектрограф ALICE, комбинированный спектрометр-радиометр MIRO и ионно-электронный сенсор IES и некоторое другое оборудование. Цель миссии, рассчитанной на 10 лет – изучение кометы Чурюмова-Герасименко.

планетам и к классу транснептуновых тел, позже получившему название «плутоиды».

Однако далеко не все астрономы согласились с такой постановкой вопроса и теперь можно надеяться только на то, что с течением времени будут найдены новые, более четкие критерии классификации планет и астрономическое сообщество достигнет консенсуса в этом вопросе.

79. Планеты-карлики

9 крупных планет, о которых мы до сих пор беседовали, не исчерпывают всего планетного населения нашей солнечной системы. Они только наиболее заметные по величине его представители. Кроме них около Солнца кружится на разных расстояниях множество гораздо более мелких планеток. Эти карлики планетного мира называются астероидами (буквально – «звездopodobные»), или просто «малыми планетами». Наибо-

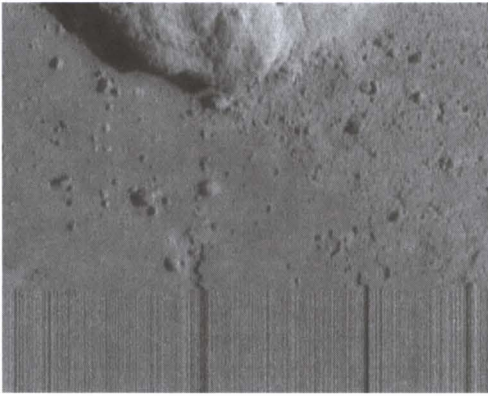


На этом составном изображении показаны в одном масштабе астероиды Матильда (слева) и Эрос (справа). Размеры астероидов соответственно 56 км и 33 км. Снимок получен с помощью КА «NEAR Shoemaker» в рамках миссии НАСА по изучению околоземных астероидов. Запущенный 17 февраля 1996 г., через 16 месяцев аппарат достиг астероида Матильда и 27 июня 1997 г. пролетел мимо нее на расстоянии 1200 км. Весь 2000-й г. аппарат проработал на орбите Эроса, после чего 14 февраля 2001 г. совершил мягкую посадку на астероид и еще две недели изучал его поверхность. К декабрю 2002 г. связь с аппаратом была окончательно потеряна, миссия завершилась.

лее значительная из них, Церера, имеет в поперечнике около 700 км; она значительно меньше Луны по объему, примерно во столько же раз, во сколько сама Луна меньше Земли.

Первая из малых планет, Церера, открыта была в первую же ночь XIX столетия (1 января 1801 г.). До начала XX в. их было обнаружено свыше 400. Все они движутся вокруг Солнца между орбитами Марса и Юпитера. До недавнего времени считалось поэтому установленным, что астероиды скучены кольцом в широком промежутке между орбитами двух названных планет.

XX в. и в особенности самые недавние годы раздвинули границы пояса астероидов. Уже найденный в 1898 г. Эрос выступал за эти пределы, потому что значительная часть его пути находится внутри орбиты Марса. В 1920 г. астрономы наткнулись на астероид Гидальго, путь которого пересекает орбиту Юпитера и проходит далеко от орбиты Сатурна. Астероид Гидальго замечателен и в другом отношении: из всех известных планет



Последний снимок поверхности Эроса, полученный с помощью КА «NEAR Shoemaker» после его посадки на астероид. Изображение охватывает участок поверхности 6 м шириной (в вертикальном направлении по снимку). Часть скалы вверху снимка имеет ширину 4 м. Вертикальные линии внизу кадра указывают на потерю сигнала аппарата во время передачи изображения на Землю. 17 февраля 2001 г. Изображение НАСА.

он обладает чрезвычайно вытянутой орбитой (эксцентриситет ее равен 0,65), к тому же всего сильнее наклоненной к плоскости земной орбиты – под углом в 43° . Отметим кстати, что наименование свое планетка получила в честь Гидальго-и-Кастилья, прославленного героя революционной борьбы Мексики за свою независимость, умершего в 1811 г.

Еще более расширилась зона карликовых планет в 1936 г., когда открыт был астероид с эксцентриситетом 0,78, наибольшим из всех пока известных. Новый член нашей солнечной системы получил название Адонис¹.

¹ Адонис является околоземным астероидом из группы аполлонов, имеющий сильно вытянутую орбиту. По расчетам, произведенным в университете Пизы, Италия в XXI в. астероид пролетит мимо Земли 6 раз на расстоянии менее 30 млн. км, а в 2036 г. подойдет на расстояние мене 5,3 млн. км (прим. ред.).



Симеизская астрономическая исследовательская обсерватория в Крыму. Ее история началась с передачи в 1906 г. промышленником Н. С. Мальцевым его собственной любительской обсерватории в дар Пулковской для создания ее южного астрофизического отделения. После установки в 1908 г. двойного астрографа ($D = 120$ мм), обсерватория начала свою работу, которая продолжается до настоящего времени. Инициатором создания Симеизского отделения Пулковской обсерватории стал российский астроном, геодезист и гравиметрист Алексей Павлович Ганский (1870-1908).



Алексей Павлович Ганский (1870-1908) – талантливый астрофизик, исследователь Солнца. Участвовал в экспедициях на Новую Землю, в Испанию и в Среднюю Азию для наблюдения полных солнечных затмений. В 1897–1905 гг. совершил 9 восхождений на Монблан для определения солнечной постоянной, внезатменных наблюдений солнечной короны, наблюдений Венеры. Вице-президент Русского астрономического общества, секретарь Русского отделения Международной солнечной комиссии. Награжден медалью им. Жансена Парижской академии наук (1904). Трагически погиб в Симеизе 29 июля 1908 года. Его именем назван лунный кратер и малая планета 1118.

Особенность новооткрытой планетки та, что в наиболее удаленной точке своего пути она отходит от Солнца почти на расстояние Юпитера, в ближайшей же проходит недалеко от орбиты Меркурия.

Система регистрации астероидов не лишена общего интереса, так как может быть с успехом применена и не для астрономических целей. Сначала выписывается год открытия планетки; затем – буква, означающая полуме-



Григорий Николаевич Неуймин (1885-1946) – российский (советский) астроном. Основные научные работы связаны с систематическим поиском и наблюдением за малыми планетами. Открыл 63 астероида. Начал работать в Симеизской обсерватории в 1912 г., в 1925-1931 гг. и 1936-1941 гг. был ее руководителем. В 1941-1943 гг. возглавлял Симеизскую обсерваторию в эвакуации в Китабской широтной станции. В 1944-1946 гг. - директор Пулковской обсерватории.



Клим Иванович Чурюмов (1937-2016) – советский и украинский астроном, открывший кометы 67P/Чурюмова – Герасименко (1969) и C/1986 N1/Чурюмова – Солодовникова (1986). Доктор физико-математических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, действительный член Нью-Йоркской академии наук, директор Киевского планетария, главный редактор астрономического научно-популярного журнала «Наше Небо» (2006-2009), президент Украинского общества любителей астрономии. Популяризатор науки, детский писатель.

сяц даты открытия (год разделен на 24 полумесяца, обозначенных последовательно буквами алфавита).

Так как в течение полумесяца нередко открывают несколько планеток, они обозначаются вторыми буквами в порядке алфавита. Если 24 букв не хватает, повторяют их сначала, но с числами возле них. Например, 1932EA₁ есть астероид, открытый в 1932 г. в первой половине марта, 25-й по счету.

Вероятно, случаев подобного рода будет обнаружено еще много при дальнейших поисках. Астрономы склоняются теперь к мысли, что малые планеты не сосредоточены исключительно в определенной зоне, а



Молодые астрономы Светлана Герасименко и Клим Чурюмов. Во время наблюдений за кометой Комас Сола осенью 1969 г., они обнаружили на фотопластинах еще одну комету, которая была до тех пор неизвестна. В дальнейшем открытие было подтверждено и небесное тело было названо по имени первооткрывателей – комета Чурюмова-Герасименко.

рассеяны по всей солнечной системе, от центрального светила до крайней планеты – Плутона. Из бесчисленного их множества, вероятно, лишь небольшая часть доступна астрономическим инструментам; остальные ускользают от сетей охотников.

К 1930-м гг. число уловленных астрономами планет-карликов приблизилось к полутора тысячам: из них свыше сотни открыто астрономами Симеизской обсерватории (в Крыму, на берегу Черного моря), главным образом стараниями усердного ловца астероидов Г. Н. Неймина. Читатель не удивится, встретив в списке малых планет такие имена, как «Владилена» (в честь Владимира Ильича), а также «Морозовия» и «Фигнерия» (в честь Шлиссельбургских героев), «Симеиза» и др. По числу открытых астероидов Симеиз занимает второе место сре-



Снимок кометы Чурюмова-Герасименко, сделанный камерой КА «Rosetta» Европейского космического агентства 6 марта 2015 г. с расстояния 83 км. Миссия «Rosetta» предусматривала посадку на комету спускаемого аппарата «Philae» для проведения исследования вещества, из которого состоит комета. Затем предполагалась жесткая посадка самого КА «Rosetta» на поверхность кометы. Что и было сделано к 30 сентября 2016 г. Миссия, несмотря на некоторые технические проблемы, завершилась успешно. Полученные результаты не подтвердили теорию о кометном происхождении земной воды.

ди обсерваторий мира; по разработке теоретических вопросов, связанных с астероидами, советская астрономия также занимает видное место в мировой науке.

Размеры малых планет крайне разнообразны. Таких крупных, как Церера (диаметр около 700 км), насчитывается среди них всего несколько. Около семи десятков астероидов обладают поперечником свыше 100 км. Большая часть известных планеток имеет в диаметре от 20 до 40 км. Но есть много и совсем «крошечных» астероидов, диаметр которых едва достигает 2-3 км (слово «крошечный» взято в кавычки, потому что в устах астронома его надо понимать относительно). Хотя обнаружены далеко еще не все члены кольца астероидов, есть все же основа-

ния утверждать, что совокупная масса всех астероидов, открытых и неоткрытых, составляет около 1000-й доли массы земного шара. Полагают, что открыто пока не более 5% того числа астероидов, которое может быть доступно современным телескопам. К настоящему времени число открытых объектов превысило 670, 5 тыс. Всего объектов, имеющих размеры более 1 км, может быть в Солнечной системе от 1,1 до 1,9 млн.

«Можно было бы думать, – пишет наш лучший знаток этих планеток Г. Н. Неуймин, – что физические свойства всех астероидов приблизительно одинаковы; в действительности же мы сталкиваемся с поразительным разнообразием. Так, уже определения отражательной способности первых четырех астероидов показали, что Церера и Паллада отражают свет, как темные горные породы Земли, Юнона – как светлые породы, Веста – подобно белым облакам. Это тем более загадочно, что астероиды по своей малости не могут удержать около себя атмосферы; они несомненно лишены последней, и всю разницу в отражающей способности приходится приписать самим материалам, из которых состоит поверхность планеты».

80. Наши ближайшие соседи

Упомянутый в предыдущей статье астероид Адонис выделяется среди других не только чрезвычайно большой, чисто кометной вытянутостью своей орбиты. Он замечателен еще тем, что подходит к Земле ближе, нежели все прочие. По всей вероятности, он имеет право считаться ближайшей к Земле планетой. Правда, Луна ближе к нам, но ведь Луна, хотя и значительно крупнее астероидов, рангом ниже их: она не самостоятельная планета, а спутник планеты. Последние наблюдения за астероидом и расчеты его траектории говорят о том, что в 2036 г. он приблизится к Земле на расстояние около 5,3 млн км. Точные цифры имеются относительно приближения другого астероида – Аполлона, который также вправе числиться в списке планет, самых близких к Земле. Этот астероид прошел в год своего открытия на расстоянии всего $10\frac{1}{2}$ миллионов км от Земли. Такая дистанция должна быть признана (на планетную мерку) очень короткой, потому что Марс не приближается к Земле менее чем на 55 миллионов км, а Венера подходит к нам не ближе 40 миллионов км. Любопытно, что к Венере тот же астероид приближается еще теснее: всего на 200 000 км – вдвое ближе, чем Луна к Земле! Более тесного сближения планет мы в солнечной системе не знаем.

Этот наш планетный сосед замечателен еще и тем, что он – одна из самых маленьких планет, зарегистрированных астрономами. Диаметр его 1,5 км. Поучительно рассмотреть на этом примере, что означает на языке астрономии слово «маленький». Крошечный астероид, если он имеет в объеме всего $0,52 \text{ км}^3$, т. е.

$$520\,000\,000 \text{ м}^3,$$

то если он гранитный (а возможно, что он даже железный), то вес его составляет примерно

$$1\,500\,000\,000 \text{ т}^1$$

¹ Современная оценка диаметра астероида Аполлон дает диаметр 1,5 км, его масса — $5,1 \times 10^{12} \text{ кг}$ (прим. ред.).

Из такого материала можно было бы возвести 300 таких сооружений, как Хеопсова пирамида. Все железные дороги и все суда нашего Союза не перевозят в течение года подобного груза (примерно – втрое меньше).

Вы видите, как своеобразно надо понимать слово «маленький», когда его употребляет астроном.

81. Попутчики Юпитера

Среди сотен тысяч известных пока астероидов выделяется своим замечательным движением группа из десятка малых планет, которым присвоены имена героев Троянской войны: Ахилл, Патрокл, Гектор, Нестор, Приам, Агамемнон и т. д. Каждый «троянец» кружится около Солнца так, что он, Юпитер и Солнце в любой момент расположены на вершинах равностороннего треугольника. «Троянцев» можно считать своеобразными попутчиками Юпитера, которые сопровождают его, оставаясь на большом расстоянии: одни находятся на 60° впереди Юпитера, другие – настолько же позади него², и все завершают оборот около Солнца в одно и то же время.

Равновесие этого планетного треугольника устойчиво: если бы астероид вышел из своего положения, силы тяготения вернули бы его к покинутому месту.

Такая устойчивость возможна лишь потому, что масса астероида ничтожно мала по сравнению с массой Юпитера, а масса Юпитера в свою очередь незначительна по отношению к массе Солнца.

Задолго до открытия «троянцев» подобный случай подвижного равновесия трех притягивающихся тел был предусмотрен в чисто теоретических исследованиях гениального французского математика Лагранжа. Он рассматривал этот случай, как любопытную задачу и полагал, что едва ли где-нибудь во вселенной подобные соотношения осуществляются реально. Усердные поиски астероидов привели к тому, что для теоретического случая Лагранжа найдена была реальная иллюстрация в пределах нашей собственной планетной системы. Здесь наглядно обнаруживается, какое значение для развития астрономии имеет тщательное изучение тех безжизненных небесных крупинок, которые объединяются под наименованием малых планет³.

² Всего на начало 2015 г. в обеих группах обнаружено 6178 троянских астероидов Юпитера.

³ Тем не менее неуклонно возрастающее число известных астероидов становится уже обременительным для астрономов наших дней; раздаются голоса за то, что гнаться за дальнейшим увеличением числа астероидов «совершенно нерационально. От этого могут только пострадать уже известные (занумерованные) планеты... Рост числа открытий за последние годы уже привел к тому, что старые планеты обслуживаются хуже как со стороны наблюдателей, так и вычислителей... Из 1264 планет, зарегистрированных до июня 1934 г. часть планет (именно 271) находятся в «угрожаемом» положении: их орбиты известны настолько неточно, что существует опасность потери этих планет... Для вновь открываемых планет неизбежно придется перейти к вычислению и наблюдению лишь наиболее ярких и интересных в теоретическом отношении объектов» (проф. И. Ф. Полак, «Что делать с малыми планетами?», «Астрономический календарь», 1936 г.).



Жозеф Луи Лагранж (1736-1813) – французский математик, астроном и механик. Крупнейший математик XVIII века. Вершиной научной деятельности Лагранжа стала написанная в Берлине «Аналитическая механика», в которой установил фундаментальный «принцип возможных перемещений», который стал основой математики механики. Внес огромный вклад в развитие математического анализа, теории чисел, теорию вероятностей и численные методы. Создал вариационное исчисление.

82. Чужие небеса

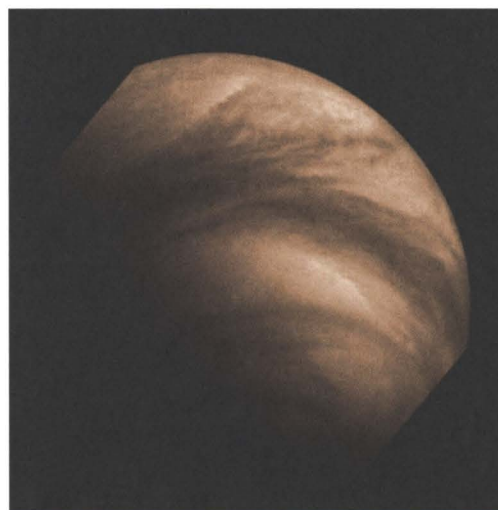
Мы совершили уже воображаемый перелет на поверхность Луны, чтобы бросить оттуда беглый взгляд на нашу Землю и другие светила. Посетим теперь мысленно планеты солнечной системы и полюбуемся открывающимися оттуда небесными картинами.

Начнем с Венеры. Если бы атмосфера там была достаточно прозрачна¹, то мы увидели бы диск Солнца, вдвое больший по площади, чем тот, который сияет на нашем небе; соответственно этому солнце Венеры посылает на эту планету вдвое больше тепла и света, чем на Землю. На ночном небе Венеры нас поразила бы звезда необычайной яркости. Это – Земля, сияющая здесь гораздо ярче, чем Венера у нас, хотя размеры обеих планет одинаковы. Легко понять, почему это так. Венера кружится около Солнца ближе, чем Земля. Поэтому в пору наибольшей ее близости к Земле мы совсем не можем ее видеть: она обращена к нам неосвещенной стороной. Она должна несколько удалиться в сторону, чтобы стать видимой, и тогда свет исходит лишь от узкого серпа, составляющего небольшую часть диска Венеры. Земля же на небе Венеры в пору наибольшей близости к ней светит полным диском, как у нас Марс в противостоянии. В итоге Земля на небе Венеры, находясь в полной фазе, светит в 6 раз ярче, чем Венера у нас при наибольшей ее яркости, если только, повторяем, небо нашей соседки вполне ясно. Было бы однако заблуждением думать, что земное сияние, обильно заливая ночную половину Венеры, может обусловить ее «пепельный свет»: освещение Венеры Землею равно по

¹ Видимость в атмосфере Венеры составляет порядка километра при толщине атмосферы в 250 км, таким образом на планете вовсе не бывает ясных дней (прим. ред.).

своей силе освещению нормальной свечи с расстояния 35 м; этого, конечно, недостаточно, чтобы породить явление «пепельного света».

К свету Земли на небе Венеры присоединяется нередко еще свет нашей Луны, которая сама по себе сияет здесь в 4 раза ярче Сириуса. Едва ли во всей солнечной системе найдется объект блистательнее двойной звезды Земля-Луна, украшающей небо Венеры. Видеть с Венеры простым глазом Землю и Луну раздельно наблюдатель мог бы лишь в моменты наибольшего оптического удаления их друг от друга. Зато в телескоп различались бы отсюда даже детали лунной поверхности.



Снимок Венеры с расстояния 30 тыс. км, сделан 8 декабря 2011 г. КА «Venus Express». Камеру для мониторинга Венеры разработали и построили немецкие специалисты из института Макса Планка. Изображение НАСА.

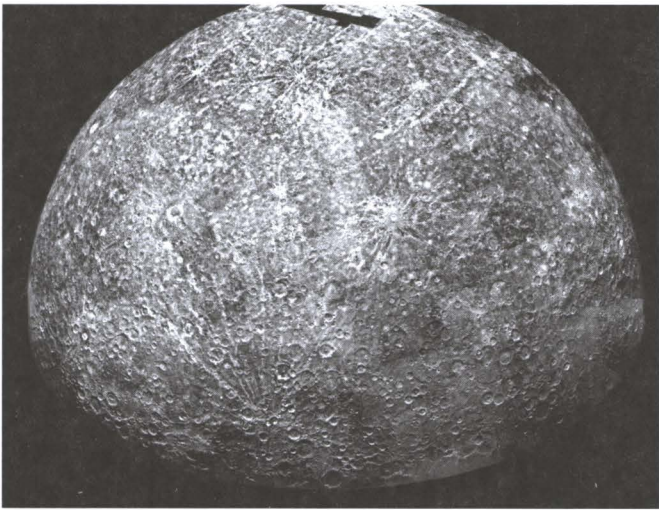
Другая планета, ярко сияющая на небе Венеры – Меркурий, ее утренняя и вечерняя звезда. Впрочем, и с Земли Меркурий виден яркой звездой, перед которой меркнет свет Сириуса. На Венере эта планета светит почти в 3 раза ярче, чем на Земле. Зато Марс сияет в 2½ раза слабее; чуть тусклее, чем у нас, светит Юпитер.

Что касается неподвижных звезд, то очертания созвездий совершенно одинаковы на небе всех планет солнечной системы. С Меркурия, с Юпитера, с Сатурна, с Нептуна и с Плутона мы увидели бы одни и те же звездные узоры. Так велико удаление звезд по сравнению с планетными расстояниями.

*

Умчимся с Венеры на маленький Меркурий, перенесемся в странный мир, лишенный атмосферы², не знающий смены дня и ночи. Солнце неподвижно висит здесь на небе огромным диском, в 6 раз большим (по площади), чем на Земле. Наша планета на небе Меркурия светит примерно вдвое ярче, чем Венера на земном небе. Сама Венера сияет здесь необычайно ярко. Никакая другая звезда или планета нигде в нашей системе не

² Американский КА «Маринер-10» обнаружил на Меркурии предельно разреженную атмосферу, давление которой в $5 \cdot 10^{11}$ раз меньше давления земной атмосферы. В его атмосфере присутствуют атомы гелия, водорода, натрия, кислорода, калия и аргона.



Составная фотография Меркурия, полученная с американского КА «Mariner 10» во время его последнего пролета мимо планеты. Аппарат к настоящему времени сделал более 7000 снимков Меркурия, Венеры и Земли. 23 ноября 2011 г. Изображение НАСА.

светит так ослепительно, как Венера на черном, безоблачном небе Меркурия.

*

Перенесемся на Марс. Солнце кажется отсюда диском, вдвое меньшим по площади, чем с Земли. Наш собственный мир сияет на небе Марса утренней и вечерней звездой, как у нас Венера, но тусклее ее, примерно таким, каким мы видим Юпитер. Земля никогда не видна здесь в своей полной фазе: марсиане могут видеть сразу не больше $\frac{3}{4}$ ее диска. Наша Луна видна была бы с Марса простому глазу звездой, почти столь же яркой, как Сириус. В телескоп и Земля и сопутствующая ей Луна показали бы свои фазы.

Гораздо больше внимания должен привлекать к себе на Марсовом небе ближайший спутник Марса – Фобос: при ничтожных своих размерах (22,2 км в диаметре), он настолько близок к Марсу, что, в период «полнофобосия» сияет в 25 раз ярче Венеры у нас. Второй спутник, Деймос, заметно менее яркое, но и он затмевает свет Земли на марсовом небе. Видимые поперечники обеих марсовых лун, однако, настолько малы, что различать с поверхности Марса их фазы невооруженным глазом мы бы не могли.

Прежде чем направиться дальше, остановимся на поверхности ближайшего спутника Марса. Мы увидим отсюда совершенно исключительное зрелище: на небе сияет, быстро меняя фазы, исполинский диск в несколько тысяч раз ярче нашей Луны. Это Марс. Диск его занимает на небе 45° , т. е. в 90 раз больше, чем у нас Луна. Только на ближайшем спутнике Юпитера можно наблюдать подобную же необычайную достопримечательность неба.

*

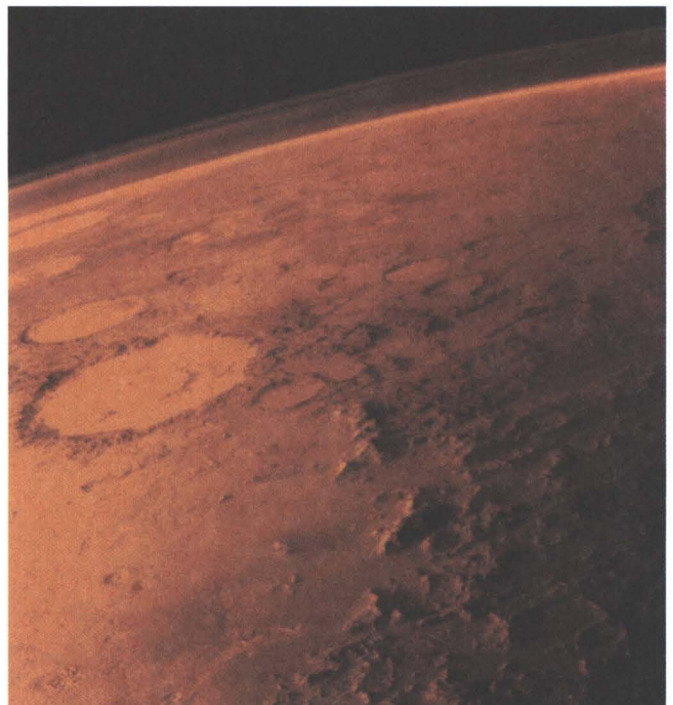
Перенесемся на поверхность сейчас упомянутой планеты-исполина. Если бы небо Юпитера было ясно, Солнце сияло бы на нем диском, в 25 раз меньшим по площади, чем на нашем небе; во столько же раз Солнце там и тусклее светит. Короткий пятичасовой день быстро сменяется ночью; на звездном фоне станем искать знакомые планеты. Мы их найдем, но как они

здесь изменились! Меркурий совершенно теряется в лучах Солнца; Венеру и Землю можно наблюдать в трубу только в сумерках, – они заходят вместе с Солнцем¹. Марс едва заметен. Зато Сатурн успешно соперничает в яркости с Сириусом.

Видное место на небе Юпитера занимают его луны: спутники I и II примерно так же ярки, как Земля на небе Венеры, III – втрое ярче Земли на Венере, IV и V – (в несколько раз ярче Сириуса. Что касается их размеров, то видимые поперечники первых четырех спутников больше поперечника Солнца. Первые три спутника при каждом обороте погружаются в тень Юпитера, так что в фазе полного диска они никогда не видны. Полные солнечные затмения тоже бывают в этом мире, но область их видимости обнимает лишь небольшой участок его поверхности.

Едва ли, впрочем, атмосфера на Юпитере так же прозрачна, как у нас на Земле: для этого она там слишком высока и плотна. Значительная плотность атмосферы может обусловить на Юпитере совершенно своеобразные оптические явления, связанные с преломлением лучей света. На Земле преломление лучей атмосферой незначительно и порождает лишь поднятие (оптическое) светил на небе (см. стр. 18). Но при большой высоте и плотности атмосферы на Юпитере возможны гораздо более заметные оптические явления. Лучи, исходящие из точки поверхности (рис. 78) очень наклонно, вовсе не покидают атмосферы, а загигаются к поверхности планеты, как радиоволны в земной атмосфере. Наблюдатель, находящийся в этой точке, может видеть нечто совершенно необычайное. Ему будет казаться, что он стоит на дне огромной чаши. Внутри чаши расположена почти вся поверхность огромной планеты, очертания которой близ кра-

¹ Земля светит на небе Юпитера звездой 8-й величины.



Тонкая атмосфера Марса. Снимок сделан КА «Viking 1» во время его миссии на орбите планеты в начале 1980-х гг. Изображение НАСА.

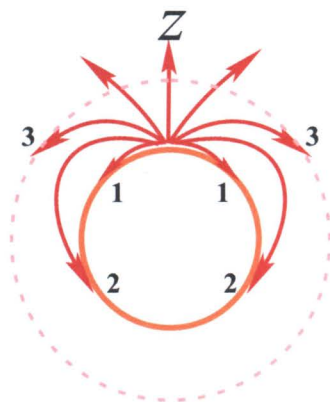


Рис. 78. Возможное искривление лучей света в атмосфере Юпитера. (О следствии этого феномена см. в тексте).

ев чаши сильно сжаты. А над чашей простирается небо – не полнеба, как у нас, а почти все небо, лишь у краев чаши туманное и размытое в очертаниях. Дневное светило никогда не покидает этого странного неба, так что полуночное Солнце можно видеть с любого пункта планеты. Действительно ли на Юпитере имеются такие необычайные условия, – сказать, конечно, нельзя.

Необыкновенно эффектное зрелище представляет сам Юпитер, видимый со своего ближайшего (VI) спутника. Исполинский диск планеты (рис. 79) поперечником почти в 100 раз больше нашей Луны¹, сияет всего в 6-7 раз слабее Солнца. Когда он касается горизонта нижним своим краем, его верхний край приходится у середины небосклона. А погружаясь под горизонт, диск

¹ Угловой диаметр Юпитера, рассматриваемого с этого спутника, – более 46°

этот занимает восьмую часть всего кругозора. По этому быстро вращающемуся диску проходят время от времени темные кружки – тени юпитеровых лун, бес- сильных, конечно, сколько-нибудь заметно «затмить» гигантскую планету.

*

Переходя к следующей планете, к Сатурну, проследим лишь за тем, в каком виде представляются наблюдателю на Сатурне знаменитые кольца этой планеты. Оказывается прежде всего, что кольца видны не со всех точек поверхности Сатурна. Начиная от полюсов до

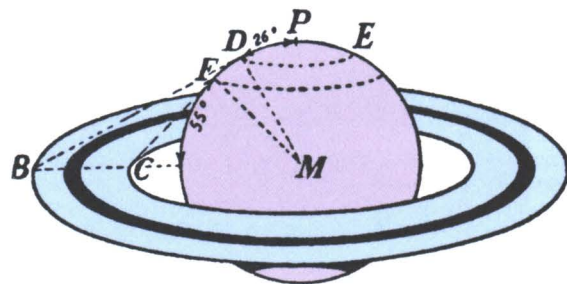


Рис. 80. Как определить видимость сатурновых колец для различных точек поверхности планеты. В полярной области планеты до 64-й параллели кольца вовсе не видны.

64-й параллели расположены те места, где кольца вовсе не видны. На границе этих полярных областей можно видеть лишь внешний край наружного кольца (рис. 80). Начиная с 64-й параллели до 35-й условия видимости колец улучшаются, видна все большая их часть, а на 35-й параллели наблюдатель может любоваться всей

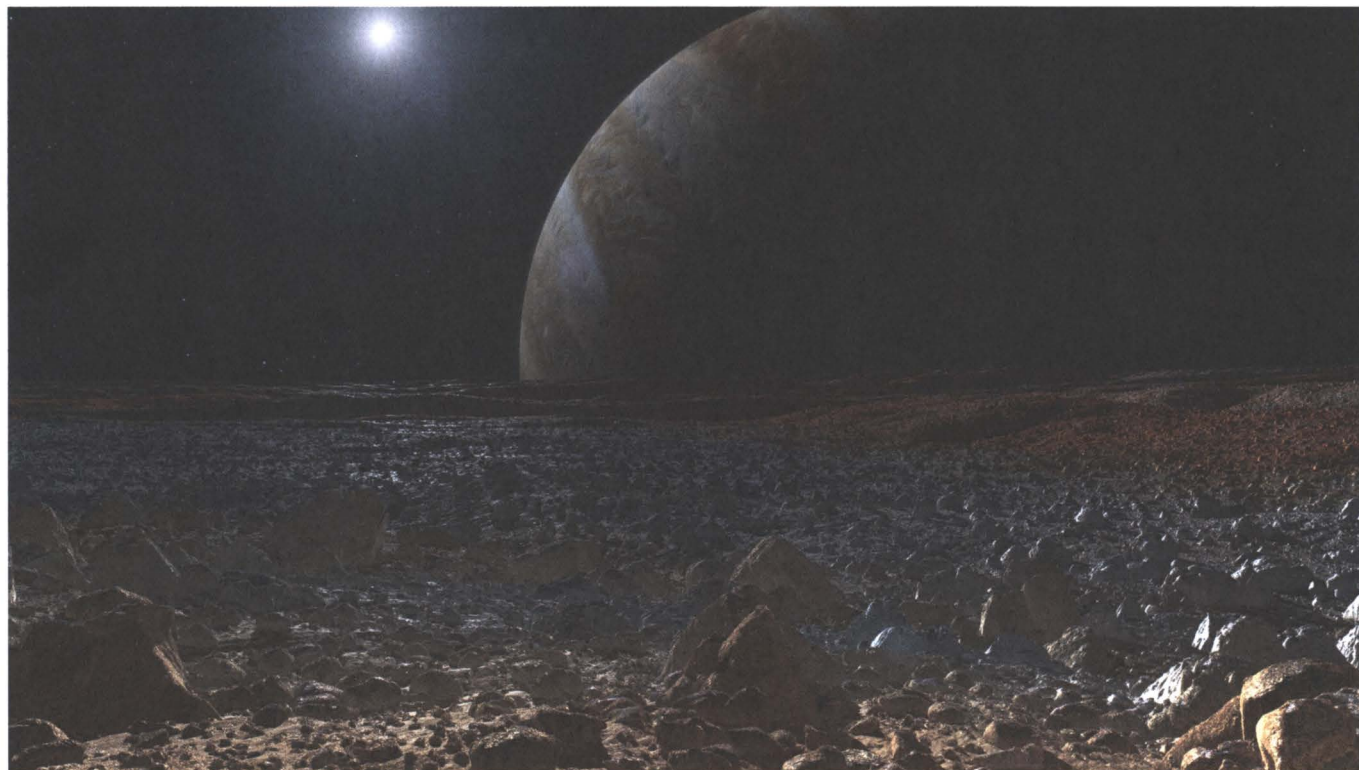
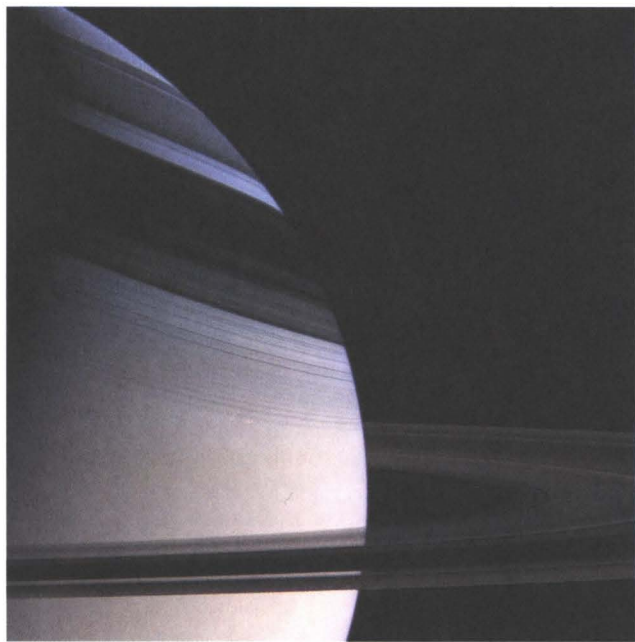


Рис. 79. Вид Юпитера с его второго спутника Европы. Это грандиозная картина далекого мира была смоделирована на компьютере на основе полученных данных от космических аппаратов. Изображение НАСА, опубликовано 7 августа 2013 г.



Один из самых красивых видов Солнечной системы: тени колец Сатурна на поверхности газового гиганта. Снимок сделан КА «Cassini» с расстояния около 1 млн. км в рамках специальной миссии НАСА по изучению Сатурна и его колец. Аппарат был запущен 15 октября 1997 г., прибыл к Сатурну 30 июня 2004 г. К настоящему времени КА «Cassini» успешно работает на орбите планеты около 12,5 лет, хотя миссия планировалась лишь до 2010 г. Изображение НАСА.

шириной колец, которые здесь представляются под наибольшим углом – в 12° . Ближе к экватору планеты они суживаются для наблюдателя, хотя и поднимаются выше над горизонтом. На самом экваторе Сатурна можно наблюдать кольца в зените и притом с ребра, т. е. в виде очень узкой полоски.

Сказанное не дает еще полного представления об условиях видимости колец. Надо помнить, что освещена всегда только одна сторона колец, другая остается в тени. Эта освещенная часть видна лишь с той половины Сатурна, к которой она обращена. В течение половины долгого сатурнова года можно видеть кольца только с одной половины планеты (в остальное время они видны с другой половины), да и то преимущественно только днем. В те краткие часы, когда кольца видны ночью, они частью затмеваются тенью планеты. Наконец, еще любопытная подробность: экваториальные страны в течение ряда земных лет бывают затемнены кольцами.

Самая феерическая небесная картина, без сомнения, та, которая открылась бы наблюдателю с одного из ближайших спутников Сатурна. Эта планета со своими кольцами, особенно в неполной фазе, когда Сатурн виден серпом, представляет зрелище, какого нельзя видеть ни из какого другого места нашей планетной семьи. На небе вырисовывается огромный серп, пересеченный узкой полоской колец, которые наблюдаются с ребра, а вокруг них – группа сатурновых лун, также в виде серпов, но меньших размеров.

*

Следующая таблица показывает, в нисходящем порядке, сравнительную яркость разных светил на небе других планет:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Венера с Меркурия | 8. Меркурий с Венеры |
| 2. Земля с Венеры | 9. Земля с Марса |
| 3. Земля с Меркурия | 10. Юпитер с Земли |
| 4. Венера с Земли | 11. Юпитер с Венеры |
| 5. Венера с Марса | 12. Юпитер с Меркурия |
| 6. Юпитер с Марса | 13. Сатурн с Юпитера. |
| 7. Марс с Земли | |

Мы выделили № 4, 7 и 10 – вид планет с Земли, – так как их знакомая нам яркость может служить опорой для оценки прочих яркостей. Здесь особенно наглядно видно, что наша собственная планета – Земля – по яркости занимает одно из первых мест на небе ближайших к Солнцу планет: даже на небе Меркурия она сияет сильнее, чем у нас Венера и Юпитер.

В статье «Звездная величина планет» (гл. IV) мы возвратимся к более точной, количественной оценке яркости Земли и других планет.

83. Мировая катастрофа

Безмятежный бег планет может длиться лишь до тех пор, пока никакое массивное постороннее тело не вторгнется в солнечную систему и не нарушит налаженного хода планетного механизма. Полной уверенности в том, что вторжения не случится, у нас быть не может. Солнце стремительно уносит семью своих планет в неведомую тьму вселенной, перемещаясь на $1\frac{1}{2}$ млн. км каждые сутки, и хотя опасаться встречи с видимыми звездами нет оснований (они слишком далеко и свободно рассеяны в пространстве), мы можем оказаться неожиданно вблизи какого-нибудь темного, пока невидимого, крупного небесного тела. Если такое тело очутится на пути движения нашей планетной системы, – катастрофа неминуема.

Английский романист Уэллс сделал попытку набросать картину подобного события в рассказе «Звезда», который мы и приводим здесь в сокращении.

Звезда
Рассказ Г. Д. Уэллса

В первый день нового года три обсерватории одновременно объявили, что движение Нептуна¹ сделалось неправильным. Конечно, астрономы не могли рассчитывать, что подобная весть заинтересует мир, большая часть населения которого и о существовании-то Непту-

¹ Нептун в пору написания рассказа считался крайней планетой нашей системы.



Рис. 83. «Над Японией висела большая звезда...»

на не подозревала. Равным образом и позднейшее появление отдаленной световой точки вблизи этой планеты не вызвало волнения вне астрономических кругов. Но ученые нашли новый факт достаточно значительным, нашли раньше, чем обнаружилось, что появившееся небесное тело быстро увеличивается.

Странный небесный путник, огромная глыба материи, плотная, тяжелая, неожиданно вынырнула из черной таинственности в залитую солнечным светом область. Вскоре ее можно было различить в трубу в виде светлой точки, а еще через короткое время новое небесное тело улавливал уже театральный бинокль.

На третий день нового года читатели газет впервые постигли важность необыкновенного явления на небе. «Столкновение планет», – так озаглавила статью одна из лондонских газет, сообщая, что новая планета по всем вероятностям столкнется с Нептуном. Другие повременные издания подхватили страшную весть и пространно толковали на эту тему. Поэтому 3 января в большинстве столиц мира царил неопределенное ожидание: ждали какого-то неизбежного явления на небе.



Рис. 82. «В высоте сияла звезда надвигающейся гибели...»

Тысячи глаз обращались к небу, но видели там лишь прежние знакомые звезды в прежнем знакомом расположении.

Так продолжалось в Лондоне до зари. Стоял зимний рассвет; медленно, точно сочас, возрастал день. Зевающие полисмены широко открыли глаза; хлопотливые толпы на рынках остановились пораженные; отправлявшиеся на заводы рабочие, кучера газетных фургонов, городские и сельские сторожа, земледельцы, шедшие на поля, моряки в море, ожидавшие зари, все замерли, когда огромная белая звезда внезапно засияла на западном небе. Она была ярче всех светил нашего неба, светлее Вечерней звезды в ее самую блестящую пору. Через час после наступления полного рассвета она все еще горела.

Сотня обсерваторий сдержанно волновалась. Когда два отдаленных небесных тела сблизились, возбуждение астрономов едва не заставило их кричать; сную туда и сюда, они хватали фотографические аппараты, спектроскопы, другие приборы, чтобы увековечить невиданное зрелище – разрушение мира. И точно: погиб мир; планета, сестра Земли, но гораздо более крупная, внезапно вспыхнула, чтобы умереть огненной смертью. На Нептун натолкнулось неведомое небесное тело, нанесло ему удар, и жар столкновения превратил два твердых огромных шара в чудовищную массу пылающей материи.

Когда звезда опять засияла над Европой, на этом материке повсюду собрались толпы наблюдателей; они теснились на горных откосах, на домовых крышах, на

открытых площадках и равнинах. Все смотрели на восток, наблюдая за восхождением странной новой звезды. Она поднималась, и при виде нового небесного тела люди, наблюдавшие его еще накануне, невольно говорили: «Звезда стала крупнее. Светлее. Ярче». На башнях же темных обсерваторий наблюдатели, задерживая дыхание, шептались друг другу: «Она ближе. Ближе».

Телеграф подхватывал эти слова, они вибрировали по телефонным проводам, и в тысяче городов мрачные газетные наборщики перебирали печатные листы: «Ближе!» Люди внезапно начинали сознавать страшное значение слов: «она ближе».

День прошел по образцу своих братьев; в темные морозные часы на небе снова взошла странная белая звезда; теперь она сияла с такой силой, что прибывающий месяц висел на небе, точно собственный бледный призрак.

В эту ночь белая звезда поднялась позже; ослепительные лучи странницы превратили небо в лучезарную лазурь, и по мере ее восхождения звезды скрывались одна за другой; померкли все кроме Юпитера, Альдебарана, Сириуса.

Никто не спал; в городах на улицах и в домах горели огни; верфи были освещены; по всем дорогам в горы целую ночь текли толпы народа. В морях близ цивилизованных стран – суда с пылящими машинами или с надутыми парусами полны людьми, смотревшими в море и на север. Телеграф повсюду разнес предостережение астрономов, переведенное на сотню языков. Новая планета и Нептун, слившиеся в огненных объятиях, неслись к Солнцу, и их движение все ускорялось. Близ их пути обращался Юпитер со своими лунами. С каждым мгновением притяжение между пламенной звездой и крупнейшей из планет усиливалось. А результат? Юпитер неизбежно должен был изменить свою орбиту, а пылающей звезде, отклоненной его притяжением от полета к Солнцу, предстояло описать кривую и, может быть, столкнуться с Землей, во всяком случае пройти очень близко от нее. «Последуют землетрясения, вулканические извержения, циклоны, наводнения и подъем температуры до неизвестного еще предела».

И в высоте, как бы поддерживая это предсказание, сияла звезда надвигающейся гибели. В эту ночь многие смотрели на нее до рези в глазах; им чудилось, будто она явно приближается.

Когда наблюдатели в европейских странах снова увидели восход звезды, она заметно выросла; каждый час делалась она больше, блестела ярче; наконец, ночь превратилась в день. В следующую ночь она достигла трети луны, раньше, чем зашла для английских глаз.

Когда звезда поднялась над Америкой, она достигла почти величины Луны, горела ослепительным белым светом. Ее лучи были горячи; дыхание жаркого ветра начиналось вместе с ее восходом и все усиливалось. Снег и лед на горах превращались в воду; горные реки переполнились и, мутные, бешено неслись, унося на себе крутящиеся деревья, трупы животных и людей. Наконец, реки вышли из берегов, и их струи потекли вслед за бегущим населением долин.

В течение ночи зной стал до того силен, что, когда взошло Солнце, казалось, будто на Землю спустилась тень. Начались землетрясения; они усиливались, двигаясь по Америке от северного полярного круга к мысу Горну.

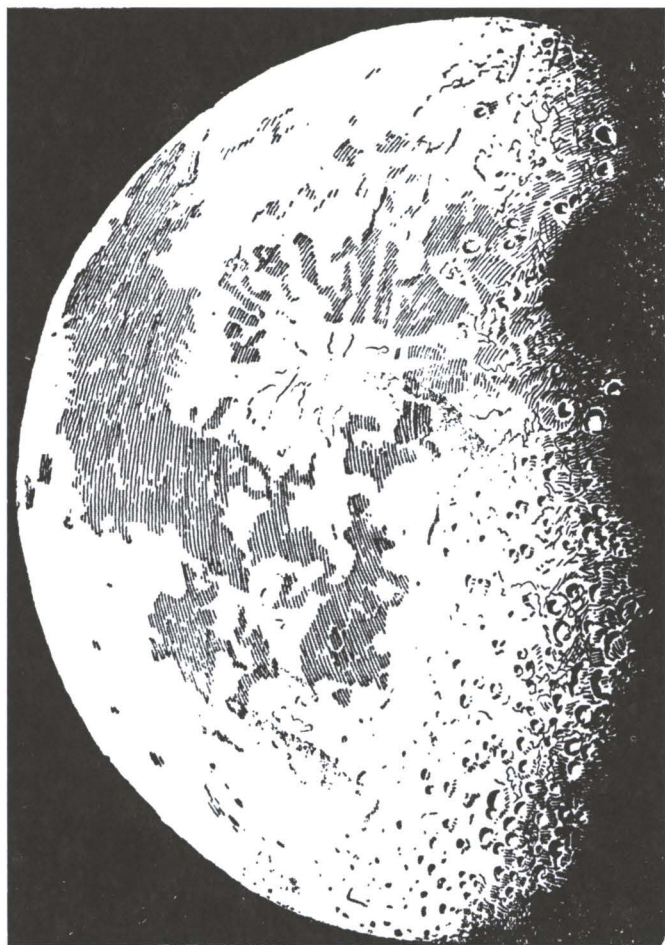


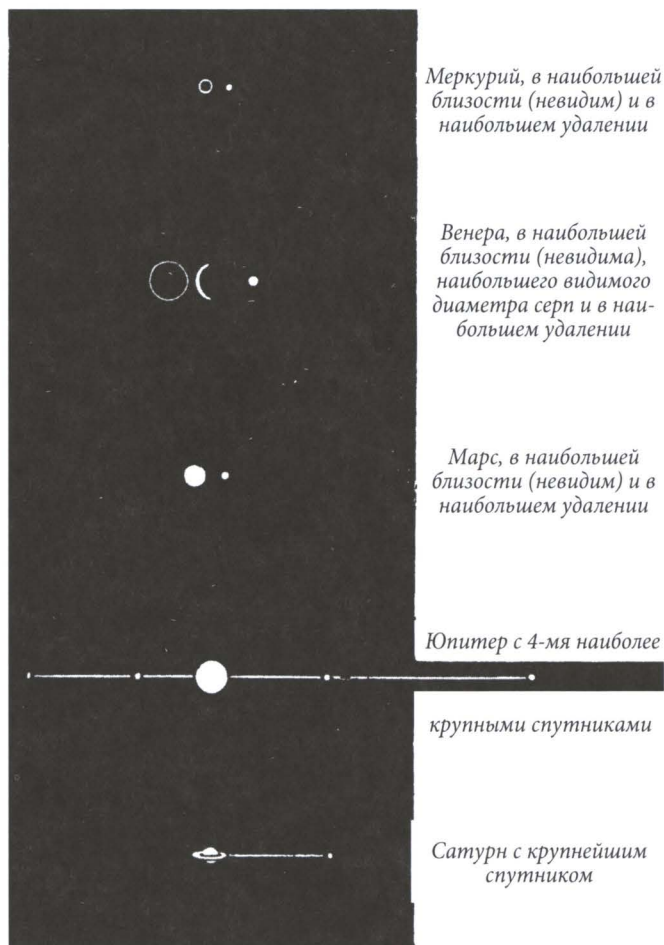
Рис. 81. Как видны Луна и планеты в трубу, увеличивающую в 100 раз.

Откосы гор оползали; раскрывались расщелины; дома и ограды рассыпались обломками.

Так прошла звезда над Тихим океаном; за ней катилась все возвышавшаяся приливная волна, пенистая и могучая; она затопляла один остров за другим, переливалась через них, смывая людей. Наконец, огромная, быстрая и ужасная волна с голодным ревом хлынула на берега Азии и полилась внутрь материка через равнину Китая. Звезда, теперь более горячая и яркая, чем Солнце во всей его силе, безжалостно палила огромную густо населенную страну: города и селения с их пагодами и деревьями. Но скоро этому настал конец; послышался гул наводнения, низкий, возрастающий. Миллионы людей в эту ночь пережили бегство неизвестно куда, тяжесть онемевших от жары ног и рук, тяжелое, затрудненное дыхание, погоню водной стены, неумолимой, белой, быстрой...

Белый свет заливал Китай; но над Японией, Явой и над всеми островами восточной Азии большая звезда висела в виде тускло-красного шара, так как пар и пепел огнедышащих гор поднимались, словно приветствуя ее появление.

Когда она повисла над Индией, вся равнина от устья Инда до дельты Ганга представляла пустыню блестящей воды, из которой поднимались храмы и дворы, холмики и горы, почерневшие от множества людей. Каждый минарет был покрыт народом. Зной и ужас лишали людей сил, и они падали в мутные воды.



Меркурий, в наибольшей близости (невидим) и в наибольшем удалении

Венера, в наибольшей близости (невидима), наибольшего видимого диаметра серп и в наибольшем удалении

Марс, в наибольшей близости (невидим) и в наибольшем удалении

Юпитер с 4-мя наиболее

крупными спутниками

Сатурн с крупнейшим спутником

Рисунок надо держать в 25 см от глаза – начерченные диски представляются тогда такими, какими видит их глаз, вооруженный трубой указанной силы.

Но звезда ушла, и люди под давлением голода, собрав мужество, крались в свои разрушенные города, шли обратно к промокшим полям. Спасшиеся от бурь того времени, изломанные и расшатанные корабли осторожно двигались между новыми мелями. Когда миновал период бурь и ливней, люди заметили, что климат повсеместно стал теплее, чем прежде. Солнце больше, а Луна уменьшилась до трети своей прежней величины: между ее рожденьями теперь проходило соток дней.

История наша не говорит о странной перемене, которая произошла с Исландией, Гренландией и берегами Баффинова залива, перемене такой значительной, что моряки, явившиеся туда, нашли их полными зелени и красоты и едва поверили своим глазам; не говорит она также о движении человечества к северу и к югу, по направлениям к полюсам благодаря тому, что на Земле стало жарче. История наша занимается только появлением и уходом звезды.

Астрономы-марсиане (потому что на Марсе есть астрономы, хотя и непохожие на людей), понятно, глубоко заинтересовались случившимся. Понятно также, что они на все смотрели с своей точки зрения.

«Принимая во внимание массу тела, брошенного через нашу систему на Солнце, – писал один из них, – изумительно, как мало пострадала Земля, мимо которой

ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА В ЧИСЛАХ

Размеры. Масса. Спутники.

Названия планет	Средний поперечник			Объем (Земля = 1)	Плотность		Масса (Земля = 1)	Число спутни- ков
	видимый в секун- дах	истинный			Земля = 1	Вода = 1		
		в млн. км.	Земля = 1					
Меркурий.....	13-4,7	5 000	0,39	0,06	0,7	3,87	0,04	--
Венера.....	64-10	12 400	0,97	0,92	0,88	4,86	0,81	--
Земля.....	- -	12 737	1	1	1	5,52	1	1
Марс.....	25-3,5	6 770	0,53	0,15	0,72	3,96	0,11	2
Юпитер.....	50-30,5	142 700	11,2	1 312	0,24	1,34	317	9
Сатурн.....	20,5-15	120 800	9,5	763	0,13	0,71	95	9
Уран.....	4,2-3,4	49 700	3,9	59	0,23	1,27	15	4
Нептун.....	2,4-2,2	53 000	4,2	72	0,29	1,58	17	1
Плутон.....	0,2?	6 000?	0,5?	0,1?	--	--	0,7?	?

Расстояния. Обращение. Вращение. Тяжесть.

Названия планет	Среднее расстояние		Эксцентриситет орбиты	Время обращения вокруг Солнца в земн. годах	Ср. скорость по орбите в км/сек	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости земн. орбиты	Напряжение тяжести (Земля = 1)
	в астроном. единицах	в млн. км.						
Меркурий.....	0,387	58	0,21	0,24	48	88д?	?	0,27
Венера.....	0,723	108	0,07	0,62	35	?	?	0,85
Земля.....	1	149,5	0,017	1	29,76	23h 56m	23° 27'	1
Марс.....	1,24	228	0,093	1,88	24	24h 37m	25° 10'	0,38
Юпитер.....	5,203	778	0,05	11,86	13	9h 31m	3° 7'	2,64
Сатурн.....	9,539	1 426	0,06	29,46	9,6	10h 14m	26° 45'	1,17
Уран.....	19,191	2 869	0,05	84,02	6,8	10,8h	98°	0,92
Нептун.....	30,071	4 496	0,008	164,8	5,4	15,7h	151°	1,12
Плутон.....	39,600	5 918	0,25	249,2	4,5	--	--	--

оно столь близко прошло. Все обычные для нас континентальные приметы и моря Земли остались в прежнем виде, разницу составляет только значительное уменьшение белой бесцветности (по видимому, – замерзшей воды) около обоих полюсов».

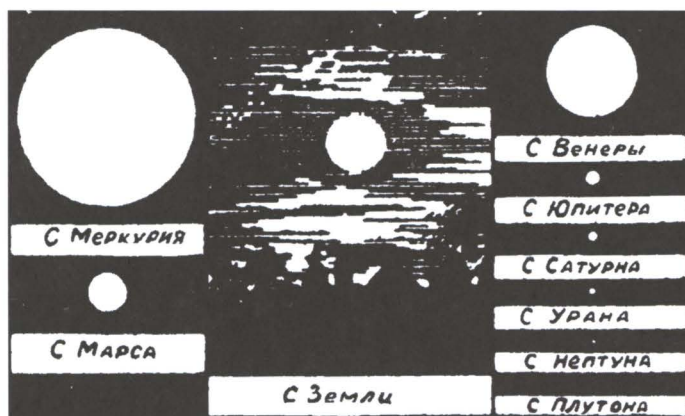
Это показывает, что самая большая из человеческих катастроф может казаться незначительной, когда на нее смотрят с расстояния десятков миллионов километров ¹.

Приводим, наконец, ряд числовых данных, относящихся к солнечной системе. Они могут понадобиться читателю для справок.

Солнце: диаметр 1 390 600 км;
объем (Земли = 1) 1 300 000;
масса (Земли = 1) 331 950;
плотность (воды = 1) 1,41.

Луна: диаметр 3 476 км; объем (Земли = 1) 0,0203; масса (Земли = 1) 0,0123; плотность (воды = 1) 3,33. Среднее расстояние от Земли 384 400 км.

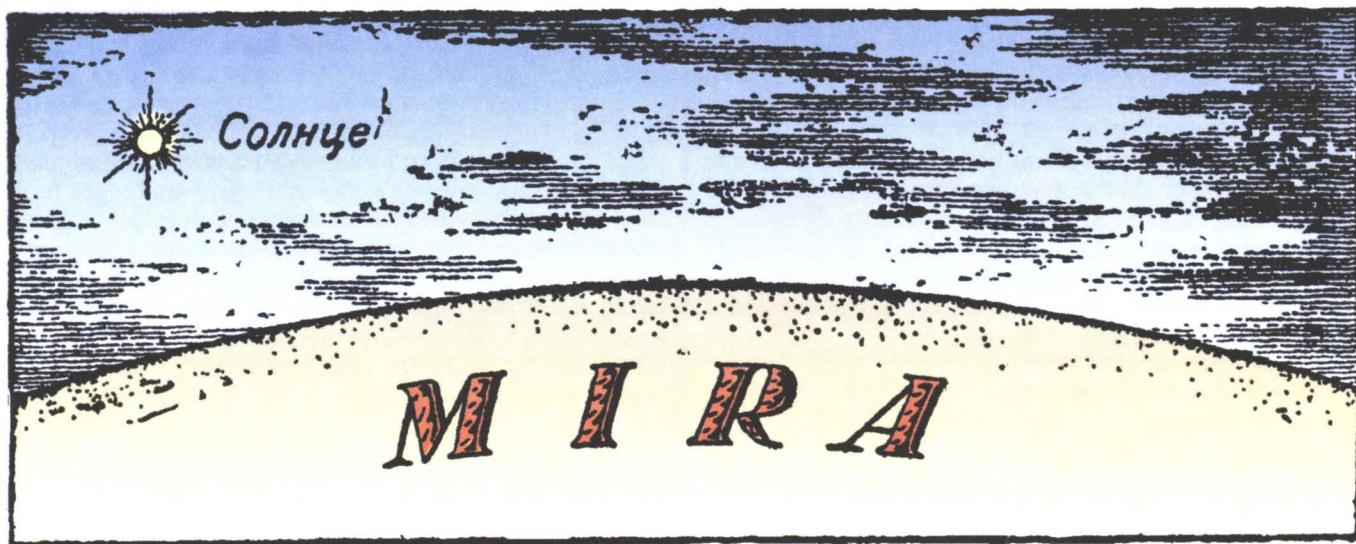
Рис. 81 дает наглядное представление о том, в каком виде представляются планеты в небольшой телескоп, увеличивающий в сто раз. Налево для сравнения дана Луна, как она видна при подобном увеличении (рисунок надо держать на расстоянии ясного зрения, т. е. в 25 см от глаз). Направо сверху изображен – при указанном увеличении – Меркурий в наименьшем и наибольшем удалении от нас. Под ним – Венера, затем Марс, система Юпитера и Сатурн с крупнейшим своим спутником. (Подробнее о видимых размерах планет – см. в моей книге «Занимательная физика», кн. 2-я, гл. IX.) ²



Концовка к этой главе изображает видимые размеры Солнца с Земли и других планет.

¹ Во главе V, в статье «С циркулем по планетным путям» будет рассмотрен путь подобного, вторгшегося в солнечную систему небесного тела.

² Желающим самостоятельно пополнить свои сведения о солнечной системе можно рекомендовать подробную «Астрономию» трех американских астрономов: Ресселя, Дэ-гана и Стюарта (есть русский перевод 1934 г.).



84. Почему звезды кажутся звездами?

Глядя на звезды, мы словно видим испускаемые ими лучи света. Но известно, что сами по себе световые лучи невидимы; вспомните, что мировое пространство вокруг земного шара даже и ночью пронизано лучами Солнца, а между тем мы не видим этого пространства освещенным (рис. 84). Если нам иной раз кажется, что мы видим лучи света, то в таких случаях, действительно, доступными зрению становятся

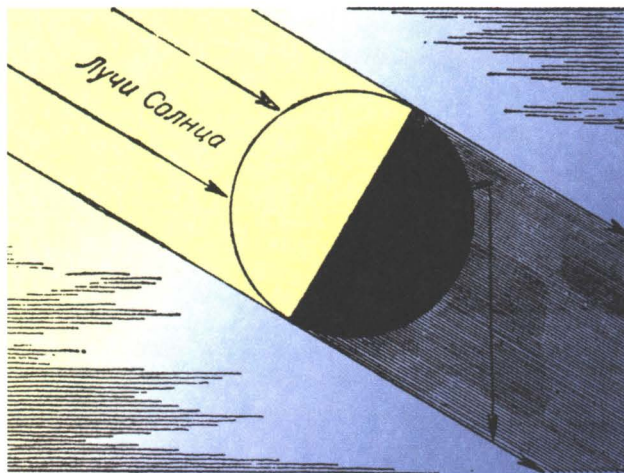


Рис. 84. Мировое пространство кругом Земли залито солнечными лучами кроме конуса земной тени. Мы не видим однако этого освещенного пространства: с ночной половины земного шара вселенная кажется погруженной во мрак

только мелкие освещенные частицы в пыльном воздухе. Значит ли это, что звезды окружены далеко простирающейся пыльной атмосферой? Конечно, нет: на столь большом расстоянии невозможно видеть, да еще простым глазом, пылинки, витающие на пути звездных лучей. Как же объяснить, что звезды представляются нам лучистыми?

Причина лучистого вида звезд кроется в нашем глазу, в недостаточной прозрачности хрусталика, имеющего не однородное строение, как хорошее стекло, а волокнистое. Вот что говорит об этом Гельмгольц (в речи «Успехи теории зрения»):

«Изображения световых точек, получаемые в глазу, неправильно лучисты. Причина этого лежит в хрусталике, волокна которого расположены лучисто по шести направлениям. Те лучи, которые кажутся нам исходящими из светящихся точек, — например, из звезд, отдаленных огоньков, — не более, как проявление лучистого строения хрусталика. Насколько этот недостаток глаз всеобщ, видно из того, что всякая лучистая фигура обыкновенно называется звездообразной».

Существует способ освободиться от влияния этого недостатка нашего хрусталика и видеть звезды без лучей, не обращаясь притом к услугам телескопа. Способ этот еще 400 лет назад указан был гениальным Леонардо да Винчи.

«Посмотри, — писал он, — на звезды без лучей. Этого можно достигнуть, наблюдая их сквозь малое отверстие, сделанное концом тонкой иглы и помещенное вплотную к глазу. Ты увидишь звезды столь малыми, что ничто другое не может казаться меньше».

Это не противоречит тому, что сказано о происхождении звездных «лучей» у Гельмгольца. Напротив, описанный опыт подтверждает его теорию: смотря сквозь весьма небольшое отверстие, мы пропускаем в свой глаз лишь тонкий световой пучок, проходящий сквозь центральную часть хрусталика и потому не претерпевающий воздействия его лучистой структуры.

Итак, будь наш глаз устроен совершеннее, мы видели бы на небе не «звезды», а лишь светящиеся точки, как астрономы в телескоп¹.

¹ Говоря о «лучах» звезд, мы не имеем здесь в виду того луча, который словно протягивается к нам от звезды, когда мы смотрим на нее прищуренным глазом: это явление обусловлено дифракцией света в ресницах глаза.

85. Почему звезды мерцают, а планеты сияют спокойно?

Отличить простым глазом неподвижную звезду от «блуждающей», т. е. от планеты², очень легко, даже не зная карты неба. Планеты сияют спокойным светом, звезды же непрерывно мерцают, как бы вспыхивают, дрожат, меняют яркость, а многие еще непрерывно переливаются разными цветами. «Этот свет, – го-

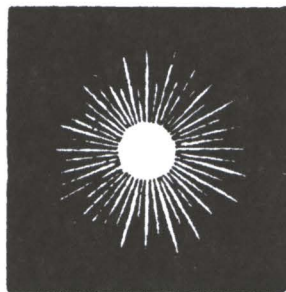


Рис. 85. Звезды кажутся лучистыми из-за волокнистой структуры глазного хрусталика

ворит Фламарион, – то яркий, то слабый, перемежающийся, то белый, то зеленый, то красный, сверкающий, как прозрачный алмаз, оживляет звездные пустыни, побуждая видеть в звездах словно глаза, глядящие на землю». Особенно сильно и красочно мерцают звезды в морозные ночи и в ветреную погоду, а также после дождя, когда небо быстро очистилось от туч. Звезды, стоящие низко над горизонтом, мерцают

заметнее, чем горящие высоко в небе; звезды белые – сильнее, чем желтоватые и красноватые.

Как и лучистость, мерцание не есть свойство, присущее самим звездам; оно придается им земной атмосферой, через которую лучи звезд должны пройти, прежде чем достигнуть глаза. Поднявшись выше не-

² Первоначальный смысл слова «планета» – блуждающая звезда.



Гавриил Адрианович Тихов (1875-1960) – русский (советский) астроном, член-корреспондент Академии наук СССР (1927) и академик АН Казахской ССР (1946). Окончил Московский и Парижский университеты. С 1906 по 1941 г. работал в Астрофизическом институте имени В.Г. Фесенкова Пулковской обсерватории.



Камиль Николя Фламарион (1842-1925) – французский астроном, известный популяризатор астрономии.

спокойной газовой оболочки, сквозь которую мы рассматриваем вселенную, мы не заметили бы мерцания звезд: они сияют там спокойным, постоянным светом.

Причина мерцания – та же, что заставляет дрожать отдаленные предметы, когда в знойные дни почва сильно нагрета Солнцем («земное» мерцание). Звездному свету приходится пронизывать тогда не однородную среду, но газовые слои различной температуры, различной плотности, а значит, и различной преломляемости. В подобной атмосфере словно рассеяны многочисленные оптические призмы, выпуклые и вогнутые линзы, непрерывно меняющие свое расположение. Лучи света претерпевают в них многочисленные отклонения от прямого пути, то сосредотачиваясь, то рассеиваясь. Отсюда – частые изменения яркости звезды. А так как преломление сопровождается цветорассеянием, то наряду с колебаниями яркости наблюдаются и изменения окраски. Зрачок человеческого глаза не настолько широк, чтобы одновременно пропускать и сосредоточенные и рассеянные пучки лучей. Они проникают через зрачок последовательно; усиление яркости сменяется ослаблением, и мы видим звезду, словно мигающей, а при сильном мерцании даже шевелящейся.

«Существуют, – пишет пулковский астроном Г. А. Тихов, исследовавший явление мерцания, – способы, позволяющие сосчитать число перемен цвета мерцающей звезды в определенное время. Оказывается, что эти перемены совершаются чрезвычайно быстро, и число их колеблется в равных случаях от нескольких десятков до ста и более в секунду. Убедиться в этом можно следующим простым способом. Возьмите бинокль и смотрите в него на яркую звезду, приводя объективный конец бинокля в быстрое круговое вращение. Тогда, вместо звезды, вы увидите кольцо, состоящее из многих отдельных разноцветных звезд. При более медленном мерцании или при очень быстром

движении бинокля кольцо это распадается вместо звезд на разноцветные дуги большой и малой длины¹.

Остается объяснить, почему планеты, в отличие от звезд, не мерцают, а светят ровно, спокойно. Планеты неизмеримо ближе к нам, чем звезды; они поэтому представляются глазу не точкой, а светящимся кружочком, диском. Каждая отдельная точка такого кружка мерцает, но перемены яркости и цвета отдельных точек совершаются независимо одна от другой, в разные моменты времени, а потому восполняют друг друга; ослабление яркости одной точки совпадает с усилением яркости другой, так что общая сила света планеты остается неизменной. Отсюда – спокойный, немерцающий блеск планет. Значит, планеты представляются нам немерцающими потому, что «слишком мерцают» – сразу во многих точках, но в разные моменты времени.

86. Видны ли звезды днем?

Днем над нашими головами находятся те созвездия, которые полгода назад видны были ночью и спустя шесть месяцев вновь украсят ночное небо. Освещенная атмосфера Земли мешает нам их видеть, так как частицы воздуха рассеивают солнечные лучи в большем количестве, чем посылают нам звезды².

Несложный опыт может наглядно пояснить это помрачение звезд при дневном свете. В боковой стенке картонного ящика пробивают несколько дырочек, располо-

¹ Сильное мерцание звезд является признаком приближения дождя, так как указывает на близость циклона. Перед дождем звезды отливают преимущественно синим цветом, перед засухой – зеленым (Ханевский «Световые явления в атмосфере»).

² Наблюдая небо с высокой горы, т. е. имея самую плотную и запыленную часть атмосферы ниже себя, можно видеть наиболее яркие звезды и в дневные часы. Так с вершины Арарата (5 км высоты) звезды первой величины хорошо различаются в 2 часа дня; небо там темно-синее. (Странным образом однако команда стратостата «Осоавиахим I», находясь на высоте 21 км, отметила, что звезд не видно никаких, хотя небо там «черно-фиолетовое», согласно записям Федосеенко и Васенко.)



Вид Луны и Венеры на дневном небе.

женных наподобие какого-нибудь созвездия, а снаружи наклеивают лист белой бумаги. Ящик помещают в темную комнату и освещают изнутри: на пробитой стенке явственно выступают тогда освещенные изнутри дырочки – это звезды на ночном небе. Но стоит, не прекращая освещения изнутри, зажечь в комнате достаточно яркую лампу, – и искусственные звезды на листе бумаги бесследно исчезают: это «дневной свет» гасит звезды.

Часто приходится читать о том, что со дна глубоких шахт, колодцев, высоких дымовых труб и т. п. можно различать звезды и днем. Это распространенное убеждение, поддерживаемое ссылками на авторитетные имена, только в недавнее время подвергнуто было критической проверке и – не подтвердилось.

В сущности, ни один из писавших об этом авторов – от Аристотеля в древности до Джона Гершеля в XIX в. – не наблюдал звезд сам при подобных условиях. Все ссылаются на свидетельство третьих лиц. Насколько однако мало надежны бывают свидетельства «очевидцев», показывает следующий любопытный пример. В американском журнале появилась статья, относившая дневную видимость звезд со дна колодцев к числу басен. Мнение это было энергично опровергнуто письмом одного фермера, утверждавшего, что он сам видел днем Капеллу и Альголя из 20-метровой силосной башни. Проверка выяснила однако, что на той широте, где находится ферма наблюдателя, ни та, ни другая звезда не бывают в зените в указанное время года и, следовательно, не могли быть видны из глубины башни.

Теоретически нет оснований к тому, чтобы шахта или колодец могли помочь увидеть звезды днем. Как мы уже говорили, звезды не видны днем потому, что тонут в свете неба. Это условие не изменяется для глаза, помещенного на дне шахты. Отпадает лишь боковой свет на протяжении шахты, но лучи, испускаемые всеми частицами воздушного слоя выше отверстия шахты, должны по-прежнему мешать видимости звезд.

Имеет значение в данном случае лишь то, что стены колодца ограждают глаза от ослепления солнцем; но это может облегчить лишь наблюдение ярких планет, а не звезд. В телескоп звезды видны днем вовсе не потому, как многие думают, что на них смотрят «со дна трубы», а потому, что преломление лучей в стеклах или отражение в зеркалах ослабляет яркость рассматриваемого участка неба, между тем как яркость самой звезды (представляющейся в виде точки), напротив, усиливается. В трубу с объективом в 7 см можно уже видеть днем звезды первой и даже второй величины. Но к колодцам, шахтам, печным трубам сказанное не применимо. Неудивительно, что Гумбольдт, опрашивавший берлинских трубочистов, ни от одного из них не слышал, чтобы им случалось видеть звезды днем. То же утверждали и опрошенные мною шахтеры.

Другое дело – яркие планеты: Венера, Юпитер, Марс в противостоянии. Они светят гораздо ярче звезд, а потому, при благоприятных условиях могут быть видны и на дневном небе (см. об этом стр. 78).

87. Что такое звездная величина?

О существовании звезд первой и не первой величины знают даже люди, весьма далекие от астрономии: выражения эти общеупотребительны. Но о звездах ярче

первой величины: нулевой и даже отрицательной величины они едва ли слышали; им, покажется несообразным, что к звездам отрицательной величины принадлежат самые яркие светила неба, а наше Солнце есть «звезда минус 27-й величины». Иные усмотрят в этом, пожалуй, даже извращение понятия отрицательного числа. А между тем мы имеем здесь как раз наглядный пример последовательного проведения учения об относительных числах.

Остановимся подробнее на классификации звезд по величинам. Едва ли надо напоминать о том, что под словам «величина» разумеют в этом случае не геометрические размеры звезды, а ее видимую яркость. Уже в древности выделены были наиболее яркие звезды, раньше всех загорающиеся на вечернем небе, и отнесены к звездам первой величины. За ними следовали звезды второй величины, третьей и т. д. до звезд шестой величины, едва различимых невооруженным глазом. Такое субъективное распределение звезд по яркости не могло удовлетворять астрономов нового времени. Были выработаны более твердые основания для классификации звезд по яркости. Они состоят в следующем. Найдено, что звезды первой величины в среднем (звезды эти неодинаковы по яркости) ярче средней звезды 6-й величины ровно в 100 раз. Шкала звездной яркости установлена так, что отношение яркостей звезд двух смежных величин остается постоянным. Обозначив это «световое отношение» через n , имеем:

Звезды 2-й величины слабее звезд 1-й величины в n раз

«3-й» «« 2-й « n «

«4-й» «« 3-й « n « и т. д.

Если же сравнить яркость звезд всех прочих величин с яркостью звезд 1-й величины, то получим:

Звезды 3-й величины слабее звезд 1-й величины в n^2 раз

«4-й» «« 1-й « n^3 «

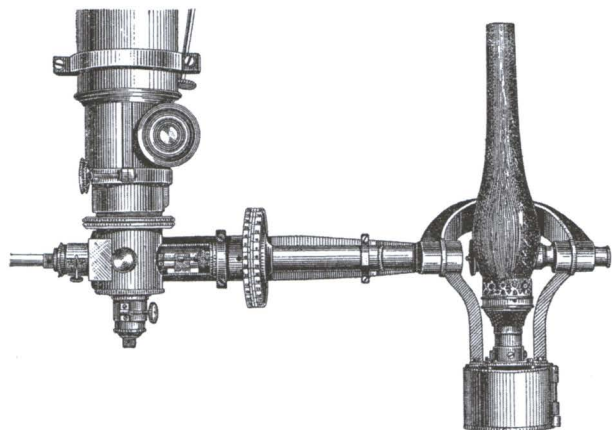
«5-й» «« 1-й « n^4 «

«6-й» «« 1-й « n^5 «

Отсюда имеем, что $n^5=100$. Найти теперь величину светового отношения n легко (помощью логарифмов):

$$n = \sqrt[5]{100} = 2,5$$

Итак, звезды каждой следующей ступени светят: в $2\frac{1}{2}$ раза слабее звезды предыдущей ступени.



Фотометр Целльнера – Цераского.

88. Звездная алгебра

Рассмотрим немного подробнее группу наиболее ярких звезд. Мы уже отмечали, что яркость этих звезд неодинакова: одни светят в несколько раз ярче среднего, другие – тусклее (средняя степень их яркости – такая, которая в 100 раз превышает яркость звезд, едва различимых простым глазом). Найдем сами обозначения яркости звезд, которые в 2,5 раза ярче средней звезды 1-й величины. Какое число предшествует единице? Число 0. Значит, такие звезды надо отнести к звездам «нулевой» величины. А куда отнести звезды, которые ярче звезд 1-й величины не в $2\frac{1}{2}$, а всего в $1\frac{1}{2}$ или в 2 раза? Их место между 1 и 0, т. е. звездная величина такого светила выражается положительным дробным числом; говорят: «звезда 0,9 величины», «0,6 величины» и т. п. Такие звезды ярче первой величины.

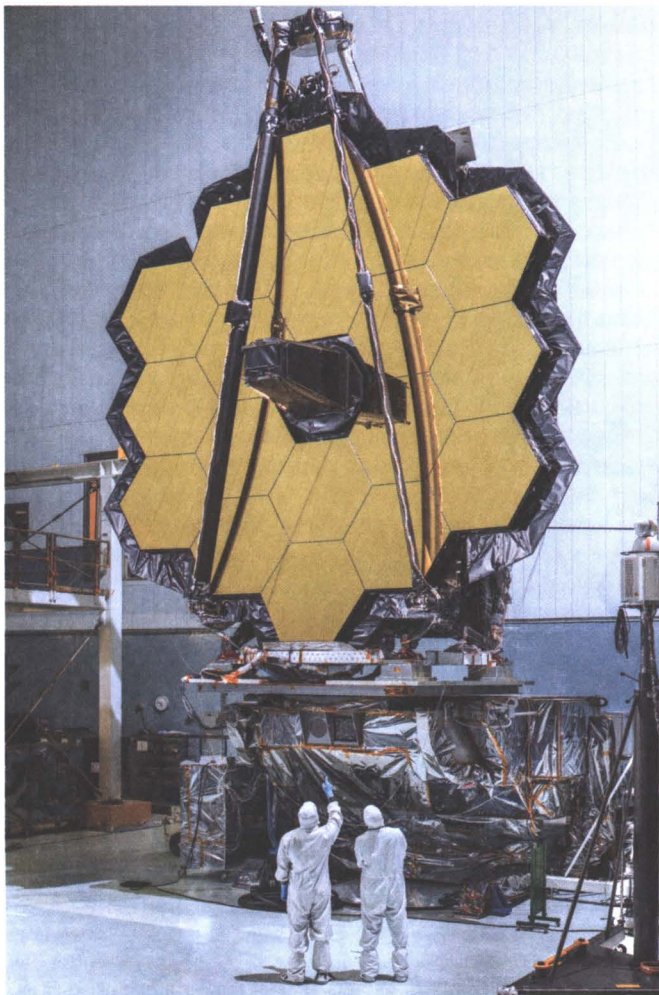
Теперь станет понятной и необходимость введения отрицательных чисел для обозначения звездной яркости. Так как существуют звезды, по силе света превышающие нулевую величину, то очевидно их яркость должна быть выражена числами, стоящими по другую сторону нуля, – отрицательными. Отсюда такие ступени яркости, как «минус 1», «минус 2», «минус 1,6», «минус 0,9» и т. п.

В астрономической практике «величина» звезд определяется помощью особого прибора – фотометра: яркость светила сравнивается с яркостью определенной звезды, сила света которой известна, или же с «искусственной звездой» в приборе.

Самая яркая звезда всего неба – Сириус – имеет величину «минус 1,6». Звезда Канопус (видна только в южных широтах) обладает яркостью «минус 0,9». Наиболее яркая из звезд северного полушария неба, Вега, 0,1 величины; Капелла и Арктур 0,2, Ригель 0,3, Процион 0,5, Альтаир 0,9. (Надо помнить, что звезды 0,5 величины ярче звезд 0,9 величины и т. п.)

Приводим перечень самых ярких звезд неба с обозначением их звездной величины (в скобках указано наименование созвездия):

Сириус (Большого Пса)	-1,6
Канопус (Корабля)	-0,9
Альфа Центавра	0,1
Вега (Лиры)	0,1
Капелла (Возничего)	0,2
Арктур (Волопаса)	0,2
Ригель (Ориона)	0,3
Процион (Малого Пса)	0,5
Ахернар (Эридана)	0,6
Бета Центавра	0,9
Бетельгейзе (Ориона)	0,9
Альтаир (Орла)	0,9
Альфа Южного Креста	1,1
Поллукс (Близнецов)	1,2
Спика (Девы)	1,2
Антарес (Скорпиона)	1,2
Фомальгаут (Южной Рыбы)	1,2
Денеб (Лебеда)	1,3
Регул (Льва)	1,3



Космический телескоп НАСА «James Webb Space Telescope» (JWST) готовится к запуску на орбиту Земли в октябре 2018 г. В его разработке и строительстве тесно сотрудничают НАСА, Европейское космическое агентство (ESA) и Канадское космическое агентство (CSA). Диаметр главного зеркала телескопа, видимого на снимке, составляет 6,5 м.

Просматривая этот перечень, мы видим, что звезд ровно первой величины не существует вовсе: от звезд величины 0,9 список переводит нас к звездам 1,1 величины, 1,2 величины и т. д., минуя величину 1,0 (первую). Звезда первой величины есть, следовательно, не более, как единица меры яркости; на небе ее нет.

Не следует думать, что распределение звезд по ступеням яркости обусловлено физическими свойствами самих звезд. Оно вытекает из особенностей нашего зрения и является следствием общего для всех органов чувств «психофизического закона Вебера-Фехнера». В применении к зрению закон этот гласит: когда сила источника света изменяется в геометрической прогрессии, ощущение яркости изменяется в прогрессии арифметической. (Любопытно, что оценка интенсивности шумов выполняется физиками по тому же принципу, что и измерение яркости звезд; подробности об этом читатель найдет в моих «Занимательной физике» и «Занимательной алгебре».)

Познакомившись с астрономической шкалой яркости, займемся некоторыми поучительными подсчетами. Вычислим, например, сколько звезд 3-й величины, вместе взятых, светят так же, как одна звезда

первой величины. Мы знаем, что звезда 3-й величины слабее звезды 1-й величины в $2,5^2$, т. е. в 6,3 раза; значит, их понадобится для замены 6,3 штуки. Звезд 4-й величины для замены одной звезды 1-й величины пришлось бы взять 15,8 и т. д. Подобными расчетами¹ найдены числа приводимой ниже таблицы.

Для замены одной звезды 1-й величины нужно следующее число звезд других величин:

2-й	2,5
3-й	6,3
4-й	16
5-й	40
6-й	100
7-й	250
10-й	4 000
11-й	10 000
16-й	1 000 000

Начиная с 7-й величины, мы вступаем уже в мир звезд, недоступных простому глазу. Звезды 16-й величины различаются лишь в весьма сильные телескопы; чтобы возможно было видеть их невооруженным глазом, чувствительность естественного зрения должна возрасти в 10 000 раз, – тогда мы увидим их звездочкой 6-й величины.

В сейчас приведенной таблице не могли, конечно, найти себе места звезды «перед-первой» величины. Сделаем расчеты также для некоторых из них. Звезда 0,5 величины (Процион) ярче звезды первой величины в $2,5^{0,5}$, т. е. в $1\frac{1}{2}$ раза. Звезда минус 0,9 величины (Канопус) ярче звезды 1-й величины в $2,5^{1,9}$, т. е. в 5,8 раза, а звезда минус 1,6 величины (Сириус) – в $2,5^{2,6}$, т. е. в 10 раз.

Интересно определить, в каких пределах колеблется яркость звезд, относившихся прежде к первой величине, а теперь распределенных по разным местам шкалы яркости от +1,3 (Регул) до минус 1,6 (Сириус). Отношение яркостей этих крайних членов группы равно

$$2,5^{2,6} : \frac{1}{2,5^{0,3}} = 2,5^{2,9} = 14,5.$$

Понадобилось бы, следовательно, взять более 14 таких звезд, как Регул, чтобы все они вместе могли сравниться в яркости с Сириусом.

Наконец, еще любопытный подсчет: сколько звезд первой величины могли бы заменить свет всего звездного неба (видимого простым глазом)?

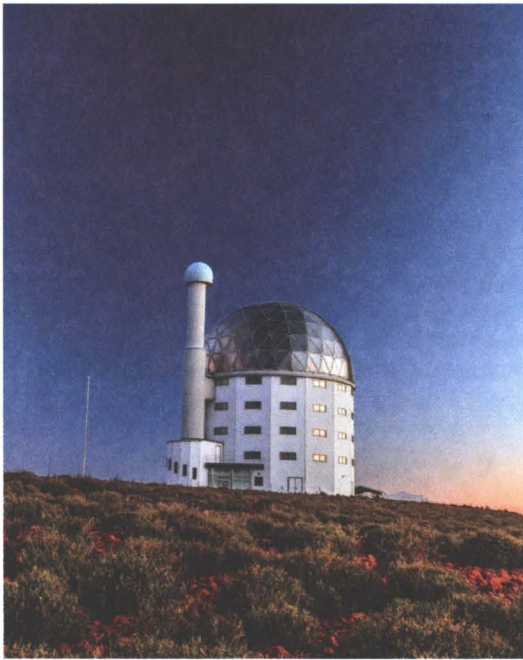
Примем, что звезд 1-й величины на одном полушарии неба 10. Замечено, что число звезд следующего класса примерно в 3 раза больше числа звезд предыдущего, яркость же их – в 2,5 раза меньше. Искомое число звезд равно поэтому сумме членов прогрессии:

$$10 + \left(10 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2,5}\right) + \left(10 \cdot 3^2 \cdot \frac{1}{2,5^2}\right) + \dots \\ \dots + \left(10 \cdot 3^5 \cdot \frac{1}{2,5^5}\right).$$

Получаем:

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{3}{2,5}\right)^6 - 10}{\frac{3}{2,5} - 1} = 95.$$

¹ Вычисления облегчаются тем, что логарифм «светового отношения» выражается очень просто: он равен 0,4.



Южно-Африканский большой телескоп (SALT), расположенный рядом с небольшим городом Сатерленд в Северо-Капской провинции ЮАР. Его главное оптическое зеркало поперечником в 11 метров состоит из 91 шестигранного в плане зеркала в 1 м шириной.

Итак, суммарная яркость всех звезд одного полушария, видимых простым глазом, равна приблизительно ста звездам первой величины (или одной звезды минус 4-й величины).

Если же подобное вычисление повторить, имея в виду не только звезды, видимые простым глазом, но и все те, которые доступны современному телескопу, то окажется, что суммарный свет их равносителен сиянию 1 100 звезд первой величины (или одной звезды минус 6,6 величины).

89. Глаз и телескоп

Сравним телескопическое наблюдение звезд с наблюдением их простым глазом.

Поперечник зрачка человеческого глаза примем в среднем равным 5 мм. Труба с объективом в 5 см пропускает лучей больше, чем зрачок, в $(50/5)^2$, т. е. в 100 раз, а с поперечником 50 см – в 10 000 раз. Вот во сколько раз труба усиливает яркость наблюдаемых в нее звезд! (Сказанное относится только к звездам, а никак не к планетам, имеющим заметный диск. Для планет при расчете яркости изображения следует принимать во внимание также оптическое увеличение трубы.)

Зная это, вы можете рассчитать, каков должен быть поперечник объектива телескопа, чтобы в него видны были звезды той или иной величины; но при этом надо знать, до какой величины видны звезды в телескоп с объективом одного известного размера. Пусть, например, вы знаете, что в телескоп с диаметром отверстия 64 см можно различать звезды до 15-й величины включительно. Каким объективом надо (располагать, чтобы видеть звезды следующей, 16-й величины? Составляем пропорцию

$$\frac{x^2}{64^2} = 2,5,$$

где x – искомый диаметр объектива. Имеем:

$$x = 64 \times \sqrt{2,5} \approx 100 \text{ см.}$$

Понадобится телескоп с поперечником объектива в целый метр. Вообще для увеличения зоркости телескопа на одну звездную величину необходимо увеличение диаметра его объектива

в $\sqrt{2,5}$ т. е. в 1,6 раза.

90. Звездная величина Солнца и Луны

Продолжим нашу алгебраическую экскурсию к небесным светилам. В той шкале яркости, которая применяется для звезд, могут помимо неподвижных звезд найти себе место и другие светила – планеты, Солнце, Луна. О яркости планет мы побеседуем особо; здесь же укажем звездную яркость Солнца и Луны. Яркость Солнца выражается числом минус 26,8, а полной¹ Луны – минус 12,7. Почему оба числа отрицательные, читателю, надо думать, понятно после всего сказанного ранее. Но, быть может, его приведет в недоумение недостаточно большая разница между звездной величиной Солнца и Луны: первая «всего вдвое больше второй»?

Не забудем однако, что обозначение звездной величины есть в сущности некоторый логарифм (при основании 2,5). И как нельзя, сравнивая числа, делить один на другой их логарифмы, так не имеет никакого смысла, сравнивая между собою звездные величины, делить одно число на другое. Каков результат правильного сравнения, показывает следующий расчет.

Если звездная величина Солнца «минус 26,8», то это значит, что Солнце ярче звезды первой величины в $2,5^{27,8}$ раза.

Луна же ярче звезды первой величины в $2,5^{13,7}$ раза.

Значит, яркость Солнца больше яркости полной

Луны в

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{13,7}} = 2,5^{14,1}.$$

Вычислив эту величину (помощью таблицы логарифмов), получаем 437 000. Вот, следовательно, правильное отношение яркостей Солнца и Луны: дневное светило в ясную погоду освещает Землю в 437 000 раз сильнее, чем полная Луна в безоблачную ночь.

Считая, что количество теплоты, отбрасываемое Луной, пропорционально количеству рассеиваемого ею света, – а это, вероятно, близко к истине, – надо признать, что Луна посылает нам и теплоты в 437 000 раз меньше, чем Солнце. Известно, что каждый квадратный сантиметр на границе земной атмосферы получает от Солнца около 2 малых калорий теплоты в 1 минуту. Значит, Луна посылает на 1 см² Земли ежеминутно не

¹ В первой и последней четверти звездная величина Луны минус 9.

более 220 000-й доли малой калории (т. е. может нагреть 1 г воды в 1 минуту на 220 000-ю часть градуса).

Отсюда видно, насколько не обоснованы все попытки приписать лунному свету какое-либо влияние на земную погоду. «Одно перистое облачко, – говорит, проф. Мультон, – лишает земную поверхность большего количества тепла, чем получается от Луны в течение целого года»¹.

Распространенное убеждение, что облака нередко тают под действием лучей полной Луны, – грубое заблуждение, объясняемое тем, что исчезновение облаков в ночное время (обусловленное другими причинами) становится заметным лишь при лунном освещении.

Оставим теперь Луну и вычислим, во сколько раз Солнце ярче самой блестящей звезды всего неба – Сириуса. Рассуждая по предыдущему, получаем отношение их яркостей:

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{2,6}} = 2,5^{25,2} = 10\,000\,000\,000,$$

т. е. Солнце ярче Сириуса в 10 миллиардов раз.

Очень интересен также следующий расчет: во сколько раз освещение, даваемое полной Луной, ярче совокупного освещения всего звездного неба, т. е. всех звезд, видимых простым глазом на одном небесном полушарии? Мы уже вычислили, что звезды от 1-й до 6-й величины включительно светят вместе так, как сотня звезд 1-й величины. Задача, следовательно, сводится к вычислению того, во сколько раз Луна ярче сотни звезд первой величины. Это отношение равно

$$\frac{2,5^{13,7}}{100} = 3\,000.$$

Итак, в ясную безлунную ночь мы получаем от звездного неба лишь 3 000-ю долю того света, какой посылает полная Луна, и в $3\,000 \times 437\,000$, т. е. в 1 300 миллионов раз меньше, чем дает в безоблачный день Солнце.

Прибавим еще, что яркость нормальной международной «свечи» на расстоянии 1 м равна, по звездной шкале, минус 14,2; значит, свеча на указанном расстоянии освещает ярче полной Луны в $2,5^{14,2-13,7}$, т. е. в 4 раза.

Небезынтересно, может быть, отметить еще, что прожектор авиационного маяка силою в 2 миллиарда свечей виден был бы с расстояния Луны звездой 4½ величины, т. е. мог бы различаться невооруженным глазом.

91. Истинная яркость звезд и Солнца

Все оценки яркости, которые мы делали до сих пор, относились только к их видимой яркости: приведенные числа выражают яркость светил на тех расстояниях, на каких каждое из них в действительности находится. Но мы хорошо знаем, что звезды удалены от нас неодинаково; видимая яркость звезд говорит нам поэ-

¹ Вопрос о том, может ли Луна влиять на погоду своим притяжением, будет рассмотрен особо в конце книги (см. статью «Луна и погода»).

тому столько же об их истинной яркости, сколько и об их удалении от нас, – вернее, не говорит ни о том, ни о другом, пока мы не расчленим оба фактора. Между тем очень важно знать, какова была бы сравнительная яркость различных звезд, если бы они находились от нас на одинаковом расстоянии.

Ставя так вопрос, астрономы вводят понятие об «абсолютной», яркости звезд. Абсолютной яркостью звезды называется та, которую звезда имела бы, если бы находилась от нас на расстоянии 10 «парсеков».

Парсек – особая мера длины, употребляемая для звездных расстояний; о ее происхождении мы побеседуем позднее в особой статье; здесь скажем лишь, что один парсек равен около 30 000 000 000 км. Самый расчет произвести нетрудно, если знать расстояние звезды и принять во внимание, что яркость должна убывать пропорционально квадрату расстояния².

Мы познакомим читателя с результатом лишь двух таких расчетов: для Сириуса и для нашего Солнца. Абсолютная яркость Сириуса + 1,3, Солнца + 4,7. Это значит, что с расстояния 300 миллиардов км Сириус сиял бы нам звездой 1,3 величины, а наше Солнце 4,7 величины, т. е. слабее Сириуса в

$$\frac{2,5^{3,7}}{2,5^{0,3}} = 2,5^{3,4} = 25 \text{ раз},$$

хотя видимая яркость Солнца в 10 миллиардов раз больше яркости Сириуса.

«В армии неба наше Солнце – простой солдат», – сказал Фламарион. Мы сейчас убедились, что Солнце, действительно, простой солдат и даже не из правифланговых. Не следует, однако, считать наше Солнце совсем пигмеем среди окружающих его звезд: яркость его все же выше средней. По данным звездной статистики средними по яркости из звезд, окружающих Солнце до расстояния 10 парсеков, признаются звезды 9-й абсолютной величины. Так как абсолютная величина Солнца равна 4,7, то оно ярче, нежели средняя из «соседних» звезд в

$$\frac{2,5^8}{2,5^{3,7}} = 2,5^{4,3} = 50 \text{ раз}.$$

² Вычисление можно выполнить по следующей формуле, происхождение которой станет ясной читателю, когда немного позднее он познакомится ближе с «парсеком» и «параллаксом»:

$$2,5^M = 2,5^m \cdot \left(\frac{\pi}{0,1}\right)^2.$$

Здесь M – абсолютная яркость звезды, m – ее видимая величина, π – параллакс звезды в секундах. Последовательные преобразования таковы:

$$\begin{aligned} 2,5^M &= 2,5^m \cdot 100 \pi^2; \\ M \lg 2,5 &= m \lg 2,5 + 2 + 2 \lg \pi, \\ 0,4 M &= 0,4 m + 2 + 2 \lg \pi, \end{aligned}$$

откуда

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi,$$

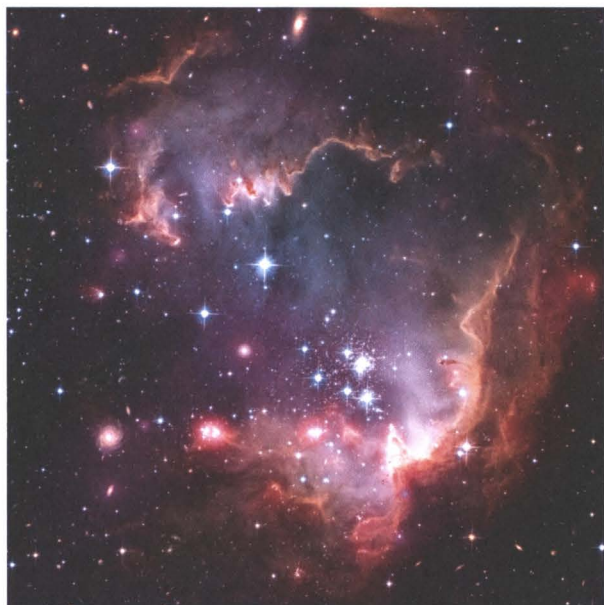
Для Сириуса, например, $m = -1,6$; $\pi = 0",38$. Поэтому его абсолютная величина

$$M = -1,6 + 5 + 5 \lg 0,38 = 1,3.$$

Будучи в 25 раз абсолютно тусклее Сириуса, Солнце оказывается все же в 50 раз ярче, чем средние из окружающих его звезд.

92. Самая яркая звезда Вселенной

Самой большой абсолютной яркостью обладает малозаметная, недоступная простому глазу звездочка 8-й величины в созвездии Золотой Рыбы, обозначаемая латинской буквой S. Созвездие Золотой Рыбы находится в южном полушарии неба и не видно в умеренном поясе нашего полушария. Упомянутая звездочка входит в состав звездного роя, принадлежащего ско-



Малое Магелланово облако. Снимок сделан орбитальным телескопом «Hubble». Изображение НАСА.

плению Малого Магелланова облака, расстояние которого от нас оценивается, примерно, в 12 000 раз больше расстояния Сириуса. В таком огромном удалении звезда должна обладать совершенно исключительной яркостью, чтобы казаться даже 8-й величины. Сириус, заброшенный так же глубоко в пространстве, сиял бы звездой 19-й величины, т. е. был бы едва виден в самый могущественный телескоп.

Какова же «абсолютная» яркость этой замечательной звезды? Расчет дает такой результат: минус 8-я величина. Это значит, что наша звезда абсолютно в 240 000 раз ярче Солнца! При такой исключительной яркости звезда эта, будучи помещена на расстоянии Сириуса, казалась бы на 19 величин ярче его, т. е. имела бы примерно яркость неполной Луны! Звезда, которая с расстояния Сириуса могла бы заливать Землю таким ярким светом, имеет бесспорное право считаться самой яркой из известных нам звезд во всей Вселенной.

93. Звездная величина планет на земном и чужом небе

Возвратимся теперь к мысленному путешествию на другие планеты (проделанному нами в статье «Чужие небеса»)

и оценим более точно яркость сияющих там светил. Прежде всего укажем звездные величины планет на земном небе. Вот табличка

На небе Земли:

Венера	−4,4
Марс	−2,3
Юпитер	−2,5
Меркурий	−1,5
Сатурн	−0,5
Уран	+5,7
Нептун	+7,6

Просматривая ее, видим, что Венера ярче Юпитера почти на две звездные величины, т. е. в $2,5^2 = 6,25$ раза, а Сириуса в $2,5^{2,8} = 13$ раз (яркость Сириуса − 1,6 вел.). Из той же таблички видно, что тусклая планета, Сатурн, все же ярче всех неподвижных звезд кроме Сириуса и Канопуса. Здесь мы находим объяснение того факта, что планеты (Венера, Юпитер) бывают иногда днем видны простым глазом, звезды же при дневном свете совершенно недоступны невооруженному зрению.

Далее приводим таблички яркости светил на небе Венеры, Марса и Юпитера без новых пояснений, так как они представляют собой лишь количественное выражение того, о чем говорилось уже в статье «Чужие небеса»:

На небе Марса:

Солнце	−26
Фобос	− 8
Деймос	− 3,7
Венера	− 3,2
Юпитер	− 2,8
Земля	− 2,6
Меркурий	− 0,8
Сатурн	− 0,6

На небе Венеры:

Солнце	−27,5
Земля	− 6,6
Меркурий	− 2,7
Юпитер	− 2,4
Земная луна	− 2,4
Сатурн	− 0,5

На небе Юпитера:

Солнце	− 23
I спутник	− 7,7
II «	− 6,4
III «	− 5,6
IV спутник	− 3,3
V «	− 2,8
Сатурн	− 2
Венера	− 0,3

Оценивая яркость планет на небе их собственных спутников, следует на первое место поставить «полный» Марс в небе Фобоса (− 22,5), затем «полный» Юпитер в небе V спутника (−21) и «полный» Сатурн в небе его спутника Мимаса (− 20): Сатурн здесь всего в пять раз ярче Солнца!

Поучительна, наконец, следующая таблица яркости планет, наблюдаемых одна с другой. Располагаем их в порядке убывания яркости.

	Звездная величина
Венера с Меркурия	-7,7
Земля с Венеры	-6,6
Земля с Меркурия	-5,0
Венера с Земли	-4,4
Венера с Марса	-3,2
Юпитер с Марса	-0,8
Марс с Земли	-2,8
Меркурий с Венеры	-2,7
Земля с Марса	-2,6
Юпитер с Земли	-2,5
Юпитер с Венеры	-2,4
Юпитер с Меркурия	-2,2
Сатурн с Юпитера	-2,0

Табличка показывает, что на небе главных планет самыми яркими светилами являются: Венера, наблюдаемая с Меркурия, и Земля, видимая с Венеры.

94. Почему телескоп не увеличивает звезды?

Людей, впервые направляющих зрительную трубу на неподвижные звезды, поражает то, что труба, так заметно увеличивающая Луну и планеты, нисколько не увеличивает размеров звезд, даже уменьшает их, превращая в яркую точку, не имеющую диска. Это заметил еще Галилей, первый человек, взглянувший на небо вооруженным глазом. Описывая свои ранние наблюдения с помощью изобретенной им трубы, он говорит:

«Достоин замечания различие в виде планет и неподвижных звезд при наблюдении через трубу. Планеты представляются маленькими кружками, резко очерченными, как-бы малыми лунами; неподвижные же звезды не имеют различимых очертаний... Труба увеличивает только их блеск, так что звезды 5-й и 6-й величины делаются по яркости равными Сириусу, который является самой блестящей из неподвижных звезд».

Чтобы объяснить такое бессилие телескопа по отношению к звездам, придется напомнить кое-что из физиологии и физики зрения. Когда, мы наблюдаем за удаляющимся от нас человеком, его изображение на сетчатке глаза становится все меньше. В достаточном удалении голова и ноги человека настолько сближаются на сетчатке, что попадают уже не на разные ее элементы (нервные окончания), но на один и тот же, и тогда человеческая фигура кажется нам точкой, лишенной очертаний. У большинства людей это наступает тогда, когда угол, под которым усматривается предмет, уменьшается до $1'$. Назначение зрительной трубы состоит в том, чтобы увеличить угол, под которым глаз видит предмет, или, что то же самое, растянуть изображение каждой детали предмета на несколько смежных элементов сетчатки. О трубе говорят, что она «увеличивает в 100 раз», если угол, под которым мы видим предметы в эту трубу, в 100 раз больше угла, под которым мы на том же

расстоянии видим их простым глазом. Если же какая-нибудь деталь и при таком увеличении усматривается под углом меньше $1'$, то данная труба недостаточна для рассмотрения этой подробности.

Нетрудно рассчитать, что самая мелкая подробность, какую можно различить на расстоянии Луны в телескоп, увеличивающий в 1000 раз, имеет в поперечнике 110 м, а на расстоянии Солнца – 40 км. Но если тот же расчет сделать для ближайшей звезды, то получим огромную величину – 12 000 000 км.

Поперечник нашего Солнца меньше этой величины в $8\frac{1}{2}$ раз. Значит, перенесенное на расстояние ближайшей звезды, Солнце наше должно казаться точкой в телескоп с 1000-кратным увеличением. Ближайшая звезда должна обладать объемом в 600 раз больше Солнца, чтобы сильные телескопы могли показать ее диск. На расстоянии Сириуса звезда должна для этого быть больше Солнца по объему в 5 000 раз. Так как большинство звезд расположено гораздо дальше сейчас упомянутых, а размеры их в среднем не превышают в такой степени размеров Солнца, то звезды и представляются нам точками даже в сильные телескопы.

«Ни одна звезда на небе, – говорит Джинс, – не может иметь большего углового размера, чем булавочная головка с расстояния в 10 км, и нет еще такого телескопа, в который предмет столь малых размеров был бы виден, как диск». Напротив, крупные небесные тела, входящие в состав нашей солнечной системы, показывают при наблюдении в телескоп свои диски тем больше, чем телескоп сильнее. Но, как мы уже имели случай упомянуть, астроном встречается здесь с другим неудобством: вместе с увеличением изображения ослабевает его яркость (вследствие распределения потока лучей на большую поверхность); слабая же яркость затрудняет различение подробностей. Потому для наблюдения планет и особенно комет приходится пользоваться лишь умеренно увеличивающими телескопами.

Читатель, пожалуй, задаст вопрос: если телескоп не увеличивает звезд, то зачем же употребляют его при их наблюдении? После сказанного в предыдущих статьях едва ли нужно долго останавливаться на ответе. Телескоп бессилён увеличить видимые размеры звезд, но он усиливает их яркость, а следовательно, умножает число звезд, доступных зрению.

Второе, что достигается благодаря телескопу, это разделение тех звезд, которые представляются нево-

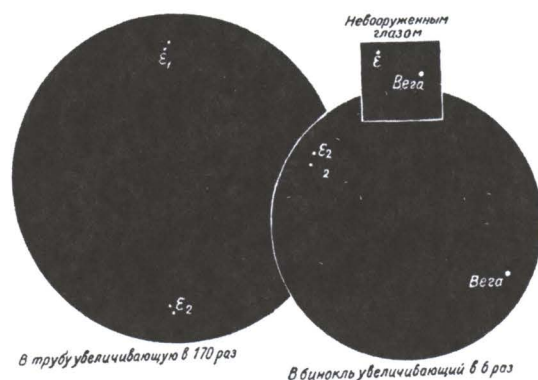


Рис. 86. Одна и та же звезда (близ Веги созвездия Лиры), как она видна простым глазом, в бинокль и в телескоп.



Рис. 87. Телескоп Джона Д. Хукера, давшего большую часть средств для постройки телескопа, в Обсерватории на горе Маунт-Вильсон в США. Диаметр зеркала этого инструмента – 250 см. в 1917 г. в момент начала работы телескопа он был самым большим в мире. Этим телескопом пользовался в своей работе выдающийся американский астроном Эдвин Хаббл, внесший решающий вклад в понимание структуры космоса.

оруженному глазу сливающимися в одну. Телескоп не может увеличить видимого поперечника звезд, но увеличивает видимое расстояние между ними. Поэтому телескоп открывает нам двойные, тройные и еще более сложные звезды там, где невооруженный глаз видит одиночную звезду (рис. 86). Звездные скопления, для простого глаза сливающиеся за дальностью расстояния в туманное пятнышко, а в большинстве случаев и вовсе невидимые, рассыпаются в поле телескопа на многие тысячи отдельных звезд.

И, наконец, третья услуга телескопа при изучении мира звезд состоит в том, что он дает возможность измерять углы с поразительной точностью: современные астрономы измеряют углы величиной в 0,02 секунды. Под таким углом усматривается бронзовая копейка с расстояния 15 км или человеческий волос с расстояния 50 м!

95. Как измерили поперечники звезд?

В самый сильный телескоп, как мы сейчас объяснили, нельзя не только измерить поперечники неподвижных звезд, но даже увидеть их. До недавнего времени все соображения о том, каких размеров звезды,

были только догадками. Допускали, что каждая звезда в среднем примерно такой же величины, как наше Солнце, но ничем не могли подкрепить эту догадку. И так как для различения звездных диаметров необходимы телескопы, в сотни раз более могущественные, чем самые сильные трубы нашего времени, то задача определения истинных звезд казалась неразрешимой.

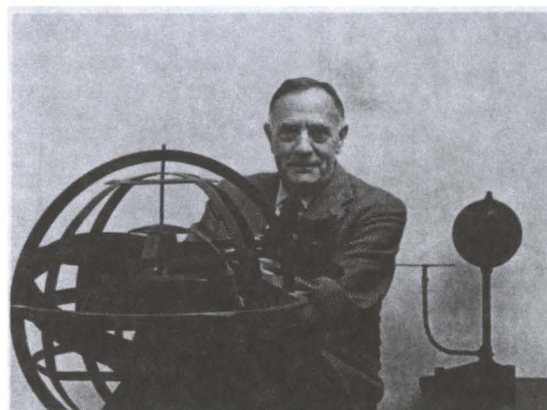
Так обстояло дело до 1920 г., когда новые приемы и орудия исследования открыли астрономам путь к измерению истинных размеров звезд.



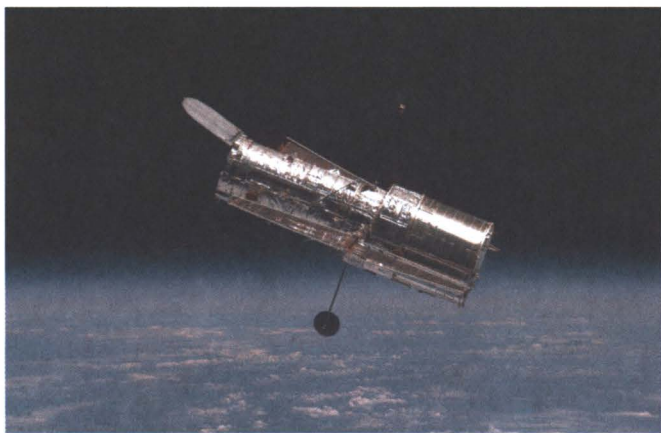
Джордж Эллери Хейл (1868-1938) – американский астроном, изобретатель спектрогелиографа. Организатор строительства Йеркской обсерватории в Чикагском университете, а также солнечной обсерватории Маунт-Вильсон в Калифорнии. Был также инициатором создания Калифорнийского технологического института, ставшего одним из самых известных учебных и научно-исследовательских центров США.

Этим новейшим достижением астрономия обязана своей верной союзнице – физике, не раз оказывавшей ей самые ценные услуги. Мы сейчас изложим сущность этого способа измерения словами выдающегося американского астронома проф. Хэйля, директора той самой обсерватории на горе Вильсон (в Калифорнии), где описываемый метод и был успешно применен:

«Принцип, на котором построен метод измерения, может быть уяснен каждым с помощью опыта, требу-



Эдвин Хаббл (1889-1953) – американский астроном, с 1919 г. работавший в обсерватории Маунт-Вилсон. Его основные труды посвящены изучению галактик.



Космический телескоп «Hubble», подаривший миру уникальные снимки объектов ближнего и дальнего космоса. С его выводом на околоземную орбиту 24 апреля 1990 г., началась новая эпоха в изучении космоса.

ющего простого прибора. Прорежьте в листе черной бумаги узкую щель в несколько десятых долей миллиметра шириною, поместите ее вертикально перед ярким источником света и наблюдайте с расстояния 10–15 м в небольшую трубу при увеличении около 30 раз. Объектив трубы должен быть закрыт непрозрачной крышкой с двумя круглыми отверстиями около 3 мм диаметром и взаимным расстоянием 15 мм. Когда крышка удалена, щель имеет вид узкой вертикальной полосы с значительно слабейшими полосами по бокам. При наблюдении же с крышкой центральная яркая полоса представляется исчерченной вертикальными полосами вследствие интерференции (взаимодействия) двух световых пучков, идущих от щели через различные части объектива. Закройте одно из отверстий, и полосы исчезнут: присутствие их обусловлено взаимодействием двух световых пучков.

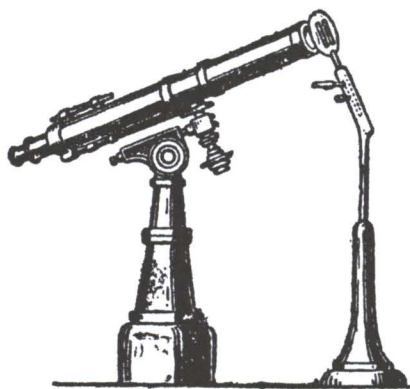


Рис. 88. Схема опыта, объясняющего устройство прибора (интерферометра) для измерения углового поперечника звезд. Впереди объектива — крышка с двумя раздвигающимися отверстиями.

Допустим теперь, что отверстия перед объективом трубы сделаны в подвижных пластинках, так что взаимное их удаление можно изменять. По мере их раздвижения темные интерференционные полосы становятся все менее яркими и, наконец, исчезают совершенно. Зная отношение расстояния между отверстиями к длине световой волны (0,0005 мм), можно определить угловую величину щели, т. е. найти, под каким углом видна

щель наблюдателю, а зная кроме того расстояние щели, можно вычислить и ее действительную ширину.

Если вместо щели взято маленькое круглое отверстие, то способ измерения остается тот же, надо лишь полученный угловой диаметр увеличить в 1,22 раза.

«При измерении диаметров звезд мы следуем тем же путем, но, ввиду чрезвычайной малости углового диаметра звезд, должны применять весьма большие телескопы».

Помимо работы описанным инструментом — интерферометром — есть и другой, более околный способ оценки истинного диаметра звезд, основанный на исследовании их спектров.

По спектру звезды астроном узнает ее температуру, а отсюда вычисляют величину излучения 1 см^2 ее поверхности. Если кроме того известны расстояние звезды и ее кажущаяся яркость, то определяется и величина излучения всей ее поверхности.

Деление второй величины на первую дает размер поверхности звезды, а значит и ее диаметр. Таким образом найдено, например, что поперечник Капеллы в 45 раз больше солнечного, Сириуса — в 30 раз, Полярной — в 10 раз, Веги — в 4 раза, а спутника Сириуса составляет 0,05 солнечного.

96. Гиганты звездного мира

Результаты определения звездных поперечников оказались поистине поразительны. Астрономы не подозревали раньше, что во вселенной могут быть такие гигантские звезды, как те, которые открыты были описанными способами. Первая звезда, истинные размеры которой удалось определить (в 1920 г.), была самая яркая звезда (α) Ориона, носящая арабское название Бетельгейзе. Ее поперечник оказался превышающим диаметр орбиты Марса! Другим гигантом является Антарес, самая яркая (α) в созвездии Скорпиона: ее по-

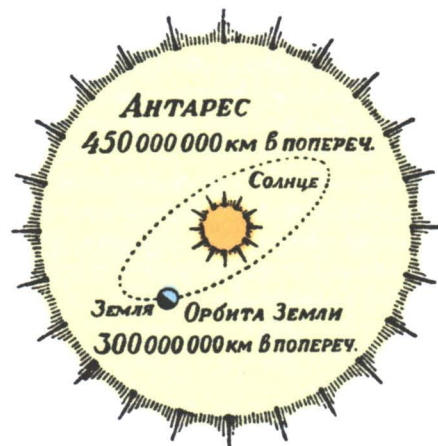


Рис. 89. Звезда-гигант Антарес (в созвездии Скорпиона) могла бы включить в себя наше Солнце с земной орбитой.

перечник примерно в $1\frac{1}{2}$ раза больше диаметра земной орбиты. В ряду открытых пока звездных гигантов надо поставить и так называемую Дивную («Мира») звезду в созвездии Кита, диаметр которой в 330 раз больше диаметра нашего Солнца и, значит, в $1\frac{1}{2}$ раза больше поперечника земной орбиты (см. рис. стр. 120).

Остановимся теперь на физическом устройстве этих исполинов. Расчет показывает, что подобные звезды, несмотря на чудовищные размеры, содержат несоразмерно мало вещества. Они тяжелее нашего Солнца всего в несколько раз; а так как по объему Бетельгейзе, например, больше Солнца в 40 миллионов раз, то плотность этой звезды должна быть ничтожна. И если вещество Солнца в среднем по плотности приближается к воде, то вещество звезд-гигантов в этом отношении походит на разреженный воздух. Звезды эти, по выражению одного астронома, «напоминают громадный аэростат малой плотности, значительно меньшей, нежели плотность воздуха».

Не следует думать, что звездные гиганты представляют собой какие-то исключительные феномены, игру природы, подобно великанам среди людей. Нет, по видимому, это неизбежная, хотя и сравнительно кратковременная стадия, через которую в процессе эволюции проходят все звезды, все солнца мироздания. И наше собственное Солнце было когда-то – миллиарды лет назад – звездой-гигантом, исполинским шаром разреженного вещества. Теперь оно успело уже значительно уплотниться и остыть. Оно пережило уже не только свою молодость, но и свой возраст, когда оно сияло белым светом, наподобие Сириуса. Теперь наше Солнце превратилось в «звезду-карлика» и склоняется к старости. Температура на его поверхности будет постепенно падать, свет – желтеть, потом краснеть, а когда температура поверхности понизится до $3\,000^\circ$, Солнце наше превратится в одну из тех угасающих звезд, которые в изобилии усеивают бездны мироздания.

Таков жизненный путь звезд. Каждая из них, остывая, последовательно в течение миллионов миллионов лет проходит пять стадий звездной эволюции: стадию красной звезды-гиганта, стадию белой звезды с наиболее высокой температурой, стадию начинающей угасать желтой звезды (наше Солнце), стадию красноватой, угасающей звезды-карлика и, наконец, стадию угасшей темной звезды. Мироздание усеяно звездами, переживающими различные стадии своей жизненной эволюции, и все разнообразие солнц вселенной обусловлено, главным образом, различием их возраста. Так как звезды-гиганты светят ярче прочих, то большая часть звезд, которые мы видим на небе, – молодые солнца, переживающие раннюю стадию своего жизненного пути¹.

97. Неожиданный расчет

Интересно рассмотреть в связи с предыдущим, сколько места заняли бы на небе все звезды, если бы их видимые изображения были примкнуты одно к другому вплотную. Мы уже знаем, что совместная яр-

¹ Наиболее вероятный средний возраст звезд, по новейшим исследованиям, исчисляется 5 миллионами миллионов лет².

² По современным представлениям говорить о среднем «возрасте звезд» стало сложнее, поскольку сегодня исследованы и классифицированы многие космические объекты, возраст которых значительно различается. Например предельный возраст звезд-сверхгигантов оценивается в 0,1 млрд. лет, а возраст шаровых скоплений и звезд-субкарликов – в 12-15 млрд. лет (прим. ред.).

кость всех звезд, доступных телескопу, равна яркости звезды минус 6,6 величины (см. стр. 125). Такая звезда светит на 20 звездных величин слабее нашего Солнца, т. е. испускает света меньше в 100 000 000 раз. Если считать Солнце по температуре его поверхности звездой средней, то можно принять, что видимая поверхность нашей воображаемой звезды в указанное число раз меньше видимой поверхности Солнца. А так как диаметры кругов пропорциональны квадратным корням из их поверхностей, то видимый диаметр нашей звезды должен быть меньше видимого диаметра Солнца в 10 000 раз, т. е. равняться

$$30 : 10\,000 = 0'',2$$

Результат поразительный: совместная видимая поверхность всех звезд занимает на небе столько места, сколько кружок с угловым диаметром в $0,2''$. Небо содержит 41 253 квадратных градусов; легко сосчитать поэтому, что звезды покрывают только одну двадцати-миллиардную долю всего неба!

98. Самое тяжелое вещество

Среди диковинок, скрытых в глубинах вселенной, вероятно, навсегда сохранит одно из первых мест небольшая звездочка близ Сириуса. Эта звезда состоит из вещества в 60 000 раз более тяжелого, нежели вода! Когда мы берем в руки стакан ртути, нас удивляет его грузность: он весит около 3 кг. Но что сказали бы мы о стакане вещества, весящем 12 т и требующем для перевозки железнодорожной платформы? Это кажется полным абсурдом, а между тем таково одно из открытий новейшей астрономии...

Открытие это имеет длинную и в высшей степени поучительную историю. Уже давно было замечено, что блистательный Сириус совершает свое собственное движение среди звезд не по прямой линии, как большинство других звезд, а по странному извилистому пути (рис. 90). Чтобы объяснить эти особенности его движения, знаменитый немецкий астроном Бессель предположил, что Сириуса сопровождает спутник, своим притяжением «возмущающий» его движение. Это было в 1844 г. – за два года до того, как Леверрье открыл Нептун «на кончике своего пера». А в 1862 г., уже после смерти Бесселя, догадка его получила полное подтверждение, так как заподозренный спутник Сириуса был усмотрен в телескоп.

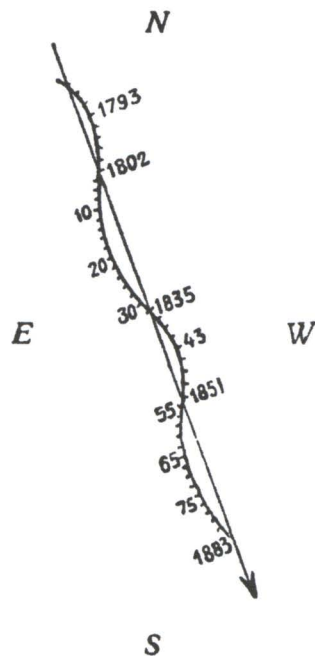


Рис. 90. Извилистый путь Сириуса среди звезд в промежутке времени с 1793 г. по 1883 г.

Спутник Сириуса, так называемый «Сириус В», обращается около главной звезды в 49 лет на расстоянии в 20 раз большем, чем Земля вокруг Солнца (т. е. примерно на расстоянии Урана).

Это – слабая звездочка 8-9-й величины, но масса ее весьма внушительна, почти 0,8 массы нашего Солнца¹.

На расстоянии Сириуса наше Солнце должно было бы светить звездой 2-й или 3-й величины; если бы поэтому спутник Сириуса имел поверхность, уменьшенную по сравнению с солнечной пропорционально отношению масс этих светил, то при той же температуре

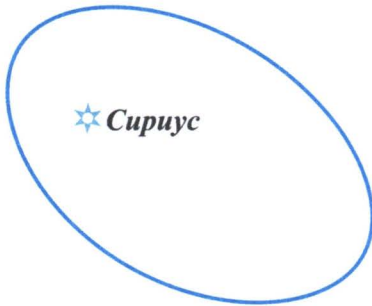


Рис. 91. Орбита спутника Сириуса по отношению к Сириусу. Спутник этой яркой звезды есть также звезда, но не столь крупная и яркая. (Сириус не занимает фокуса видимого эллипса, потому что истинный эллипс искажен проекцией – мы видим его).

он должен был бы сиять, как звезда примерно 4-й величины, а не 8-9-й. Столь слабую яркость астрономы первоначально объясняли низкой температурой на поверхности этой звезды; ее рассматривали, как гаснущее солнце, покрываемое уже твердой корой.

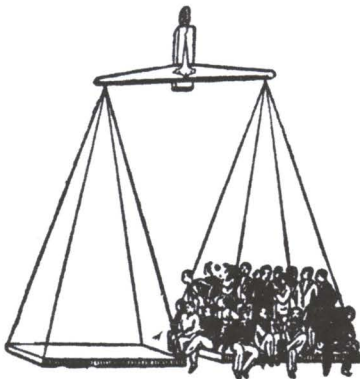


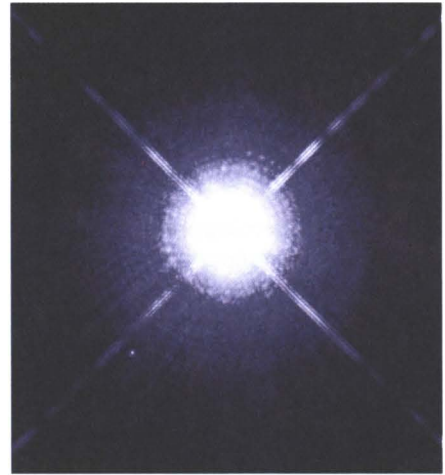
Рис. 92. Спутник Сириуса состоит из вещества, в 60 тысяч раз более плотного, чем вода. Несколько кубических сантиметров этого вещества могло бы уравновесить груз из двух десятков человек.

Но такое допущение оказалось ошибочным. Лет 25 назад на Вильсоновской обсерватории (в Калифорнии)

¹ Возможно, что у этого спутника есть также свой спутник – слабая звезда, обращающаяся около него в 1½ земных года. Следовательно, Сириус, может быть, тройная звезда².

² К настоящему времени наличие третьей звезды не подтвердилось. Сириус является двойной звездой, состоящей из звезд Сириус А спектрального класса А1 и белого карлика Сириус В. Период обращения вокруг общего центра масс – 50 лет, возраст системы – 225-250 млн. лет (прим. ред.).

удалось установить, что скромный спутник Сириуса вовсе не угасающая звезда, а, напротив, принадлежит к звездам с высокой поверхностной температурой, гораздо выше, чем у нашего Солнца. Это совершенно меняет дело. Слабую яркость приходится, следовательно, при-



Звезда Сириус А и ее компаньон Сириус В. Снимок сделан космическим телескопом «Hubble».

писать только малой величине поверхности этой звезды. Вычислено, что она посылает в 360 раз меньше света, чем Солнце; значит, поверхность ее должна быть по крайней мере в 360 раз меньше солнечной, а радиус в

$\sqrt{360}$ раз т. е. в 19 раз меньше солнечного. Отсюда заключаем, что объем спутника Сириуса должен составлять менее чем 6 800-ю долю объема Солнца, между тем как масса его составляет почти 0,8 массы дневного светила. Уже это одно говорит о большой уплотненности вещества этой звезды. Более точный расчет дает для диаметра планеты всего 40 000 км, а следовательно, для плотности – то чудовищное число, которое мы привели в начале статьи: в 60 000 раз более плотности воды.

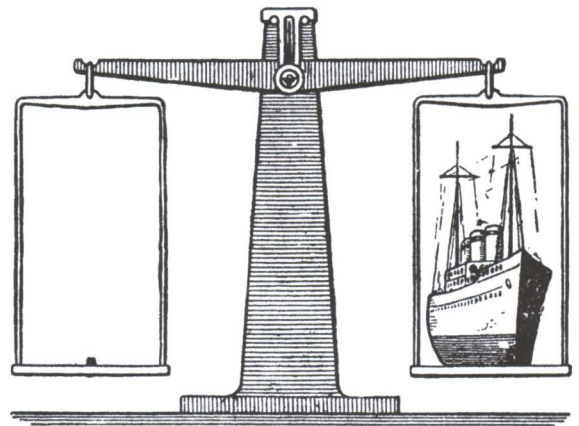


Рис. 93. Один см³ атомных ядер мог бы уравновесить океанский пароход, даже и при весьма неплотной упаковке их. Плотно же уложенные ядра весили бы в объеме 1 см³ 10 миллионов тонн!

«Навострите уши, физики: замышляется вторжение в вашу область», – приходят на память слова Кеплера, сказанные им, конечно, по другому поводу. Дей-

99. Почему звезды называются неподвижными?

Когда в старину дан был звездам такой эпитет, желали подчеркнуть этим, что, в отличие от планет, они сохраняют на небесном своде неизменное расположение. Они, конечно, участвуют в суточном движении всего неба вокруг Земли, – но это кажущееся движение не нарушает их взаимного расположения. Планеты же непрерывно меняют свои места относительно звезд, бродят

между ними и оттого получили в древности наименование «блуждающих звезд» (буквальный смысл слова «планета»).

Мы знаем теперь, что представление о звездном мире, как о собрании солнц, застывших в своей неподвижности, совершенно превратно. Все звезды¹ в том числе и наше Солнце, движутся одна относительно другой со скоростью, в среднем 30 км/сек, т. е. с такой же, с какой планета наша обегает свою орбиту. Значит, звезды ничуть не менее подвижны, чем планеты. Напротив, в мире звезд мы встречаемся в отдельных случаях с такими огромными скоростями, каких нет в семье



Рис. 94. В течение тысячелетий фигуры созвездий меняются. Средний рисунок изображает Большую Медведицу в ее современном виде; стрелки возле звезд показывают направление их движения. Нижний рисунок — то же созвездие 50 тысяч лет назад. Верхний рисунок — вид созвездия через 50 тысяч лет после нашей эпохи.

планет; известны звезды – их называют «летающими» – которые несутся по отношению к нашему Солнцу со скоростью 250-300 км/сек.

Но если все видимые нами звезды хаотически движутся с невообразимыми скоростями, пробегая милли-

¹ Имеются в виду звезды, входящие в состав «нашего» звездного скопления – Млечного Пути.

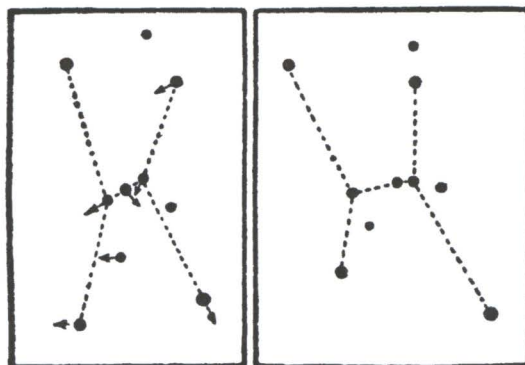


Рис. 95. В каких направлениях движутся звезды Ориона (рисунок слева) и как это движение изменит вид созвездия через 75 тысяч лет.

ствительно, ничего подобного не мог представить себе до сих пор ни один физик. В обычных условиях столь значительное уплотнение совершенно немыслимо, так как промежутки между нормальными атомами в твердых телах слишком малы, чтобы допустимо было сколько-нибудь заметное сжатие их вещества. Иначе обстояло бы дело в случае «изувеченных» атомов, утративших те электроны, которые кружились вокруг ядер. Потеря электронов уменьшает поперечник атома в несколько тысяч раз, почти не уменьшая его веса; обнаженное ядро меньше нормального атома примерно во столько раз, во сколько муха меньше крупного здания. Сдвигаемые чудовищным давлением, господствующим в недрах звездного шара, эти уменьшенные атомы-ядра могут сблизиться в тысячи раз теснее, чем нормальные атомы, и создать вещество той неслыханной плотности, какая обнаружена на спутнике Сириуса. Более того: сейчас указанная плотность даже превзойдена в другой звезде (открытой голландским астрономом Ван-Маненом). Эта звездочка 12-й величины, по размерам не превышающая земной шар, обладает веществом в 400 000 раз более плотным, нежели вода!

И это не самая еще крайняя степень плотности. Теоретически можно допускать существование гораздо более плотных веществ.

Вот соображения физика: «Диаметр атомного ядра составляет не более одной 10 000-й диаметра атома, а

объем, следовательно, не более $\frac{1}{10^{12}}$ объема атома. 1 м³ металла содержит всего около $\frac{1}{10\,000}$ мм³ атомных ядер,

и в этом крошечном объеме сосредоточена вся масса металла. 1 см³ атомных ядер должен, таким образом, весить примерно 10 миллионов т»¹.

После сказанного не будет казаться невероятным открытие звезды, средняя плотность вещества которой еще в 500 раз больше, чем у материи упомянутой ранее звезды Сириус В. Мы говорим о небольшой звездочке 13-й величины в созвездии Кассиопеи, открытой в конце 1935 г. на Калифорнийской обсерватории Лика. Будучи по объему не больше Марса и в 8 раз меньше земного шара, звезда эта обладает массой, почти вдвое превышающей массу нашего Солнца (точнее – в 2,8 раза). В обычных единицах средняя плотность его вещества выражается числом 36 000 000 г/см³. Это означает, что 1 см³ такого вещества весил бы на Земле более 3½ т! Вещество это, следовательно, плотнее золота почти в 2 млн. раз². О том, сколько должен весить сантиметровый кубик такой материи, взвешенный на поверхности самой звезды, мы побеседуем в главе V.

Немного лет назад ученые, конечно, считали бы немыслимым существование вещества в миллионы раз плотнее платины.

Бездны мироздания скрывают, вероятно, немало еще подобных парадоксов природы.

¹ Е. Рабинович и Э. Тило, «Периодическая система элементов». Русский перевод 1933 г.

² В центральной части этой звезды плотность вещества должна достигать неимоверно большой величины, примерно миллиарда граммов в см³!

арды километров ежегодно, то почему не замечаем мы этого бешеного движения? Почему звездное небо представляет издавна картину величавой неподвижности?

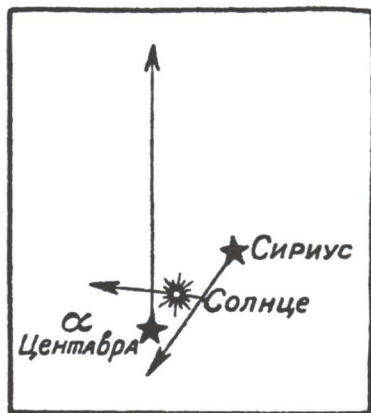


Рис. 96. Три звездных соседа — наше Солнце, альфа Центавра и Сириус — разбегающиеся в разные стороны.

Причину не трудно отгадать: она кроется в невообразимой удаленности звезд. Случалось ли вам наблюдать с возвышенного пункта за поездом, движущимся вдали близ горизонта? Разве не казалось вам тогда, что курьерский поезд ползет, как черепаха? Скорость, головокружительная для наблюдателя вблизи, превращается в черепаший шаг при наблюдении с большого расстояния.

То же происходит и с движением звезд; только в этом случае относительное удаление наблюдателя от движущегося тела гораздо значительнее. Самые яркие звезды удалены от нас в среднем менее других, — именно (по Каптейну) на 800 миллионов миллионов километров; перемещение же такой звезды за год составляет, скажем, миллиард (1 000 миллионов) километров, т. е. в 800 000 раз меньше. Такое перемещение должно усматриваться с Земли под углом менее 0,25 секунды, — величина едва уловимая точнейшими астрономическими инструментами. Для невооруженного же глаза оно совершенно незаметно, даже если длится столетия. Только кропотливыми инструментальными измерениями удалось обнаружить некоторые из этих отдаленных движений.

Итак, «неподвижные звезды», несмотря на то, что увлекаются невообразимо стремительным движением, имеют полное право именоваться неподвижными, поскольку речь идет о том виде, какой они имеют для невооруженного глаза. Мир звезд предстает перед нами окаменевшим в своей неподвижности.

100. Возможны ли столкновения звезд?

Из сейчас сказанного читатель сам может вывести заключение, как ничтожна вероятность встречи между двумя звездами, несмотря на их невообразимо стремительное и совершенно беспорядочное движение. Астроном Джинс говорит об этом в следующих выражениях:

«Допустим в воображении, что мы выбрали место в пространстве где-то недалеко от Солнца и наблюда-

ем, как звезды движутся мимо нас в тысячу раз быстрее скорого поезда ... Как показывает точное вычисление, звездное движение настолько слабо, что нам пришлось бы ждать триллион (миллион миллионов миллионов) лет, прежде чем на нас налетит звезда. Иными словами, каждой звезде дана возможность странствовать около триллиона лет, прежде чем она столкнется с другой. Звезды движутся в пространстве вслепую, и участников этой звездной игры в жмурки так мало и они так далеки друг от друга, что вероятность столкновений у них ничтожно мала».

101. Меры звездных расстояний

Наши крупные меры длины — километр, морская миля (1852 м) и географическая миля (= 4 морским), достаточные для измерений на земном шаре, оказываются слишком ничтожными для измерений небесных. Мерить ими небесные расстояния столь же неудобно, как измерять миллиметрами длину железной дороги; расстояние, например, Юпитера от Солнца в километрах, выражается числом 780 миллионов, длина же Октябрьской дороги в миллиметрах — числом 640 миллионов.

Чтобы не иметь дела с длинными рядами нулей в конце чисел, астрономы пользуются более крупными единицами длины. Для измерений, например, в пределах Солнечной системы считают единицей длины среднее расстояние от Земли до Солнца (149 500 000 км). Это так называемая «астрономическая единица». В таких мерах расстояние Юпитера от Солнца равно 5,2, Сатурна — 9,55, Меркурия — 0,387, и т. п.

Но для расстояний нашего Солнца до других солнц сейчас приведенная мера слишком коротка. Например, расстояние до самой близкой к нам звезды (до так называемой Проксима в Центавре, красноватой звездочки 11-й величины) выражается в этих единицах таким числом

260 000.

И это лишь ближайшая звезда; прочие расположены гораздо дальше. Введенные в употребление более крупные единицы значительно упростили запоминание подобных чисел и обращение с ними. В астрономии имеются следующие исполинские единицы расстояний: «световой год» и успешно вытесняющий его «парсек».

Световой год — это путь, пробегаемый в пустом пространстве лучом света за год времени. Как велика эта мера, мы поймем, вспомнив, что от Солнца до Земли свет достигает всего в 8 минут. «Световой год», следовательно, во столько раз больше радиуса земной орбиты, во сколько раз год времени больше 8 минут. В километрах эта мера длины выражается числом

9 460 000 000 000,

т. е. световой год равен около $9\frac{1}{2}$ биллионам км.

Сложнее происхождение другой единицы звездных расстояний, к которой астрономы прибегают охотнее, — парсека. Парсек это расстояние, на которое надо удалиться, чтобы полу диаметр земной орбиты виден был под углом в одну угловую секунду. Угол, под каким виден со звезды полу диаметр земной орбиты, называется в астрономии «годовым параллаксом» этой звезды. От соединения слов «параллакс» и «секунда» образова-

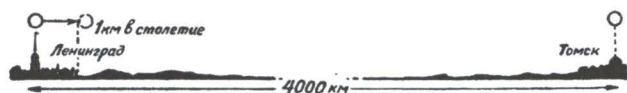


Рис. 97. Масштаб звездных движений. Два крокетных шара, один в Ленинграде, другой в Томске, движущиеся со скоростью километра в столетие, – вот уменьшенное подобие сближения двух звезд. Из этого ясно, как ничтожна вероятность столкновений в звездном мире.

но слово «парсек». Параллакс названной выше альфы Центавра – 0,76 секунды; легко сообразить, что расстояние этой звезды – 1,31 парсека. Геометрически можно вычислить, что один парсек должен заключать в себе 206 265 расстояний от Земли до Солнца. Соотношение между парсеком и другими единицами длины таково: 1 парсек = 3,26 светового года = 30 800 000 000 км.

Вот расстояния нескольких ярких звезд, выраженные в парсеках и световых годах:

	Парсек	Свет. год
Альфа Центавра	1,31	4,3
Сириус	2,67	8,7
Процион	3,19	10,4
Альтаир	4,67	15,2

Это сравнительно близкие к нам звезды. Какого порядка их «близость», вы поймете, когда вспомните, что для выражения приведенных расстояний в километрах надо каждое из чисел первого столбца увеличить в 30 миллиардов раз (разумея под миллиардом миллион миллионов). Однако световой год и парсек – не самые еще крупные меры, употребляемые в науке о звездах. Когда астрономы приступили к изме-

рению расстояний и размеров звездных скоплений, т. е. целых вселенных, состоящих из многих миллионов звезд, понадобилась мера, еще более крупная. Ее образовали из парсека, как километр образован из метра: составилась «килопарсек», равный 1 000 парсекам, или 30 800 миллиардам км. В этих мерах, например, поперечник Млечного Пути выражается числом 100, а расстояние от нас до туманности Андромеды – 260.

Но и килопарсек вскоре оказался недостаточной большой мерой; пришлось ввести в употребление «мегапарсек», содержащий миллион парсеков.

Итак, вот таблица звездных мер длины:

1 мегапарсек	=	1 000 000 парсеков;
1 килопарсек	=	1000 парсеков;
1 парсек	=	200 000 астроном. единиц;
1 астр. единица	=	149 500 000 км.

Представить себе мегапарсек наглядно нет никакой возможности. Даже если уменьшить километр до толщины волоса (0,05 мм), то мегапарсек и тогда будет превосходить силу человеческого воображения, так как сделается равным 1½ миллиардам км – 10-кратному расстоянию от Земли до Солнца.

Приведу впрочем одно сопоставление, которое, быть может, облегчит читателю оценку невообразимой огромности мегапарсека. Тончайшая паутиная нить, протянутая от Москвы до Ленинграда, весила бы 10 г, от Земли до Луны – не более 8 кг. Такая же нить длиной до Солнца весила бы 3 т. Но протянутая на длину одного мегапарсека она должна была бы весить –

600 000 000 000 тонн!

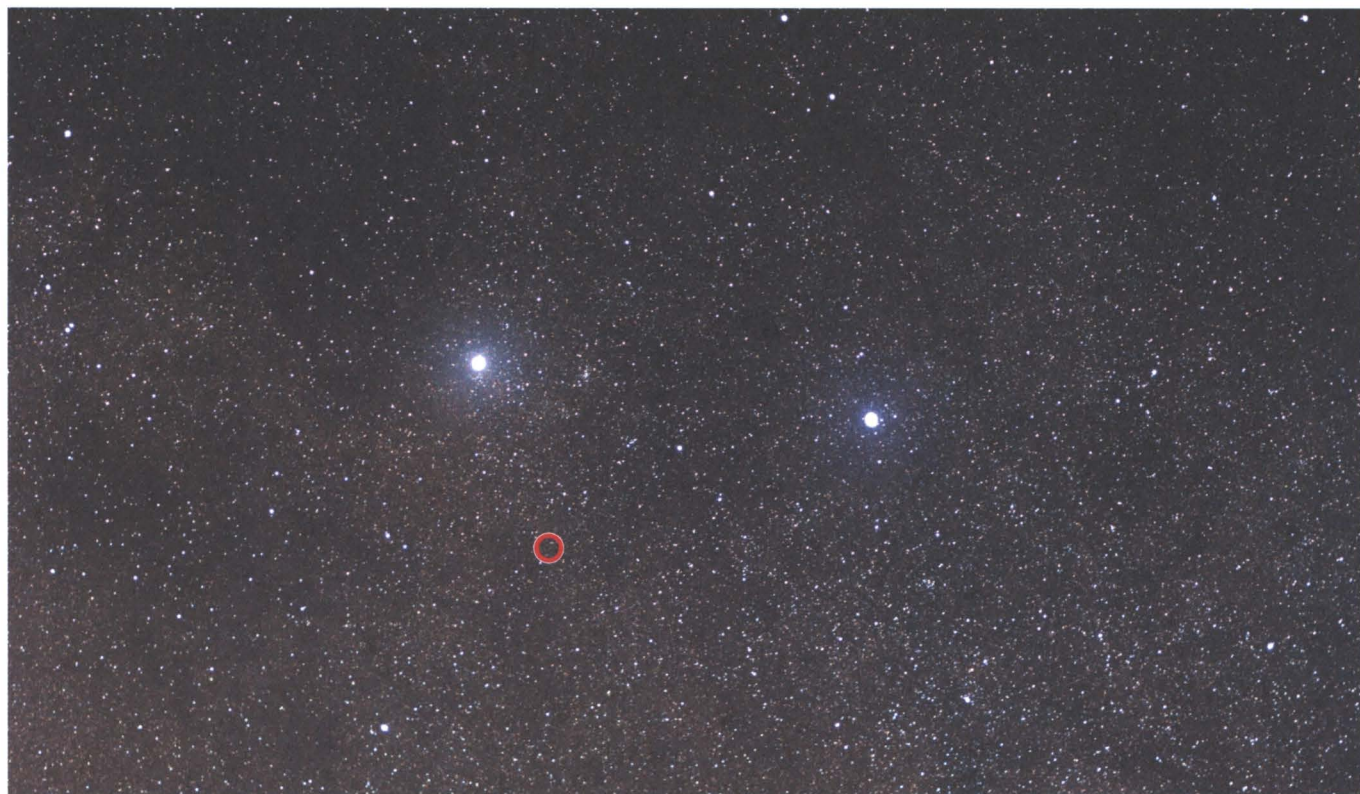


Рис. 98. Система ближайшей к нам звезды (после Солнца): α Центавра (слева), β Центавра (справа) и Проксима Центавра (отмечена красным кружком). Фотография сделана космическим телескопом НАСА «Hubble».

102. Система ближайших звезд

Сравнительно давно – около ста лет назад – стало известно, что самой близкой звездной системой является двойная звезда первой величины, альфа южного созвездия Центавра. Последние годы обогатили наши знания об этой системе интересными подробностями. Открыта была вблизи α Центавра небольшая звездочка 11-й величины, составляющая с двумя звездами альфы одну систему тройной звезды. О том, что третья звезда физически входит в систему альфы Центавра, хотя их разделяет расстояние свыше 2° , подтверждает одинаковость их движения: все три звезды увлекаются с одной скоростью в одном направлении. Самое замечательное в третьем члене этой системы то, что он расположен в пространстве ближе к нам, чем остальные две звезды, и должен быть поэтому признан ближайшей из всех звезд, расстояния которых до сих пор определены. Звездочку эту так и называют: «Ближайшая», по-латыни – Проксима. Она ближе к нам, нежели звезды альфа Центавра (их называют альфа Центавра А и альфа Центавра В) на 2 400 астрономических единиц. Вот их параллаксы:

Альфа Центавра (А и В) 0,758

Проксима Центавра 0,765

Так как звезды А и В отделены друг от друга расстоянием только в 34 астрономических единицы, то вся система имеет довольно странный вид, представленный на рис. 98. А и В раздвинуты немного больше, чем Уран от Солнца, Проксима же отстоит от них на 13 «световых суток». Звезды эти медленно меняют свое расположение: период обращения звезд А и В вокруг их общего центра тяжести равен 79 годам, Проксима же завершает один оборот более чем в 100 000 лет, так что нечего опасаться, что в близком времени она перестанет быть ближайшей к нам звездой, уступив место одной из составляющих альфы Центавра.

Что же известно о физических особенностях звезд этой системы? Альфа Центавра А по яркости, массе и диаметру лишь немногим больше нашего Солнца. Альфа Центавра В обладает несколько меньшей массой, больше Солнца по диаметру на $\frac{1}{5}$ долю, но светит в 3 раза менее ярко; соответственно этому, и поверхностная температура ее ниже, нежели солнечная ($4\,400^\circ$, Солнце – $6\,000^\circ$).

Еще холоднее Проксима: температура на ее поверхности $3\,000^\circ$; звезда эта красного цвета. Диаметр ее в 14 раз меньше солнечного, так что по размерам эта звездочка занимает среднее место между Юпитером и Сатурном (превосходя их однако по массе в десятки раз). Если бы мы перенеслись на альфу Центавра А, то увидели бы оттуда звезду В примерно такой же величины, какой Солнце наше сияет на небе Урана; Проксима же казалась бы даже оттуда маленькой и тусклой звездочкой: она ведь удалена в 60 раз больше, чем Плутон от Солнца и в 240 раз дальше, чем Сатурн, который она едва превосходит по размерам!

После тройной звезды Центавра следующая ближайшая соседка нашего Солнца – маленькая звездочка (9,5 величины) в созвездии Змееносца, названная «Летающей звездой». Такое наименование она получила из-за чрезвычайно быстрого видимого движения, которым она наделена. Звезда эта в $1\frac{1}{2}$ раза дальше от нас, чем систе-



Эдвард Эмерсон Барнард (1857-1923) – американский астроном-наблюдатель, член Национальной академии наук в Вашингтоне. С 1887 по 1895 г. работал в Ликской обсерватории. Проводил наблюдения планет и слабых звезд. Фотографировал галактики и туманности, среди которых изучал темные. В 1892 г. открыл пятый спутник Юпитера с помощью телескопа, сделанного им самим. В 1916 г. открыл самую «быструю» звезду, которая впоследствии была названа его именем. В 1917 г. награжден золотой медалью Кэтрин Брюс – одной из самых престижных наград для астрономов и астрофизиков, учрежденной Тихоокеанским астрономическим обществом.

ма альфа Центавра, но на северном полушарии неба она – наша ближайшая соседка. Полет ее, направленный косо к движению Солнца, так стремителен, что менее чем через десять тысячелетий она приблизится к нам вдвое и будет тогда ближе тройной звезды Центавра.

О других «близких» к нам звездах мы уже упоминали. Замечательно, что три ближайших к нам звезды первой величины: альфа Центавра, Сириус и Прокцион – все не одиночные, а двойные или тройные.

103. Масштаб Вселенной

Возвратимся к той уменьшенной модели Солнечной системы, которую мы мысленно изготовили по указаниям главы о планетах, и попробуем достроить ее, включив мир звезд. Что получится?

Вы помните, что в нашей модели Солнце изображалось шаром 10 см в диаметре, а вся планетная система – кругом с поперечником в 800 м. В каких расстояниях от Солнца следовало бы поместить звезды, если строго придерживаться того же масштаба? Нетрудно рассчитать, что, например, Проксима Центавра – самая близкая звезда – оказалась бы в расстоянии 2 600 км, Сириус – в 5 400 км, Альтаир – в 8 000 км. Этим «ближайшим» звездам даже на модели было бы тесно в Европе. Для звезд, более отдаленных, возьмем меру крупнее километра – именно 1 000 км, называемые «мегаметром» (Мм). Таких единиц всего 40 в окружности земного шара и 380 – между Землей и Луной. Вега была бы в нашей модели удалена на 22 Мм, Арктур – на 28 Мм, Капелла – на 32 Мм, Регул – на 62 Мм, Денеб Лебедя – более чем на 320 Мм. Расшифруем это послед-

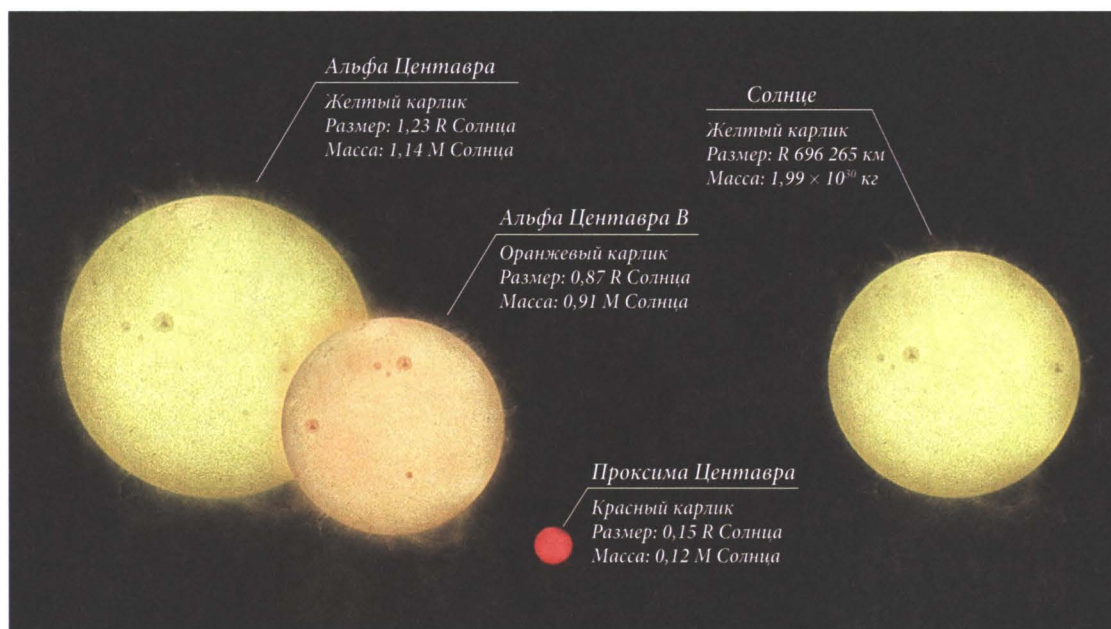


Рис. 99. Размеры звезд системы альфа Центавра по сравнению с размерами Солнца.

нее число. $320 \text{ Мм} = 320\,000 \text{ км}$, т. е. немного меньше расстояния Луны. Как видим, уменьшенная модель, в которой Земля – булавочная головка, а Солнце – крокетный шар, сама приобретает космические размеры!

Наша модель еще не достроена. Крайние, наиболее отдаленные звезды Млечного Пути разместятся в модели на расстоянии $6\,200 \text{ Мм}$ – почти в 20 раз дальше Луны. Но Млечный Путь – не вся вселенная. Далеко за его пределами расположены другие звездные скопления, например, то, которое видно даже простым глазом в направлении созвездия Андромеды или также доступные невооруженному зрению Магеллановы облака. На модели пришлось бы представить Малое Магелланово облако в виде объекта с поперечником в $1\,500 \text{ Мм}$, Большое – в $3\,000 \text{ Мм}$, удалив их на $70\,000 \text{ Мм}$ от модели Млечного Пути. Модели туманности Андромеды мы должны были бы дать поперечник в $300\,000 \text{ Мм}$ и отодвинуть его от модели Млечного Пути на $500\,000 \text{ Мм}$, т. е. почти-что на действительное расстояние Юпитера!

Самый отдаленный небесный объект, с каким имеет дело современная астрономия, открыт недавно с помощью знаменитого, величайшего в мире телескопа американской обсерватории Маунт Вильсон¹. Это – звездная туманность², т. е. скопление многочисленных звезд, расположенная далеко за пределами нашего Млечного Пути. Расстояние ее от Солнца оценивается в $600\,000\,000$ световых лет. Предоставляем читателю са-

¹ Самый удаленный объект вселенной, сообщает научный Астрофизический журнал, был зафиксирован в 2011 г. американским спутником Свифт. Это был взрыв сверхновой звезды, находящейся на расстоянии 13,14 млрд. световых лет от Земли. Обнаруженное явление получило обозначение GRB 090429B (прим. ред.).

² Упомянутая сейчас отдаленнейшая туманность обладает еще одним замечательным свойством: она наделена невероятной быстротой движения. Это звездное скопление удаляется от нас, как одно целое, со скоростью $80\,000 \text{ км}$ в секунду! Расстояние, равное поперечнику земной орбиты, туманность

мостоятельно рассчитать, как должно изобразиться подобное расстояние в нашей модели. Вместе с тем читатель получит некоторое представление о размерах той части вселенной, которая доступна оптическим средствам современной астрономии.

Ряд относящихся сюда сопоставлений читатель найдет также в моей книге «Знаете ли вы физику?»

Интересующимся особенностями звезд и устройством звездной вселенной советуем внимательно прочитать следующие книги:

Рессел, Дэган, Стюарт, Астрономия, т. II (есть русск. пер. 1935 г.).

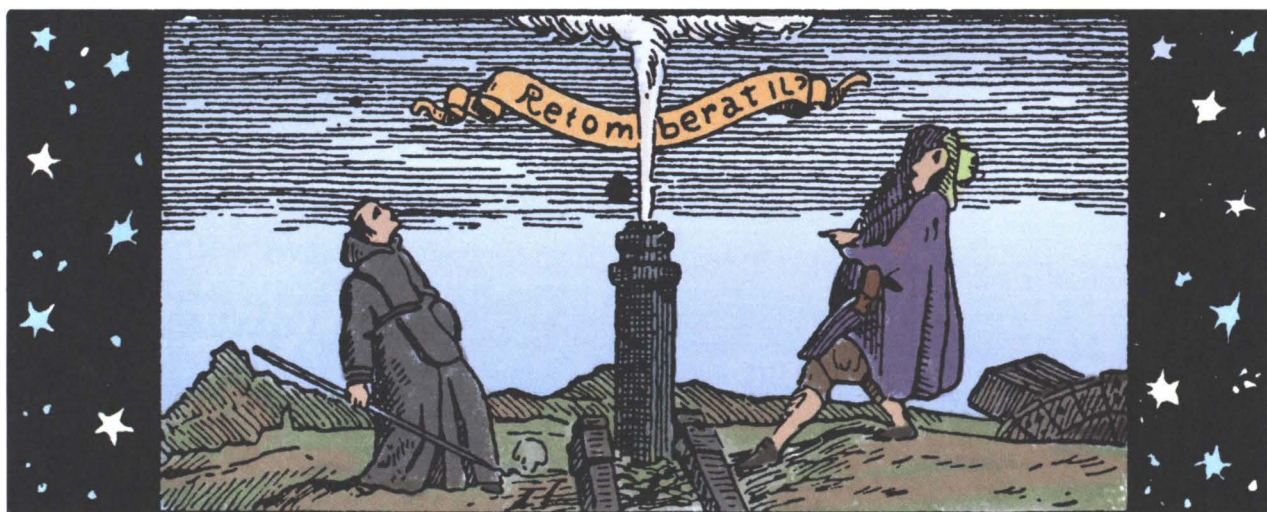
Джинс, Движение миров (русс. пер. 1932 г.).

Джинс, Вселенная вокруг нас (русс. пер. 1932 г.).



эта проходит примерно за один час. Более быстрого небесного объекта астрономическая наука не знает³.

³ В 2005 г. астрономами были обнаружены, так называемые, гиперскоростные звезды, скорость которых может достигать порядка 1000 км/с . Одним из таких объектов является двойная звездная система PB3877, обнаруженная учеными немецкого университета имени Фридриха-Александра (Эрланген-Нюрнберг) под руководством Петера Немета, которая находится на краю Млечного пути, в $18\,000$ световых годах от Земли. На данный момент это самая большая зафиксированная «звездная» скорость (прим. ред.).



104. Из пушки вверх

Куда упал бы снаряд, пущенный отвесно вверх из пушки, установленной на экваторе?

Такая задача обсуждалась лет десять назад в одном немецком журнале применительно к воображаемому снаряду, пущенному со скоростью 8 000 м в первую се-

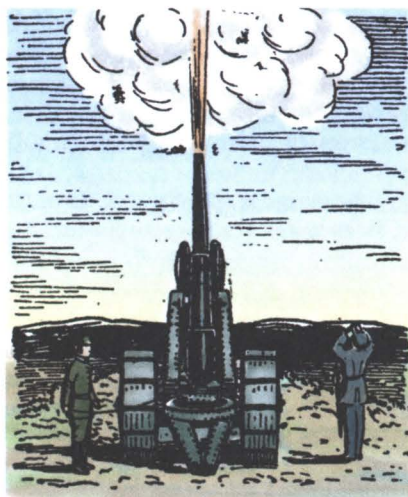


Рис. 100. Задача о пушечном ядре, брошенном отвесно.

кунду; снаряд этот должен через 70 минут достичь высоты 6 400 км (земного радиуса). Вот что писал журнал:

«Если снаряд выпущен отвесно вверх на экваторе, то он при вылете из орудия обладает еще и круговой скоростью точек экватора по направлению на восток (465 м/сек). С этой скоростью снаряд будет переноситься параллельно экватору. Точка на высоте 6 400 км, находившаяся в момент выстрела отвесно над точкой отправления снаряда, перемещается по кругу двойного радиуса с двойною скоростью. Она, следовательно, опережает снаряд в восточном направлении.

Когда снаряд достигнет высшей точки своего пути, он будет находиться не отвесно над пунктом отправления, а отстанет от него к западу. То же произойдет и

при обратном падении снаряда. В результате снаряд за 70 минут полета вверх и обратно отстанет, примерно, на 4 000 км к западу. Здесь и следует ожидать его падения. Чтобы заставить снаряд возвратиться в точку отправления, следует выпустить его не отвесно, а немного наклонно, в нашем случае – с наклоном в 5°.

Совершенно иначе решается подобная задача К. Фламарионом в его «Астрономии»:

«Если выстрелить из пушки, обратив ее прямо вверх, к зениту, то ядро снова упадет в жерло пушки, хотя за время его подъема и нисхождения пушка передвинется с Землей к востоку. Причина очевидна. Ядро, поднимаясь вверх, ничего не теряет из скорости, сообщенной ему движением Земли. Полученные им два толчка не противоположны: оно может пройти километр вверх и в то же время сделать, например, 6 км к востоку. Движение его в пространстве будет совершаться по диагонали параллелограмма, одна сторона которого 1 км, другая – 6 км. Вниз под влиянием тяжести оно будет двигаться по другой диагонали (вернее, по кривой, вследствие того, что падение ускоренное) и как раз упадет снова в жерло пушки, которая по-прежнему остается в вертикальном положении».

«Произвести такой опыт было бы, однако, довольно трудно, – прибавляет Фламарион, – потому что редко можно найти пушку, хорошо калиброванную, и очень не легко установить ее совершенно отвесно. Мерсен и Пти пытались это сделать в XVII в., но они даже и во все не нашли своего ядра после выстрела. Вариньон на заглавном листе своего сочинения «Новые соображения о тяготении» (1690 г.) поместил относящийся сюда рисунок (мы его воспроизводим на стр. 138). На нем два наблюдателя – монах и военный – стоят возле наведенной на зенит пушки и смотрят вверх, как бы следя за выпущенным ядром. На гравюре надпись (по-французски): «Упадет ли обратно?» Монах – Мерсен, а военный – Пти. Этот опасный опыт они производили несколько раз и так как не оказались настолько меткими, чтобы ядро угодило им как раз в голову, то заключили, что ядро осталось навсегда в воздухе. Вариньон удивляется этому: «Ядро, висящее над нашими головами! Поистине удивительно!» При повторении опыта в

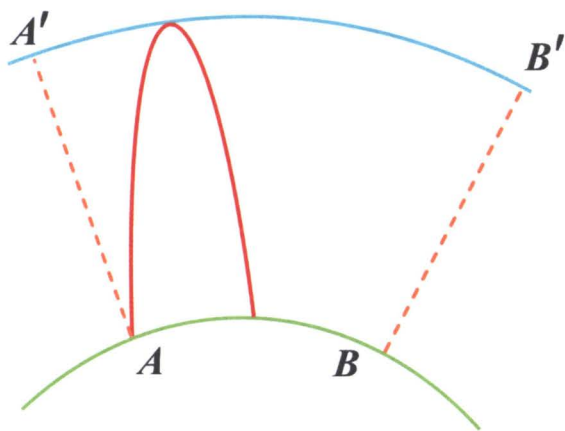


Рис. 101. Неверное решение задачи о пушечном ядре: ядро полетит по кривой линии и упадет будто бы на 4000 км к западу от места выстрела.

Страсбурге ядро отыскивалось в нескольких сотнях метров от пушки. Очевидно, орудие не было направлено строго вертикально».

Два решения задачи, как видим, находятся в резком разногласии. Немецкий автор утверждает, что ядро упадет далеко к западу от места выстрела, французский, – что оно должно упасть непременно в жерло орудия. Кто же прав?

Строго говоря, неверны оба решения, но Фламарионово гораздо ближе к истине. Ядро должно упасть к западу от пушки, однако не столь значительно, как утверждает немецкий автор, и не в самое жерло, как был убежден французский.

Задача, к сожалению, не может быть решена средствами элементарной математики¹. Поэтому ограничусь лишь тем, что приведу здесь окончательный результат.

Если обозначим начальную скорость ядра через v , угловую скорость вращения земного шара через ω , а ускорение тяжести через g , то для расстояния x точки падения ядра к западу от пушки получаются выражения: на экваторе

$$x = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2}, \quad (1)$$

а на широте φ

$$x = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2} \cos \varphi. \quad (2)$$

Применяя формулу к задаче, поставленной немецким автором, имеем

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{86164} \\ v &= 8000 \text{ м} \\ g &= 9,8 \text{ м} \end{aligned}$$

Подставив эти величины в формулу (1), получаем $x = 50$ км: ядро упадет в 50 км к западу от пушки (а не в 4 000 км, как думал немецкий автор).

Что же дает формула для случая, рассмотренного Фламарионом? Выстрел произведен был не на эквато-

¹ Для этой цели необходим специальный обстоятельный расчет, который, по моей просьбе, был выполнен специалистами. В подробности этого расчета я здесь входить не могу.

ре, а близ Парижа на широте 48° . Начальную скорость ядра старинной пушки примем равной 300 м.

Подставив в формулу (2)

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{86164} \\ v &= 300 \text{ м} \\ g &= 9,8 \text{ м} \\ \varphi &= 48^\circ, \end{aligned}$$

получаем $x = 1,7$ м: ядро упадет на 1,7 м к западу от пушки (а не в самое жерло, как полагал французский астроном). При этом, конечно, нами не было принято во внимание возможное отклоняющее действие воздушных течений, способное заметно исказить этот результат.

105. Вес на большой высоте

В расчетах предыдущей статьи принималось, между прочим, в соображение одно обстоятельство, на которое мы не обратили до сих пор внимания читателя. Речь идет о том, что по мере удаления от Земли сила тяжести ослабевает. Тяжесть есть не что иное, как проявление всемирного тяготения, а сила взаимного притяжения двух тел при возрастании расстояния между ними быстро ослабевает. Согласно закону, провозглашенному Ньютоном, сила притяжения убывает пропорционально квадрату расстояния; при этом расстояние следует считать от центра земного шара, потому что наша планета притягивает другие тела так, словно вся ее масса сосредоточена в центре. Поэтому сила земного притяжения на высоте 6 400 км, т. е. в месте, удаленном от центра Земли на 2 земных радиуса, ослабевает в 4 раза по сравнению с силой притяжения на земной поверхности.

Для брошенного вверх артиллерийского снаряда это должно проявиться в том, что снаряд поднимется выше, чем в случае если бы тяжесть с высотой не убывала. Для снаряда, выпущенного отвесно вверх с фантастической скоростью 8 000 м в секунду, мы приняли, что он поднимется до высоты 6 400 км. Между тем, если вычислить высоту поднятия этого снаряда по общеизвестной формуле, не учитывающей ослабления тяжести с высотой, получится высота, вдвое меньшая. Сделаем это вычисление. В учебниках физики и механики приводится формула для вычисления высоты h поднятия тела, брошенного отвесно вверх, со скоростью v при неизменном ускорении тяжести g :

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

Для случая $v = 8000$ м, $g = 9,8$ м, получаем

$$h = \frac{8000^2}{2 \cdot 9,8} = 3\,265\,000 \text{ м} = 3\,265 \text{ км}.$$

Это вдвое ниже той высоты поднятия, которая указана в предыдущей статье. Разногласие обусловлено, как уже говорилось, тем, что, пользуясь формулами учебника, мы не приняли во внимание ослабление силы тяжести с высотой. Ясно, что если снаряд притягивается Землей слабее, он должен – при данной скорости – подняться выше.

Но вот интересный вопрос: ощутительно ли уменьшение силы тяжести для высот, с которыми имеет



Владимир Константинович Коккинаки (1904-1985) – летчик-испытатель, дважды Герой Советского Союза (1938, 1957), заслуженный летчик-испытатель СССР, генерал-майор авиации (1943). В 1936 г. на двухмоторном бомбардировщике ЦКБ-26 установил рекорд высоты с грузом 2000 кг – 11 005 метров.

дело современная авиация и воздухоплавание? Заметно ли уже на этих высотах уменьшение веса тел? В 1936 г. летчик-орденоносец Коккинаки поднимал в своей машине различные грузы на большую высоту: $\frac{1}{2} t$ на высоту 11 458 м, $1 t$ – на 12 100 м и $2 t$ на 11 295 м. Спрашивается: сохраняли ли эти грузы на указанных рекордных высотах свой первоначальный вес, или теряли там заметную его часть? С первого взгляда может казаться, что подъем над земной поверхностью на десяток с лишним километров не может заметно уменьшить вес груза на такой большой планете, как Земля. Находясь у земной поверхности, груз отстоял от центра нашей планеты на 6 400 км; поднятие на 12 км увеличивает это расстояние до 6 412 км; прибавка как будто чересчур ничтожная, чтобы могла сказаться убыль в весе. Расчет однако говорит другое: потеря веса получается довольно ощутительная.

Выполним вычисление для одного случая, например для подъема Коккинаки с грузом 2 000 кг на 11 295 м. На этой высоте самолет находится дальше от центра земного шара, нежели при старте, в

$$\frac{6411,3}{6400} \text{ раз.}$$

Сила притяжения ослабевает здесь в

$$\left(\frac{6411,3}{6400}\right)^2, \text{ т. е. в } \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ раз.}$$

Следовательно, груз на указанной высоте должен весить

$$2000 : \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ кг.}$$

Если выполнить это вычисление (для чего удобно воспользоваться приемами приближенного расчета¹, то выяснится, что груз в 2000 кг на рекордной высоте весил только 1 993 кг; он стал на 7 кг легче – убыль веса довольно ощутительная. Килограммовая гиря на такой высоте вытягивала бы на пружинном безмене только 996,5 г; 3,5 г веса теряется.

¹ Можно пользоваться приближенными равенствами $(1 + \alpha)^2 = 1 + 2\alpha$, и $1 : (1 + \alpha) = 1 - \alpha$,

где α весьма малая величина. Поэтому

$$2000 : \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 = 2000 : \left(1 + \frac{11,3}{3200}\right) = 2000 - \frac{11,3}{1,6} = 2000 - 7.$$

Еще большую потерю веса должны были обнаружить наши стратонавты, достигшие высоты 22 км: 7 г на каждый килограмм.

Для рекордного подъема летчика Юмашева, поднявшего в 1936 г. груз в 5 000 кг на высоту 8 919 м можно вычислением установить общую потерю веса грузом в 14 кг.

С тех пор, как эти строки были написаны, состоялось еще несколько высотных полетов с значительными грузами. Так, 4 ноября 1936 г. летчик М. Ю. Алексеев поднял на высоту 12 695 м груз в 1 т, летчик М. Нюхтиков поднял 11 ноября 1936 г. на высоту 7 032 м груз в 10 т и т. д. Пользуясь изложенным выше, читатель без труда сможет выполнить вычисление того, как велика была в этих случаях потеря веса.

106. С циркулем по планетным путям

Из трех законов планетных движений, с такими огромными усилиями вырванных у природы гением Кеплера, наименее понятен для многих, пожалуй, первый. Закон этот утверждает, что планеты движутся по эллипсам. Почему же именно по эллипсам? Казалось бы, раз от Солнца во все стороны исходит одинаковая сила, ослабевающая с удалением в одинаковой мере, то планеты должны обходить Солнце по кругам, а никак не по вытянутым замкнутым путям, в которых Солнце к тому же не занимает центрального положения. Недоумения подобного рода исчерпывающе разъясняются при математическом рассмотрении вопроса. Но необходимыми познаниями из высшей математики владеют лишь немногие вольные друзья неба. Постараемся же сделать ощутительной правильность законов Кеплера для тех наших читателей, которые могут распоряжаться только арсеналом элементарной математики.

Вооружившись циркулем, масштабной линейкой и большим листом бумаги, будем сами строить планетные пути и таким образом убедимся графически, что получаются они такими, какими должны быть согласно законам Кеплера.

Движение планет управляется силою тяготения. Займемся ею. Кругок в правой части рис. 102 изображает некое воображаемое Солнце; влево от него – воображаемая планета. Расстояние между ними пусть будет 1 000 000 км, на чертеже оно представлено 5 см – в масштабе 200 000 км в 1 см.

Стрелка в 0,5 см длины изображает силу, с какою притягивается к Солнцу наша планета. Пусть теперь планета под действием этой силы приблизилась к Солнцу и находится от него в расстоянии всего 900 000 км, т. е. в 4,5 см на нашем чертеже. Притяжение планеты к Солнцу теперь усилится, по закону тяготения, в $\frac{10}{9}$, т. е. в 1,2 раза. Если раньше притяжение планеты изображено было стрелкой в 1 единицу длины, то теперь мы должны придать стрелке размер 1,2 единицы. Когда расстояние уменьшится до 800 000 км, т. е. до 4 см на нашем чертеже, сила притяжения возрастет в $\left(\frac{5}{4}\right)^2$ т. е. в 1,6 раза, и изобразится стрелкой в 1,6 единицы.

При дальнейшем приближении планеты к Солнцу до расстояния 700, 600, 500 тыс. км, сила притяжения соответственно выразится стрелками в 2, в 2,8 и в 4 единицы длины.

Случай «захвата» мы имеем на рис. 106. Начало построения здесь такое же, как и в предыдущем случае. Планета начинает отклоняться в точке *P*, на том же расстоянии от солнца *S*, как на рис. 104. Но так как первоначальная скорость планеты на этот раз меньше, то

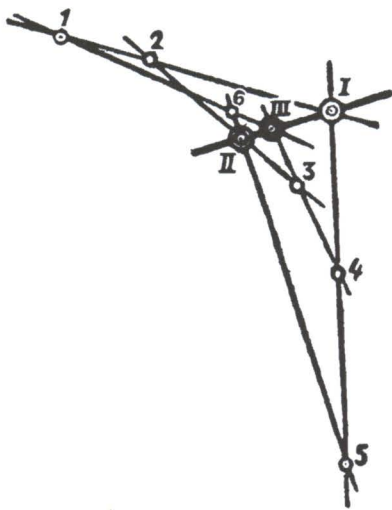


Рис. 105. Геометрическое доказательство того, что небесные светила движутся по коническим сечениям. (Подробности в тексте).

результат получается иной: планета навсегда остается во власти Солнца, описывая около него постоянную замкнутую орбиту. Возьмем и здесь 6 любых точек замкнутой части пути и подвергнем прежнему испытанию. Точки пересечения оказываются на одной прямой – доказательство, что перед нами эллипс (рис. 107).

Итак, непосредственным построением первого, самого «непонятного» закона движения планет: они движутся по эллипсам. Разумеется, наше построение – не строгое доказательство, а лишь наглядная демонстрация. Доказать что-либо таким несовершенным методом нельзя, и если при упражнениях подобного рода вы наткнетесь на какое-нибудь новое соотношение, то не думайте, что сделали астрономическое открытие, пока оно не подтверж-

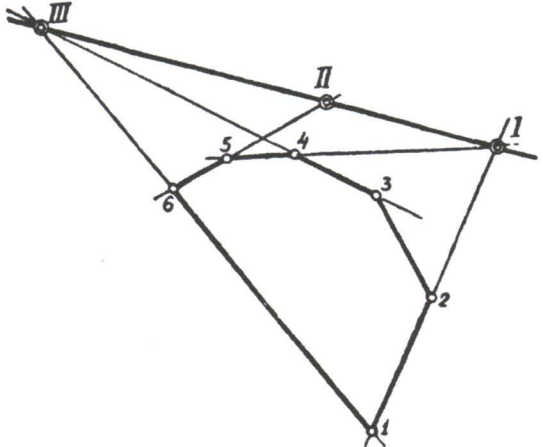


Рис. 107. Путь «захваченной» планеты есть коническое сечение. (Арабские цифры этого чертежа отвечают римским предыдущего).

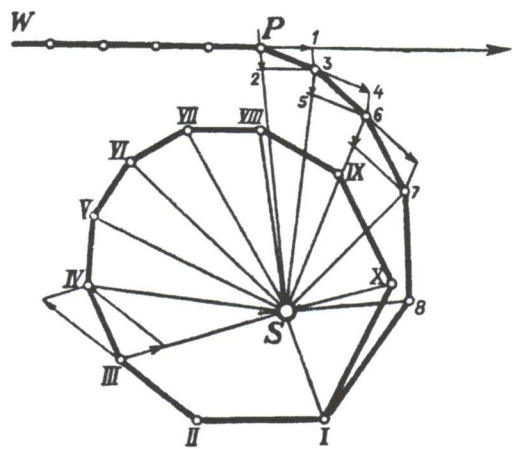


Рис. 106. Захват планеты Солнцем (*S*): планета начинает двигаться по замкнутой орбите.

дено более строгими математическими методами: вы легко можете стать просто жертвой неточности построения.

Постараемся теперь подобным же образом уяснить второй закон движения планет – так называемый закон площадей. Рассмотрите внимательно замкнутую кривую рис. 106. Десять намеченных на ней точек делят ее на 10 участков; они не равны по длине, но нам известно, что они проходятся планетой в одинаковое время. Соединив точки *I*, *II*, *III* и т. д. с Солнцем, получите 10 треугольников. Измерив их основания и высоты, вычислите их площади. Вы убедитесь, что все треугольники имеют одинаковую площадь. Другими словами, вы приходите ко второму закону Кеплера: Радиусы-векторы планетных орбит описывают в равные времена равные площади.

Вы можете рассмотреть на чертеже движение планеты и в более сложных случаях. Рис. 109 изображает путь планеты, вторгшейся внутрь орбиты другой системы:

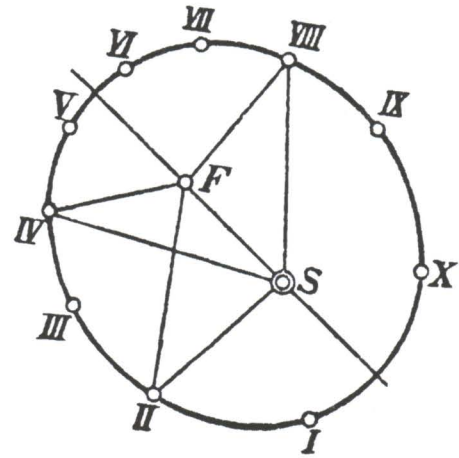


Рис. 108. Эллиптический путь планеты. *F* и *S* – фокусы.
Сумма расстояний
 $FVIII + SVIII = FIV + SIV = FII + SII =$ большой оси эллипса
(легко убедиться измерением).

под действием одновременного притяжения двух центров планета-пришелец описывает петлю, увлекающую ее прямо к Солнцу. Здесь принимается, что масса Солн-

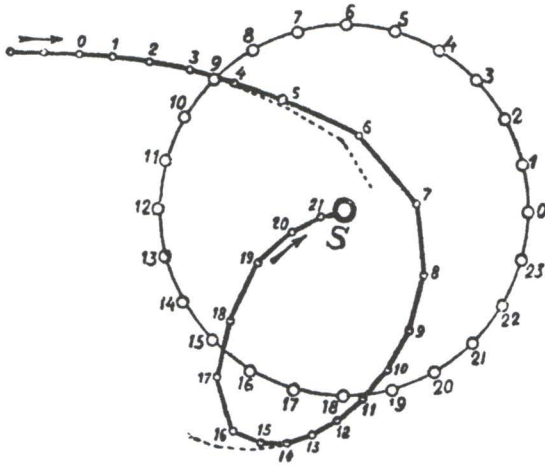


Рис. 109. Воображаемое вторжение постороннего светила в планетную систему. Одинаковыми цифрами обозначены одновременные положения вторгшегося тела и планеты на ее орбите. S – Солнце.

ца вдвое больше, чем масса планеты, принадлежащей к его системе. (Случай этот к нашей солнечной системе неприменим: он возможен лишь в системе двойных звезд). Одновременные положения планеты-пришельца и коренной планеты отмечены одинаковыми цифрами. Если бы Солнце не имело в своем подчинении столь крупной планеты, вторгшееся тело превратилось бы в постоянную планету (оно пошло бы, начиная с точки 4, по пунктирной линии). Под действием постоянной планеты пришелец достигает точки 14 и здесь, вместо того, чтобы двигаться по пунктирной линии дальше¹, возвращается к Солнцу и падает на него.

Читателю, выполнившему последнее построение, приятно будет узнать, что он имел дело с труднейшей и до сих пор еще не разрешенной в общем виде задачей небесной механики – с знаменитой проблемой «трех тел»².

Итак, циркуль до известной степени помогает постичь первые два закона планетных движений. Чтобы уяснить себе третий закон, сменим циркуль на перо и проделаем несколько численных упражнений.

107. Падение планет на Солнце

Задумывались ли вы над тем, что произошло бы с нашей Землей, если бы, встретив препятствие, она внезапно была остановлена в своем беге вокруг Солнца? Прежде всего, конечно, тот огромный запас энергии, которым наделена наша планета, как движущееся тело, превратится в теплоту и нагреет земной шар. Земля мчится по орбите в десятки раз быстрее пули, и не трудно вычислить, что переход энергии ее движения в теплоту породит чудовищный жар, который мгновенно превратит наш мир в исполинское облако раскаленных газов...

Но если бы даже Земля при внезапной остановке избежала этой участи, она все-таки обречена была бы на

огненную гибель: увлекаемая Солнцем, она устремилась бы к нему с возрастающей скоростью и погибла бы в его пламенных объятиях.

Это роковое падение началось бы медленно, с черепашной вялостью: в первую секунду Земля приблизилась бы к Солнцу только на 3 мм. Но с каждой секундой скорость ее движения прогрессивно возрастала бы, достигнув в последнюю секунду 600 км: с этой невообразимой скоростью земной мир обрушился бы на раскаленную поверхность Солнца.

Интересно вычислить, сколько времени длился бы этот гибельный перелет, долго ли продолжалась бы агония нашего обреченного мира. Сделать этот расчет поможет нам третий закон Кеплера, который простирается на движение не только планет, но и комет и всех вообще небесных тел, движущихся в мировом пространстве под действием центральной силы тяготения. Закон этот связывает время обращения планеты (ее «год») с ее расстоянием от Солнца и гласит:

квадраты времен обращения планет относятся между собою, как кубы их больших полуосей.

В нашем случае мы можем земной шар, прямо летящий к Солнцу, уподобить воображаемой комете, движущейся по сильно вытянутому, сжатому эллипсу, крайние точки которого расположены: одна – близ земной орбиты, другая – в центре Солнца. Большая полуось орбиты такой кометы, очевидно, вдвое меньше большой полуоси орбиты Земли. Вычислим же, каков должен был бы быть период обращения этой воображаемой кометы.

Составим пропорцию на основании третьего закона Кеплера:

$$\frac{(\text{период обр. Земли})^2}{(\text{период обр. кометы})^2} = \frac{(\text{б. полуось орб. Земли})^3}{(\text{б. полуось орб. кометы})^3}$$

Период обращения Земли равен 365 суткам; примем за единицу большую полуось ее орбиты, и тогда большая полуось орбиты кометы выразится дробью 0,5. Пропорция наша принимает теперь такой вид:

$$\frac{365^2}{(\text{пер. обращ. ком.})^2} = \frac{1}{0,5^3},$$

откуда

$$(\text{период обр. кометы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8}.$$

Следовательно

$$\text{период обр. кометы} = 365 \times \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

Нас интересует, собственно, не полный период обращения этой воображаемой кометы, а половина периода, т. е. продолжительность полета в один конец – от земной орбиты до Солнца: это и будет искомое время падения Земли на Солнце. Вычислим же его:

$$\frac{365}{\sqrt{8}} : 2 = \frac{365}{2\sqrt{8}} = \frac{365}{\sqrt{32}} = \frac{365}{5,6}.$$

Значит, чтобы узнать, во сколько времени Земля упала бы на Солнце, нужно продолжительность года разделить на $\sqrt{32}$ т. е. на 5,6. Это составит, круглым счетом, 64 дня.

¹ Подобный случай рассмотрен Уэллсом в его рассказе «Звезда», который мы привели в конце главы III.

² Задача трех тел в общем случае не имеет решения в виде конечных аналитических выражений.

Итак, мы вычислили, что Земля, внезапно остановленная в своем движении по орбите, падала бы на Солнце в течение более чем двух месяцев.

Легко видеть, что полученная выше, на основании третьего закона Кеплера, простая формула применима не к одной только Земле, но и к каждой другой планете и даже к каждому спутнику. Иначе говоря, чтобы узнать, во сколько времени планета или спутник упадут на свое центральное светило, нужно период их обращения разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6.

Поэтому, например, Меркурий, – самая близкая к Солнцу планета, – обращающийся в 88 дней, упал бы на Солнце в $15\frac{1}{2}$ дней. Нептун, один «год» которого равняется 165 нашим годам, падал бы на Солнце $29\frac{1}{2}$ лет, а Плутон – 54 года.

Во сколько времени упала бы на Землю Луна, если бы внезапно остановился ее бег? Делим время обращения Луны – 27,3 дня – на 5,6; получим почти ровно 5 дней. И не только Луна, но и всякое вообще тело, находящееся от нас в расстоянии Луны, падало бы на Землю в течение 5 дней, если только ему не сообщена какая-нибудь начальная скорость, а падает оно, подчиняясь лишь действию земного притяжения (влияние Солнца мы ради простоты здесь исключаем). Пользуясь той же формулой, нетрудно проверить продолжительность перелета на Луну, указанную Ж. Верном в романе «Из пушки на Луну»¹.

108. Наковальня Вулкана

Сейчас выведенным правилом воспользуемся для решения любопытной задачи из области мифологии.



Вулкан – бог огня и покровитель кузнечного ремесла в древнеримской мифологии. В древнегреческой мифологии ему соответствует бог Гефест.

Древнегреческий миф о Вулкане повествует между прочим, что этот бог уронил однажды свою наковальню, и она падала с неба целых 9 дней, прежде чем долетела до Земли. По мнению древних, срок этот отвечает представлению о невообразимой высоте небес,

¹ Расчеты приведены в моей книге «Межпланетные путешествия».

где обитают боги; ведь с вершины Хеопсовой пирамиды наковальня долетела бы до земли всего в 5 секунд!

Не трудно, однако, вычислить, что вселенная древних греков, если измерять ее по этому признаку, была бы, по нашим понятиям, довольно тесновата.

Мы уже знаем, что Луна падала бы на Землю в течение 5 дней; мифическая же наковальня падала 9 дней. Значит, «небо», с которого упала наковальня, находится дальше лунной орбиты. На много ли дальше? Если умножим 9 дней на $\sqrt{32}$, мы узнаем величину того периода, в течение которого наковальня обращалась бы вокруг земного шара, будь она спутником нашей планеты: $9 \times 5,6 = 51$ суткам. Применим теперь к Луне и к нашему воображаемому спутнику-наковальне третий Кеплеров закон.

Составим пропорцию:

$$\frac{(\text{период обращения Луны})^3}{(\text{период обращения наковальни})^3} = \frac{(\text{расстояние Луны})^3}{(\text{расстояние наковальни})^3}.$$

Подставив числа, имеем:

$$\frac{27,3^3}{51^3} = \frac{380\,000}{(\text{расст. наковальни})^3}.$$

Отсюда неизвестное расстояние наковальни от Земли нетрудно вычислить:

$$\text{расст. наковальни} = \sqrt[3]{\frac{51^3 \cdot 380\,000}{27,3^3}} = 380\,000 \sqrt[3]{\frac{51^3}{27,3^3}}.$$

Вычисление дает следующий результат: 580 000 км.

Итак, вот как мизерно было на взгляд современного астронома расстояние до неба древних греков: всего в $1\frac{1}{2}$ раза больше расстояния Луны. Мир древних кончался примерно там, где по нашим представлениям он только начинается.

109. Границы солнечной системы

Третий закон Кеплера дает также возможность вычислить, насколько далеко должна быть отодвинута граница нашей солнечной системы, если считать крайними ее точками самые отдаленные концы (афелии) кометных орбит. Нам приходилось уже беседовать об этом раньше; здесь произведем соответствующий расчет. Мы упоминали в главе III о кометах, имеющих очень долгий период обращения: в 776 лет. Вычислим расстояние x афелия такой кометы, зная, что ближайшее ее расстояние от Солнца (перигелий) равно 1 800 000 км.

Привлекаем в качестве второго тела Землю и составляем пропорцию:

$$\frac{776^2}{1^2} = \frac{\left[\frac{1}{2}(x + 1\,800\,000)\right]^3}{150\,000\,000^3}.$$

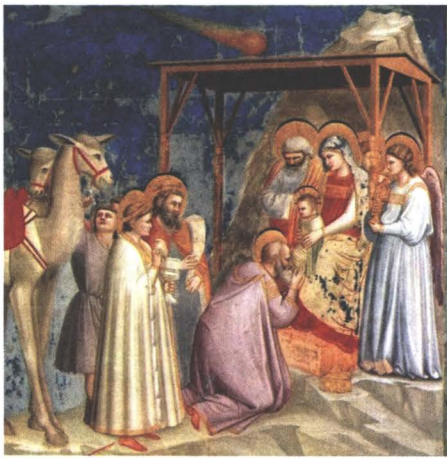
Отсюда

$$x + 1\,800\,000 = 2 \cdot 150\,000\,000 \cdot \sqrt[3]{776^2}.$$

И следовательно

$$x = 2\,518\,000\,000 \text{ км.}$$

Мы видим, что рассматриваемые кометы должны уходить почти в 168 раз далее от Солнца, чем Земля, и значит, вчетверо дальше, чем последняя из известных нам планет – Плутон.



Фреска «Поклонение волхвов» Джотто ди Бондоне (1267-1337) – итальянский художник и архитектор, основоположник эпохи Проторенессанса, основатель итальянской школы живописи. На фреске вверху художник изобразил Вифлеемскую звезду, очень похожую на комету. Сопоставляя древние записи о наблюдениях комет, ученые выдвинули предположение о том, что это могла быть яркая короткопериодическая комета Галлея, возвращающаяся к Солнцу каждые 75–76 лет. и известная с древних времен.

110. Ошибка в романе Жюль Верна

Вымышленная комета «Галлия», на которую Жюль Верн перенес действие романа «Гектор Сервадак», совершает полный оборот вокруг Солнца ровно в два года. Другое указание, имеющееся в романе, относится к расстоянию афелия этой кометы: 820 миллионов км от Солнца. Хотя расстояние перигелия в романе не указано, мы по тем двум данным, какие сейчас приведены, уже вправе утверждать, что такой кометы в нашей солнечной системе быть не может. В этом убеждает нас расчет по формуле 3-го закона Кеплера. Обозначим неизвестное расстояние перигелия через x миллионов км. Большая ось орбиты кометы выразится тогда через $x + 820$ миллионов км, а большая полуось через $\frac{x + 820}{2}$ миллионов км. Сопоставляя период обращения и расстояние кометы с периодом и расстоянием Земли, имеем, по закону Кеплера:

$$\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x + 820)^3}{2^3 \cdot 150^3},$$

откуда

$$x = -343.$$

Отрицательный результат для величины ближайшего расстояния кометы от Солнца указывает на несогласованность исходных данных задачи. Другими словами, комета со столь коротким периодом обращения в 2 года не могла бы уходить от Солнца так далеко, как указано в романе Жюль Верна.

111. Как взвесили Землю?

Существует анекдотический рассказ про наивного человека, которого всего более удивляло в астрономии то, что ученые узнали, как звезды называются. Если говорить серьезно, то наиболее удивительным достижением астрономов должно, вероятно, казаться то, что им удалось взвесить и Землю, на которой мы живем, и

далекие небесные светила. В самом деле: каким способом, на каких весах могли взвесить Землю и небо?

Начнем с взвешивания Земли. Прежде всего отдадим себе отчет, что следует понимать под словами «вес земного шара». Весом тела мы называем давление, которое оно оказывает на свою опору, или натяжение, которое оно производит на точку привеса. Ни то, ни другое к земному шару неприменимо: Земля ни на что не опирается, ни к чему не привешена. Значит, в таком смысле



Обложка издания научно-фантастического романа «Гектор Сервадак» французского писателя Жюль Верна, входящего в цикл «Необыкновенные путешествия». Написан в 1877 г.

земной шар не имеет веса. Что же определили ученые, «взвесив» Землю? Они определили ее массу. В сущности, когда мы просим отвесить нам в лавке 1 кг сахара, нас несколько ведь не интересует сила, с какою этот сахар давит на опору или натягивает нить привеса. Подобные свойства товара важны для нас, например, при покупке дрови для блочной лампы. В сахаре нас интересует другое: мы думаем лишь о том, сколько стаканов чая можно с ним выпить. Другими словами, нас интересует количество заключающегося в нем вещества. Но для измерения количества вещества существует только один способ: найти, с какою силой тело притягивается Землей. Мы принимаем, что равным массам отвечают равные количества вещества, а о массе тела судим только по силе его притяжения, так как притяжение пропорционально массе.

Переходя к весу Земли, мы скажем, что «вес» ее определится, если станет известна ее масса: если бы нам удалось узнать массу Земли, мы узнали бы, с какою силою давила бы Земля на опору, будь она помещена на подставке близ своей собственной поверхности.

Итак, задачу определения веса Земли надо понимать, как задачу исчисления ее массы. План решения таков. Узнают, с какою силой 1 кг притягивается телом, масса которого известна. Затем определяют, с какою силой 1 кг притягивался бы на таком же расстоянии земным шаром. Земля, конечно, притягивает во много раз сильнее, чем выбранное для измерения тело: во столько же раз больше и масса Земли, т. е. во столько же раз Земля «тяжелее» взятого тела.

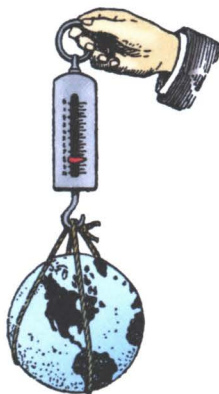


Рис. 110. На каких весах могли взвесить Землю?

Теперь расскажем про один из способов выполнения этого плана (способ Рихарца и Кригар-Менцеля, 1898 г.). На рис. 111 вы видите весы, предназначенные для того, чтобы измерить, с какою силою 1 кг притягивается сплошным свинцовым кубом в 2 м высоты. Куб этот на рисунке изображен заштрихованным квадратом. В нем просверлены два отвесных канала, через которые продеты шнуры с чашками. К каждому шнуру подвешены две чашки: верхняя и нижняя. Если на чашку 1 поместить груз А, а на чашку 4 – уравновешивающие его гири, то вес гирь не будет строго равен весу груза. Не будет потому, что гири, находясь под свинцовым кубом, оттягиваются им вверх; груз же, помещенный над кубом, притягивается не только Землей, но и свинцовой массой. Если истинный вес груза обозначим через А, истинный вес положенных гирь – через Q, а притяжение груза (и гирь) свинцовым кубом – через x, то на чашке 1 груз будет увлекаться вниз с силою А+х, гири же на чашке 4 – с силою Q – x. Так как весы в равновесии, то

$$A + x = Q - x,$$

откуда

$$A + Q = 2x.$$

Обменяем гири и груз местами. Новые гири увлекаются с силою, на x большею их истинного веса, а груз – с силою, на x меньшею истинного его веса. Опять истинный вес груза А будет на 2x меньше веса уравновешивающих его новых гирь Q₁. В самом деле:

$$A - x = Q_1 + x,$$

откуда

$$A = Q_1 + 2x.$$

Значит,

$$Q - 2x = Q_1 + 2x$$

и, следовательно,

$$4x = Q - Q_1; \quad x = \frac{Q - Q_1}{4}.$$

Так мы находим x – силу, с которой свинцовый куб притягивает тело А.

Опыт был проделан с величайшей тщательностью. В течение шести месяцев выполнены были сотни таких взвешиваний, а затем взят средний результат. Вот он: при весе свинцового куба в 100 000 кг и груза А в

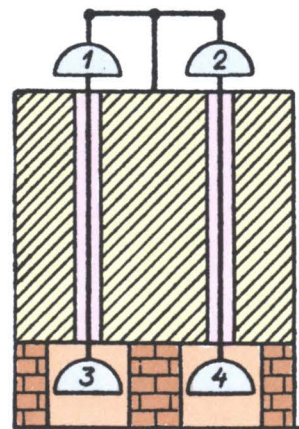


Рис. 111. Один из способов «взвесить» земной шар: весы профессора Рихарца.

947 г, разница при обмене местами груза и гири составляла 2,733 мг (такая ничтожная величина решает всю задачу). Разделив 2,733 на 4, узнаем, что сила притяжения свинцового куба равна 0,683 мг для груза 947 г. Легко рассчитать, что для полного килограмма она составляет 0,721 мг. Расстояние груза от центра притяжения свинцового куба (ребро его = 2 м) примем равным 1 м. Земной шар притягивает 1 кг с силою, конечно, 1 кг, т. е. 1 000 000 мг, – но с расстояния не 1 м, а 6 370 000 м (расстояние до центра Земли). Значит, если бы все вещество Земли было сосредоточено в ее центре, а 1 кг находился в 1 м от него, Земля притягивала бы его с силою в 6 370 000² раз большею, чем 1 000 000 мг, т. е. с силою

$$6\,370\,000^2 \times 1\,000\,000 \text{ мг.}$$

Свинцовый же куб притягивает его с силою

$$0,721 \text{ мг.}$$

Сила притяжения Земли больше силы притяжения куба в

$$\frac{6\,370\,000^2 \cdot 1\,000\,000}{0,721} \text{ раз.}$$

Эта величина равна $5,6 \times 10^{19}$. Более точный расчет, учитывающий второстепенные обстоятельства, которыми пренебрегли мы, дает несколько большее число:

$$5,984 \times 10^{19}.$$

Следовательно, земной шар обладает массой примерно в 6×10^{19} большей, чем масса свинцового куба, равная 100 000 кг. Отсюда определяется масса, а следовательно, и «вес» земного шара:

$$6 \times 10^{24} \text{ кг.}$$

Результат измерений, выполненных иными способами, хорошо согласуется с сейчас указанным. Итак, астрономы определили массу земного шара. Мы имеем полное право сказать, что они взвесили Землю, потому что всякий раз, когда мы взвешиваем тело на рычажных весах, мы в сущности определяем не вес его, не силу, с какою оно притягивается Землей, а массу: мы устанавливаем лишь, что масса тела равна массе гирь.

112. Из чего состоят недра Земли?

Здесь уместно отметить ошибку, которую приходится встречать в популярных книгах и статьях. Стремясь упростить изложение, авторы представляют дело взвешивания Земли так: ученые измерили средний вес 1 см^3 нашей планеты (т. е. ее удельный вес) и, вычислив геометрически ее объем, определили вес Земли умножением ее удельного веса на объем. Указываемый путь однако неосуществим: нельзя непосредственно измерить удельный вес Земли, так как нам доступна только сравнительно тонкая наружная ее оболочка¹ и ничего неизвестно о том, из каких веществ состоит остальная, значительно большая часть ее объема.

Мы уже знаем, что дело происходило наоборот: определение массы земного шара предшествовало определению его средней плотности. Она оказалась равной $5,5 \text{ г на } 1 \text{ см}^3$, – гораздо больше, чем средняя плотность пород, составляющих земную кору. Это указывает на то, что в глубине земного шара залегают очень тяжелые вещества. По их предполагаемому удельному весу (а также и по другим основаниям) надо думать, что ядро нашей планеты состоит из железа, сильно уплотненного давлением вышележащих масс².

113. Вес Солнца и Луны

Как ни странно, вес далекого Солнца оказывается несравненно проще определить, чем вес гораздо более близкой к нам Луны. (Само собою разумеется, что слово «вес» по отношению к этим светилам мы употребляем в том же условном смысле, как и для Земли: речь идет об определении массы).

Масса Солнца найдена путем следующего рассуждения. Из того, что, как показал опыт Рихарца, $100\,000 \text{ кг}$ и 1 кг на расстоянии 1 м притягиваются с силою $0,721 \text{ мг}$, можно вычислить, что 1 г притягивает 1 г на расстоянии 1 см с силою $\frac{1}{15\,000\,000}$ миллиграммов. Взаимное притяжение f двух тел с массой M и m на расстоянии D выразится, согласно Ньютонову закону всемирного тяготения, так:

$$f = \frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D^2} \text{ миллиграммов.}$$

Если M – масса Солнца (в граммах), m – масса Земли, D – расстояние между ними, равное $150\,000\,000 \text{ км}$, то взаимное их притяжение в миллиграммах равно

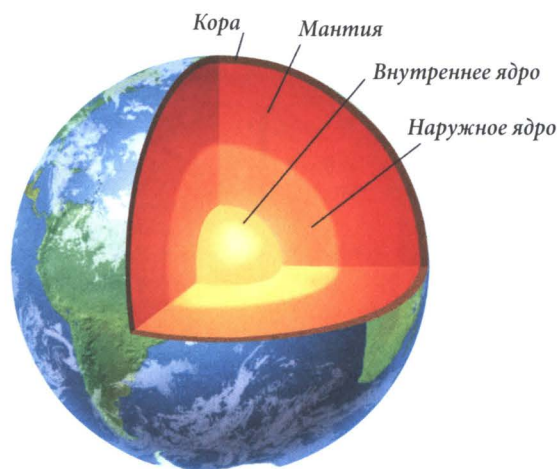
$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{15\,000\,000\,000\,000^2} \text{ мг.}^3$$

С другой стороны, эта сила притяжения есть та центростремительная сила, которая удерживает нашу пла-

¹ Минералы земной коры исследованы только до глубины 25 км ; расчет показывает, что в минералогическом отношении изучена всего $\frac{1}{85}$ доля всего объема земного шара.

² Современные данные о структуре Земли разделяют ее по механическим свойствам на литосферу, астеносферу, мезосферу, внешнее и внутреннее ядро. Ядро состоит из железа и никеля. Жидкая часть ядра состоит из железа. Вязкую мантию составляют силикаты и оксиды. Данные получены с помощью изучения сейсмических волн и геологических наблюдений (прим. ред.).

³ Точнее, дин; дина = $0,98 \text{ мг. м}$.



Структура земли состоит из твердого внутреннего ядра, жидкого наружного, мантии и земной коры.

нету на ее орбите и которая по правилам механики равна (тоже в миллиграммах): где m – масса Земли (в граммах), v – ее круговая скорость, равная $30 \text{ км/сек} = 3\,000\,000 \text{ см/сек}$, а D – расстояние от Земли до Солнца. Следовательно

$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D} = m \cdot \frac{3\,000\,000^2}{D}.$$

Из этого уравнения определяется неизвестное M (выраженное, как сказано, в граммах):

$$M = 2 \cdot 10^{33} \text{ г} = 2 \cdot 10^{27} \text{ т.}$$

Разделив эту массу на массу земного шара, т. е. вычислив

$$\frac{2 \cdot 10^{27}}{6 \cdot 10^{21}},$$

получаем $\frac{1}{3}$ миллиона.

Итак, Солнце тяжелее Земли в треть миллиона раз.

Нетрудно вычислить и среднюю плотность солнечного шара: для этого нужно лишь его массу разделить на объем. Оказывается, что плотность Солнца в 4 раза меньше плотности Земли.

Что же касается массы Луны, то, как выразился один астроном, «хотя она к нам ближе всех других небесных тел, взвесить ее труднее, чем Нептуна, самую далекую (тогда) планету». У Луны нет спутника, который помог бы вычислить ее массу, как вычислили мы сейчас массу Солнца. Ученым пришлось прибегнуть к другим, более сложным методам, из которых упомянем только один. Он состоит в том, что сравнивают высоту прилива, производимого Солнцем, и прилива, порождаемого Луной. Высота прилива зависит от массы и расстояния порождающего его тела, а так как масса и расстояние Солнца известны, расстояние Луны – тоже, то из сравнения высоты приливов и определяется масса Луны. Мы еще вернемся к этому расчету, когда будем говорить о приливах. Здесь сообщим лишь окончательный результат: масса Луны составляет $\frac{1}{81}$ массы Земли.

Зная диаметр Луны, вычисляем ее объем, он в 49 раз меньше объема Земли. Поэтому средняя плотность нашего спутника составляет:

$$\frac{49}{81} = 0,6 \text{ плотности Земли.}$$

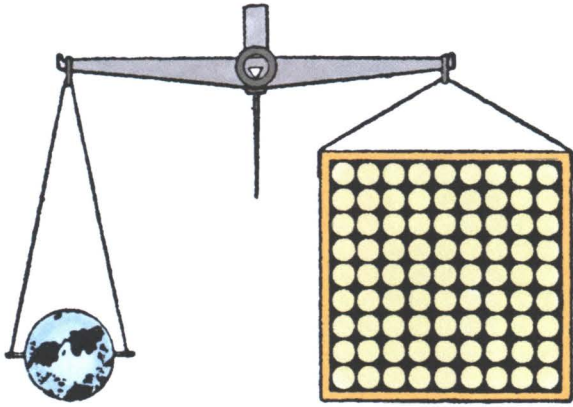


Рис. 112. Земной шар «весит» в 81 раз больше Луны.

Значит, Луна в среднем состоит из более рыхлого вещества, нежели Земля, хотя и не столь малоплотного, как Солнце.

114. Вес и плотность планет и звезд

Способ, каким «взвесили» Солнце, применим и к взвешиванию любой планеты, имеющей хотя бы одного спутника.

Зная среднюю скорость v движения спутника по орбите и его среднее расстояние D от планеты, мы приравняем центростремительную силу, удерживающую спутника на его орбите, $\frac{mv^2}{D}$, силе взаимного притяжения спутника и планеты, т. е. $\frac{kmM}{D^2}$, где k – сила притяжения 1 г к 1 г на расстоянии 1 см, m – масса спутника, M – масса планеты:

$$\frac{mv^2}{D} = \frac{kmM}{D^2},$$

откуда

$$M = \frac{Dv^2}{k}.$$

– формула, по которой легко вычислить массу M планеты.

Подобное же вычисление применимо и к двойным звездам с той лишь разницей, что здесь в результате вычисления получаются не массы отдельных звезд данной пары, а сумма их масс.

Гораздо труднее определить массу спутников планет, а также массу тех планет, которые вовсе не имеют спутников.

Например, массы Меркурия и Венеры найдены из учета того возмущающего влияния, которое они оказывают друг на друга, на Землю, а также на движение некоторых комет.

Для астероидов, масса которых настолько незначительна, что они не оказывают один на другой никакого возмущающего действия, задача определения массы, вообще говоря, неразрешима. Известен лишь – и то гадательно – высший предел совокупной массы всех этих крошечных планеток.

По массе и объему планет легко вычисляется их средняя плотность. Вот результаты:

	Плотность Земли = 1
Меркурий	0,7
Венера	0,88
Земля	1,0
Марс	0,72
Юпитер	0,24
Сатурн	0,13
Уран	0,23
Нептун	0,29

Мы видим, что наша Земля – самая плотная из всех планет нашей системы. А исполин Сатурн – наиболее рыхлая: вещество его в среднем даже легче воды.

115. Тяжесть на Луне и на планетах

Люди, мало начитанные в астрономии, нередко высказывают изумление по поводу того, что ученые, не посетив Луны и планет, уверенно говорят о силе тяжести на их поверхности. Между тем совсем не трудно рассчитать, сколько килограммов должна весить гиря, перенесенная на другие миры. Для этого нужно лишь знать радиус и массу небесного тела.

Определим, например, напряжение тяжести на Луне. Масса Луны, мы знаем, в 81 раз меньше массы Земли. Если бы Земля обладала такой маленькой массой, то напряжение тяжести на ее поверхности было бы в 81 раз слабее, чем теперь. Но, по закону Ньютона, шар притягивает так, словно вся его масса сосредоточена в центре.

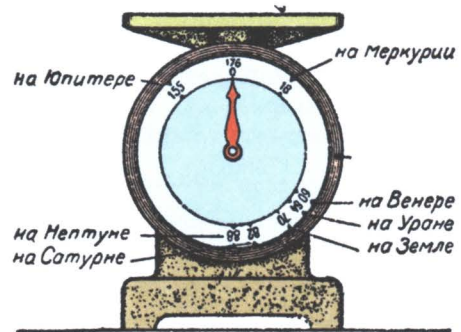


Рис. 113. Сколько весил бы человек на разных планетах.

Центр Земли отстоит от ее поверхности на расстоянии земного радиуса; центр Луны – на расстоянии лунного радиуса. Но лунный радиус составляет $\frac{27}{100}$ земного, а от уменьшения расстояния в $\frac{100}{27}$ раза сила притяжения увеличивается в $(\frac{100}{27})^2$ раз. Значит, в конечном итоге напряжение тяжести на поверхности Луны составляет

$$\frac{100^2}{27^2 \cdot 81} \approx \text{или} = \sim \frac{1}{6} \text{ земного.}$$

Итак, гиря в 1 кг, перенесенная на поверхность Луны, весила бы там только $\frac{1}{6}$ кг; но, конечно, уменьшение веса возможно было бы обнаружить только помощью пружинных весов, а не рычажных.

Любопытно, что если бы на Луне существовала вода, пловец чувствовал бы себя в лунном водоеме так же, как на Земле. Его вес уменьшился бы в 6 раз, но во столько же раз уменьшился бы и вес вытесняемой им воды; соотношение между ними было бы такое же, как на Земле, и пловец погружался бы в воду Луны ровно на столько же, насколько погружается он у нас.

Впрочем усилия подняться над водой дали бы на Луне более заметный результат: раз вес тела пловца уменьшился, оно может быть поднято меньшим напряжением мускулов.

Ниже приведена табличка величины тяжести на разных планетах по сравнению с земной.

На Меркурии	0,27
Венере	0,85
Земле	1,00
Марсе	0,38
Юпитере	2,64
Сатурне	1,17
Уране	0,92
Нептуне	1,12
Плутоне	? ¹

Наша Земля занимает по силе тяжести 4-е место в солнечной системе, после Юпитера, Сатурна и Нептуна².

116. Рекордная тяжесть

Самой большой величины достигает тяжесть на поверхности тех «белых карликов» типа Сириуса В, о котором мы говорили в главе IV. Легко сообразить, что огромная масса этих светил при сравнительно небольшом радиусе должна обусловить весьма значительное напряжение тяжести на их поверхности. Сделаем расчет для той звезды созвездия Кассиопеи, масса которой в 2,8 раза больше массы нашего Солнца, а радиус – вдвое меньше радиуса Земли. Вспомнив, что масса Солнца в 330 000 раз больше земной, устанавливаем, что сила тяжести на поверхности упомянутой звезды превышает земную в

$$2,8 \times 330\,000 \times 2^2 = 3\,700\,000 \text{ раз.}$$

1 см³ воды, весящий на земле 1 г, весил бы на поверхности этой звезды почти 3¾ т! 1 см³ вещества самой звезды (которое в 36 000 000 раз плотнее воды) должен в этом парадоксальном мире иметь чудовищный вес:

$$3\,700\,000 \times 36\,000\,000 = 133\,200\,000\,000\,000.$$

Наперсток вещества, весящий сотню миллиардов тонн – вот диковинка, о существовании которой во Все-

¹ Ускорение свободного падения на экваторе Плутона $g = 0,617 \text{ м/с}^2$, и было рассчитано по его радиусу и массе. Оно составляет 0,063 от земного.

² Желаящие подробнее познакомиться с проявлениями тяготения во Вселенной найдут много полезных сведений в общепонятно написанной книжечке проф. К. Л. Баева «Всемирное тяготение» (1936 г.).

ленной не помышляли еще недавно самые смелые фантасты.

117. Тяжесть в глубине планет

Как изменился бы вес тела, если бы оно было перенесено в глубь планеты, например, на дно фантастической глубокой шахты?

Многие ошибочно считают, что на дне такой шахты тело должно сделаться тяжелее: ведь оно ближе к центру планеты, т. е. к той точке, к которой притягиваются все тела. Это (соображение однако неправильно: сила притяжения к центру планеты не возрастает в глубине, а напротив, ослабевает. Общепонятное разъяснение этого читатель может найти в «Занимательной физике»

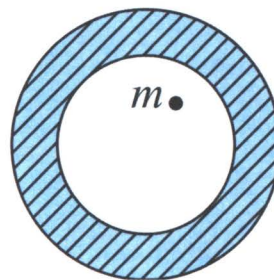


Рис. 114. Тело внутри шаровой оболочки не имеет веса.

(1936 г.). Чтобы не повторять сказанного там, замечу лишь следующее.

В небесной механике доказывается, что тела, помещенные в полость однородной шаровой оболочки, совсем лишены веса (рис. 114). Отсюда следует, что тело, находящееся внутри сплошного однородного шара, подвержено притяжению только вещества сферы, радиус которой равен удалению тела от центра (рис. 115).

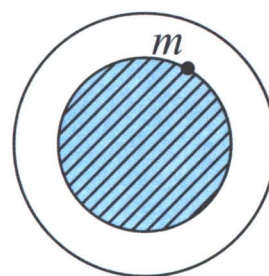


Рис. 115. От чего зависит вес тела в недрах планеты.

Опираясь на эти положения, нетрудно вывести закон, по которому изменяется вес тела с приближением к центру планеты. Обозначим радиус планеты (рис. 116) через R и расстояние тела от ее центра через r . Сила притяжения тела в этой точке должна возрасти в $(R/r)^2$ и одновременно ослабеть в $(R/r)^3$ раз (так как притягивающая часть планеты уменьшилась в указанное число раз). В конечном итоге сила притяжения должна ослабеть в

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 : \left(\frac{R}{r}\right)^2, \text{ т. е. в } \frac{R}{r} \text{ раз.}$$

Значит, в глубине планет вес тела должен уменьшиться во столько же раз, во сколько раз уменьшилось

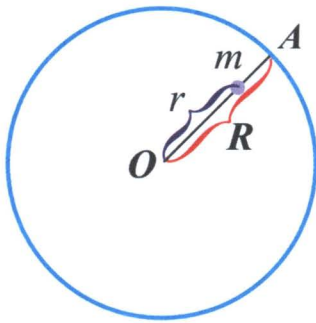


Рис. 116. Изменение веса с приближением к центру планеты.

расстояние до центра. Для планеты таких размеров, как наша Земля, имеющей радиус в 6 400 км, углубление на 3 200 км должно сопровождаться уменьшением веса вдвое; углубление на 5 600 км – уменьшением веса в

$$\frac{6\,400 - 5\,600}{6\,400}, \text{ т. е. в 8 раз.}$$

В самом центре планеты тело должно потерять свой вес полностью, так как

$$\frac{6\,400 - 6\,400}{6\,400} = 0.$$

Это, впрочем, можно было предвидеть и без вычислений, так как в центре планеты тело притягивается окружающим веществом со всех сторон одинаково сильно.

Высказанные соображения относятся к воображаемой планете однородной по плотности. К планетам реальным они применимы лишь с оговорками. В частности для земного шара, плотность которого в глубине больше, чем близ поверхности, закон изменения силы тяжести с приближением к центру несколько отстает от сейчас установленного: до некоторой (сравнительно небольшой) глубины притяжение возрастает и лишь при дальнейшем углублении начинает убывать.

118. Задача о пароходе

Заимствуем из иностранного журнала следующую задачу:

Когда пароход легче – в лунную или безлунную ночь?

Решение

Задача сложнее, чем кажется. Нельзя ответить прямо, что в лунную ночь пароход, да и все вообще предметы на озаренной лунным светом половине земного шара, должен быть легче, чем в безлунную, потому, что «его притягивает Луна». Ведь, притягивая паро-



Рис. 117. Действие лунного притяжения на частицы земного шара.

ход, Луна притягивает и весь земной шар. В пустоте все тела под действием тяготения движутся с одинаковой скоростью; Земля и пароход получают от притяжения Луны одинаковые ускорения, и уменьшение веса парохода не должно обнаружиться. И все же пароход, озаренный Луной, легче, чем в безлунную ночь.



Когда пароход легче – в лунную или безлунную ночь?

Объясним, почему. Пусть (рис. 117) O – центр земного шара, A и B – пароход в диаметрально противоположных точках земного шара. Радиус земного шара – r; расстояние от центра L Луны до центра O земного шара – D. Массу Луны обозначим через M, парохода – через m. Для упрощения расчета берем точки A и B так, что Луна находится для них в зените и в надире. Сила, с какою притягивается Луной пароход в точке A (т. е. в лунную ночь), равна

$$\frac{kMm}{(D-r)^2},$$

где $k = \frac{1}{15\,000\,000} \text{ мг.}$ В точке B (в безлунную ночь) тот же пароход притягивается Луной с силою

$$\frac{kMm}{(D+r)^2}.$$

Разность обоих притяжений равна

$$kMm \cdot \frac{4r}{D^3 \left[1 - \left(\frac{r}{D} \right)^2 \right]^2}.$$

Так как $\left(\frac{r}{D} \right)^2 = \left(\frac{1}{60} \right)^2$ есть величина незначительная, то ею пренебрегают. Вследствие этого выражение значительно упрощается; оно получает вид:

$$kMm \cdot \frac{4r}{D^3}.$$

Преобразуем его так:

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{4r}{D} = \frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15}.$$

Что такое $\frac{kMm}{D^2}$? Нетрудно догадаться, что это – сила, с которой притягивается Луной пароход на расстоянии D от ее центра. На поверхности Луны пароход, масса которого равна m, весит m/6. На расстоянии D от Луны он весит $\frac{m}{6r^2}$. Так как D = 220 лунным радиусам, то

$$\frac{kMm}{D^2} = \frac{m}{6 \cdot 220^2} = \text{около } \frac{m}{300\,000}.$$

Возвращаясь теперь к разности притяжений, имеем:

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15} = \frac{m}{300\,000} \cdot \frac{1}{15} = \frac{m}{4\,500\,000}.$$

Если вес парохода 45 000 т, то искомая разность весов в лунную и безлунную ночь составляет

$$\frac{45\,000\,000}{4\,500\,000} = 10 \text{ кг.}$$

Итак, в лунную ночь пароход легче, чем в безлунную, хотя и на незначительную величину.

119. Лунные и солнечные приливы

Сейчас рассмотренная задача помогает уяснить основную причину приливов и отливов. Не следует думать, что приливная волна поднимается просто от того, что Луна или Солнце непосредственно притягивают к себе воду. Мы уже объяснили, что Луна притягивает не только то, что находится на земной поверхности, но и весь земной шар. Дело в том однако, что от центра земного шара источник притяжения дальше, чем от частиц воды на ее поверхности, обращенной к Луне. Соответствующая разность в величине силы притяжения вычисляется таким же образом, каким вычислили мы сейчас разность в силе притяжения парохода. В той точке, в зените которой стоит Луна, каждый килограмм воды притягивается ею сильнее, чем килограмм вещества центра Земли на $\frac{2kMr}{D^3}$, а вода в диаметрально противоположной точке Земли – настолько же слабее.

Вследствие этой разницы вода в обоих случаях поднимается над твердой земной поверхностью: в первом случае потому, что вода перемещается к Луне больше, чем твердая часть земного шара; во втором – потому, что твердая часть Земли перемещается к Луне больше, чем вода¹.

Подобное же действие оказывает на воды океана и притяжение Солнца. Но чье действие сильнее: солнечное или лунное? Если сравнить их непосредственные притяжения, то окажется, что действие Солнца сильнее. Действительно, масса Солнца больше массы Земли в 330 000 раз, масса же Луны еще в 81 раз меньше, т. е. меньше солнечной в $330\,000 \times 81$ раз. Расстояние от Солнца до Земли равно 23 400 земных радиусов, а от Луны до Земли – 60 земных радиусов. Значит, притяжение Земли Солнцем относится к притяжению ее Луною, как

$$\frac{330\,000 \cdot 81}{23\,400^2} : \frac{1}{60^2} \approx 170.$$

Итак, Солнце притягивает все земные предметы в 170 раз сильнее, чем Луна. Можно было бы думать поэтому, что солнечные приливы выше лунных. В действительности однако наблюдается как раз обратное: лунные приливы больше солнечных. Это вполне согласуется с

расчетом по формуле $\frac{2kMm}{D^3}$. Если массу Солнца обозначим через M_c , массу Луны через M_l , расстояние до Солнца через D_c , до Луны – через D_l , то отношение приливообразующих сил Солнца и Луны равно

$$\frac{2kM_c r}{D_c^3} : \frac{2kM_l r}{D_l^3} = \frac{M_c}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_c^3}.$$

¹ Здесь отмечена лишь основная причина приливов и отливов; в целом явление это сложнее и обуславливается еще и другими причинами (центробежный эффект обращения земного шара вокруг общего центра масс Земли и Луны, и др.). Полная теория приливов общепонятно изложена в книге Ю. М. Шокальского «О приливах в мировом океане».

Будем считать массу Луны известной: $\frac{1}{81}$ массы Земли.

Тогда зная, что Солнце в 400 раз дальше Луны, имеем

$$\frac{M_c}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_c^3} = 330\,000 \cdot 81 \cdot \frac{1}{400^3} = 0,42.$$

Значит, приливы, порождаемые Солнцем, должны быть примерно в $2\frac{1}{2}$ раза ниже лунных.

Здесь уместно будет показать, как из сравнения высот лунных и солнечных приливов определена была масса Луны. Наблюдать высоту тех и других приливов в отдельности нельзя: Солнце и Луна всегда действуют совместно. Но можно измерить высоту прилива тогда, когда действия обоих светил складываются (т. е. когда Луна и Солнце расположены на одной прямой линии с Землей), и тогда, когда действия их противоположны (прямая, соединяющая Солнце с Землей, перпендикулярна к прямой, соединяющей Луну с Землей). Наблюдения показали, что вторые приливы по высоте составляют 0,42 первых. Если приливообразующая сила Луны = x , Солнца – y , то

$$\frac{x+y}{x-y} = \frac{100}{42},$$

откуда

$$\frac{x}{y} = \frac{71}{29}.$$

Значит, пользуясь прежде выведенной формулой

$$\frac{M_c}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_c^3} = \frac{29}{71}.$$

или

$$\frac{M_c}{M_l} \cdot \frac{1}{64\,000\,000} = \frac{29}{71}.$$

Так как масса M_c Солнца = 330 000 M_z , где M_z – масса Земли, то из последнего равенства легко найти

$$\frac{M_z}{M_l} = 80,$$

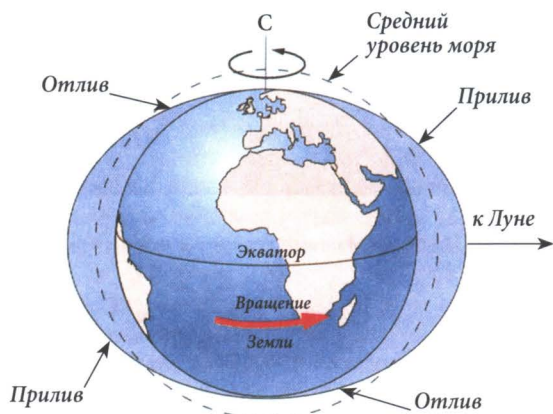
т. е. масса Луны составляет $\frac{1}{80}$ долю земной. Более точный расчет дает для массы Луны величину 0,0123 (земной массы).

120. Луна и погода

Многих интересует вопрос о том, какое влияние на атмосферное давление могут оказывать приливы и отливы, порождаемые Луной в воздушном океане нашей планеты. Вопрос имеет давнюю историю, им занимались еще французские ученые Лаплас и Араго; тем не менее о роли воздушных приливов распространены превратные представления. Неспециалисты думают, будто в легкой и подвижной атмосфере Земли Луна вызывает огромные приливные волны. Отсюда убеждение в том, что приливы эти значительно изменяют давление атмосферы и должны иметь решающее значение в метеорологии.

Это мнение совершенно ошибочно. Теоретически можно доказать, что высота атмосферного прилива не должна превышать высоты водного прилива в открытом океане. Такое утверждение кажется неожиданным; ведь воздух даже в нижних, плотных слоях чуть не в ты-

сачу раз легче воды; почему же лунное притяжение не поднимает его на тысячекратную высоту? Однако это



Механизм возникновения приливов на земле на примере лунных приливов. Они могут либо складываться солнечными, либо вычитаться из них. В первом случае высоты приливов максимальны.

не более парадоксально, чем одинаковая быстрота падения тяжелых и легких тел в пустоте.

Вспомним школьный опыт с пустой трубкой, внутри которой свинцовый шарик падая, не перегоняет пушинки. Явление прилива в конечном счете обусловлено не чем иным, как падением в мировом пространстве земного шара и его более легких оболочек под действием тяготения Луны (и Солнца). В пустоте мирового пространства все тела – и тяжелые и легкие – падают с одинаковой быстротой, получают от силы тяготения одинаковое перемещение, если расстояние их от центра притяжения одинаково.

Сказанное подготавливает нас к той мысли, что высота атмосферных приливов должна быть такая же, как и в водяном океане, вдали от берегов. Действительно, если бы мы обратились к формуле, по которой вычисляется высота прилива, то убедились бы, что она включает в себе только массы Луны и Земли, радиус земного шара и расстояние от Земли и Луны. Ни плотность поднимае-



Пьер-Симон де Лаплас (1749-1827) – французский математик, механик, физик и астроном, работавший в области небесной механики, дифференциальных уравнений, теории вероятностей. Внес огромный вклад в развитие практически всех направлений наук, которыми занимался. Лаплас был членом шести академий наук и королевских обществ, в том числе Петербургской Академии (1802). Его имя внесено в список величайших ученых Франции, помещенный на первом этаже Эйфелевой башни.

мой жидкости, ни глубина океана в эту формулу не входят. Заменяв водяной океан воздушным, мы не изменим результата вычислений и получим для атмосферного прилива ту же высоту, как и для прилива в океане. А последняя величина весьма незначительна. Теоретическая высота наибольшего прилива в открытом океане – около $\frac{1}{2}$ м, и только очертания берегов и дна, стесняя приливную волну, повышают ее в отдельных пунктах до десяти и более метров¹.

В безбрежном же воздушном океане ничто не может нарушать теоретической картины лунного при-



Доминик Франсуа Жан Араго (1786-1853) – французский физик и астроном. Внес огромный вклад в развитие разделов физики, изучающих свет, магнетизм, электрический ток. В 1806 г. Араго точно измерил парижский меридиан. Изобрел полярископ, фотометр и другие прикладные приборы, одним из которых был прибор, с помощью которого физики Физо и Фуко измерили скорость света в атмосфере. Его имя внесено в список величайших ученых Франции, помещенный на первом этаже Эйфелевой башни.

лива и изменять наибольшую ее теоретическую высоту – полметра. Столь незначительное поднятие может оказывать на величину атмосферного давления лишь самое ничтожное влияние.

Лаплас, первый занимавшийся теорией воздушных приливов, пришел к выводу, что колебания атмосферного давления, обусловленные ими, не должны превышать 0,6 мм ртутного столба, а порождаемый атмосферными приливами ветер обладает скоростью не выше 7,5 см в секунду.

Ясно, что атмосферные приливы не могут играть сколько-нибудь существенной роли среди факторов погоды.

Эти соображения делают совершенно беспочвенными попытки разных «лунных пророков» предсказывать погоду по положению Луны на небе.



¹ Высота приливной волны изменяется обратно пропорционально квадратному корню из ширины залива и корню 4-й степени из глубины: при глубине 10 м прилив теоретически должен быть вдвое выше, чем при глубине 160 м, так как

$$\sqrt[4]{\frac{160}{10}} = 2.$$



121. Астрономия XXI в

Астрономия, подойдя к рубежу XXI в., проделала огромный путь от древних визуальных наблюдений до компьютеризированных космических роботов и полетов человека на Луну. Новый век, с его огромными возможностями, в первом своем десятилетии дал значительное ускорение развитию науки о Вселенной. Смелые планы по изучению космоса, высадка космических аппаратов на тела солнечной системы, подготовка пилотируемого полета на Марс открывают новую главу в исследованиях космоса.

В этой связи научное предвидение передовых ученых, в число которых можно уверенно включить и Я. И. Перельмана, полностью оправдалось. Невозможно предугадать развитие в деталях, этого не может никто, но в принципиальных положениях все самые смелые мечты, которыми жили ученые еще 100 лет назад, практически полностью реализовались.

Интересно отметить, что казалось бы непомерная стоимость таких масштабных исследований, какие начались в новом веке, оказалась не столь уж и высокой, если судить об этом в масштабах государств - участников космических проектов. Тесная кооперация и осмысленное разделение ресурсов, показали еще одну сильную сторону астрономии XXI в. Это – международное сотрудничество. Сегодня в различных космических проектах участвуют ученые из многих стран мира.

Давайте проследим развитие астрономии в начале XXI в. Это увлекательная, захватывающая дух смелостью замыслов и объемом охвата, история происходит прямо на наших глазах благодаря развитию Интернета и других способов коммуникации. Поэтому те, кто увлекается звездной наукой имеет все возможности увидеть многие процессы, происходящие в настоящее время, буквально изнутри, в режиме реального времени. Сомневающимся можно указать на тот факт, что в сборочных цехах НАСА, где собираются и тестируются новые космические аппараты, установлены веб-камеры, транслирующие события в прямом эфире.

122. Международная космическая станция МКС (ISS)

Ближайшей к земле научной платформой является Международная космическая станция, строительство



Начало строительства Международной космической станции. Модули «Заря» (слева) и «Юнити» (справа) уже состыкованы. 10 декабря 1998 г. на станцию прибыли первые обитатели: космонавт Сергей Крикалев и астронавт Роберт Кабана.

которой началось еще в прошлом веке. К 2000 г. были выведены на орбиту и состыкованы российский модуль «Заря» и американский модуль «Юнити». В работе принимали участие транспортные корабли типа «Союз»,



Первый экипаж Международной космической станции. Слева направо: С. Крикалев, У. Шенерд, Ю. Гидзенко. 2 ноября 2000-18 марта 2001 года.

ракеты «Протон», а также американские космические челноки «Спейс Шаттл».

В 2000 г. началась полномасштабная работа станции и продолжилось ее строительство. В июле был пристыкован еще один элемент - служебный модуль «Заря». А к концу года на станцию прибыл первый полный экипаж долговременной экспедиции в составе астронавта НАСА командира станции Уильяма Шеперда и двух космонавтов «Роскосмоса»: пилота Юрия Гидзенко и бортинженера Сергея Крикалева. На их долю выпала миссия первоначального обустройства станции и приведения ее в рабочее состояние. Экипаж занимался бытовыми делами: распаковывал спальные места, привел в рабочее состояние пункт подогрева пищи, установил связь с землей, активировал бортовые компьютеры, а также разместил по своим местам спецодежду, офисные принадлежности и т. д. Космический дом обустроивался надолго. И действительно, первый экипаж заложил основу для длительного пребывания экипажей на станции.

В следующем 2001 г. к МКС был присоединен следующий модуль - американский «Дестини». Однако, произошедшая катастрофа с шаттлом «Колумбия» при возвращении его на землю 1 февраля 2003 г. привела к сокращению американской стороной своего участия в программах МКС. В период до возобновления полетов шаттлов снабжение станции могло осуществляться только российскими грузовыми кораблями «Прогресс».

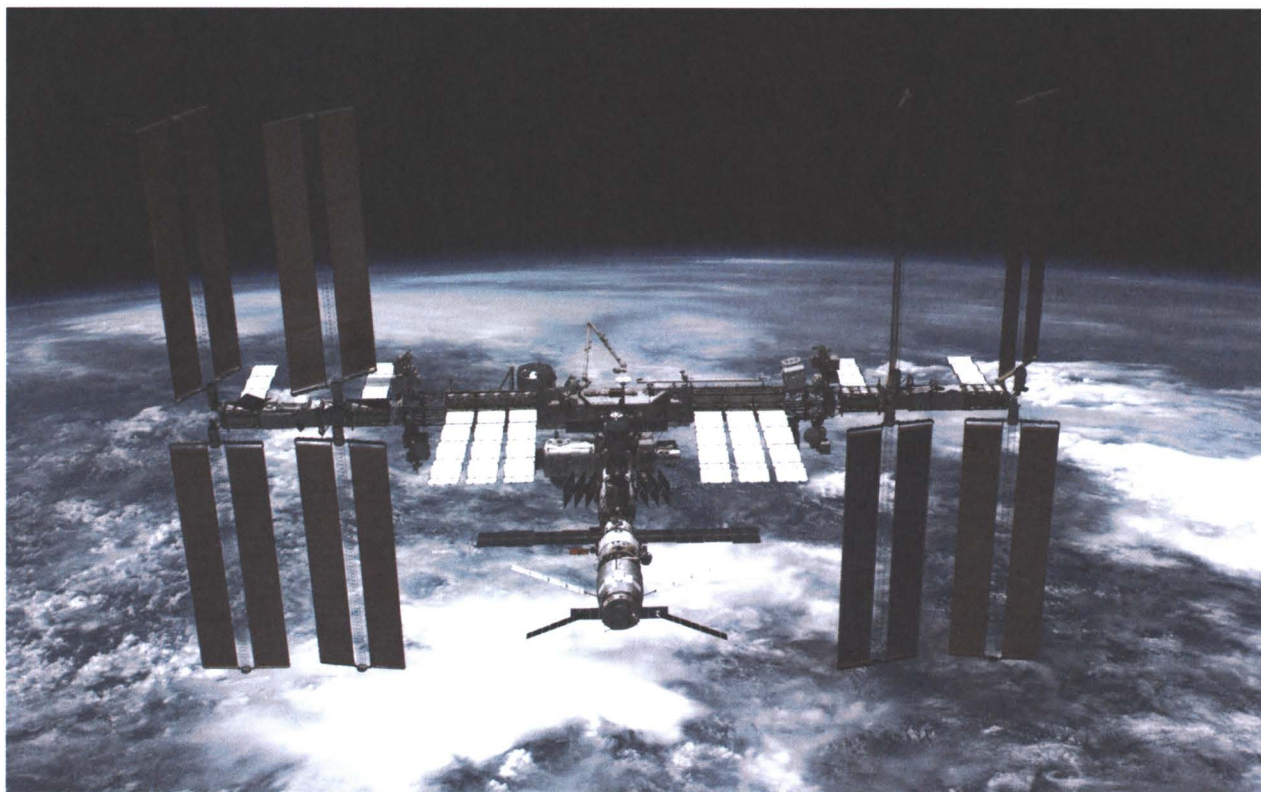
В 2005 г. полеты американских челноков возобновились и в истории МКС началась новая глава. К 23 октября 2007 г. шаттлами «Дискавери» и «Атлантис» были доставлены и пристыкованы модуль «Гармония», а также панели солнечных батарей, сегменты ферменных конструкций и радиаторы системы терморегулирова-

ния американского сегмента станции. Таким образом завершилось строительство ядра МКС. Здесь надо пояснить, что на орбитальной станции объединены модули разных стран и командование ими осуществляет соответствующая сторона-участницей проекта. В 2009 г. с началом эксплуатации транспортных кораблей «ATV» (Европейского космического агентства ЕКА) и «Н-II Transport Vehicle» (Японского агентства аэрокосмических исследований JAXA), которые доставили европейский модуль «Коламбус» и японский «Кибо» - на станции появились соответствующие сегменты.

В 2008-2010 гг. на станцию были доставлены и смонтированы российские модули «Поиск» и «Рассвет». Американский сегмент станции пополнился манипулятором и модулями «Спокойствие» и «Купол».

В 2012 г. начался еще один этап в развитии МКС. С завершением годом ранее программы «Спейс Шаттл», в работе станции приняли участие частные компании. Так в качестве транспортной системы была апробирована ракета-носитель «Falcon 9», частной компании «SpaceX» (владелец Илон Маск), доставившая на станцию грузовой корабль «Dragon». Этот корабль нового поколения, способный возвращаться на землю, так же разработан компанией «SpaceX». В перспективе планируется не его базе создать корабль для доставки на орбиту и возвращения на землю экипажей МКС.

В 2013 г. произошла пристыковка к МКС частного автоматического грузового космического корабля снабжения «Сигнус». В 2016 г. к МКС был пристыкован модуль BEAM, разработанный частной космической компанией Bigelow Aerospace и новый Международный стыковочный адаптер 2 (IDA 2), предназначенный для стыковки пилотируемых кораблей, запускаемых по программе НАСА.

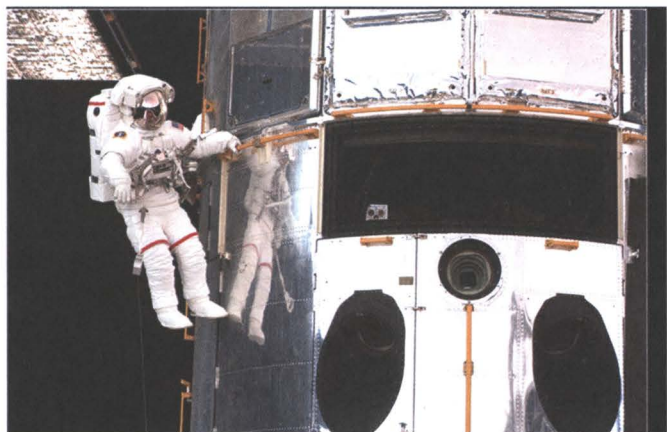


Современный вид Международной космической станции.

123. Космический телескоп «Хаббл» (КТХ)

Еще одной новой космической технологией, уверенно шагнувшей в XXI в. является уникальный и теперь уже легендарный космический телескоп «Хаббл». Как и любой пионер, аппарат пережил бурную историю с момента его вывода на орбиту в далеком 1990 г.

Из-за обнаруженного только на орбите дефекта главного зеркала, начало миссии телескопа пришлось отложить. Был разработан метод коррекции дефекта, телескопу «Хаббл» «прописали очки»: была сконструиро-



Астронавт Джон Грюнсфилд проводит работы по техническому обслуживанию телескопа «Хаббл» в рамках последней, четвертой миссии ТО. 14 мая 2009 г. Изображение НАСА.

рована оптическая система, корректирующая недостатки главного зеркала. В результате экипаж шаттла «Индевор» STS-61 в начале декабря 1993 г. вывел на орбиту и успешно установил на телескоп Систему оптической коррекции (COSTAR), а также произвел попутно другие улучшения. В итоге этой уникальной работы в открытом космосе, телескоп заработал в полную силу.

Затем, в течение 1997-1999 гг. состоялись еще две экспедиции, которые проводили необходимое техническое обслуживание телескопа. И, наконец, в XXI в., после еще двух экспедиций технического обслуживания в 2002 и в 2009 гг., встал вопрос о сроках работы телескопа, который к тому времени уже подошел к своему 20-ти летнему юбилею. Разгоревшиеся дебаты сторонников продления службы телескопа и его противников, в конце концов закончились решением оставить телескоп работать на орбите минимум до 2018 г.

Из наиболее значимых научных результатов, полученных космическим телескопом в новом веке, можно отметить полученные в 2004 г. снимки протогалактик, первых сгустков материи, которые сформировались менее чем через миллиард лет после Большого взрыва. Это позволит ученым продолжить изучение отдаленных галактик вплоть до эпохи образования первых звезд.

В 2012 г. был получено составное изображение сверхдалнего участка звездного неба, который обозначается как «Хаббл экстрим дип филд». На снимке видны около 5500 галактик, включая самую молодую на этом участке неба, возраст которой по астрономическим меркам весьма мал - 450 млн. лет после Большого взры-

ва. Все это помогает внести уточнения в фундаментальные разделы физики и продвинуться вперед в вопросе понимания устройства Вселенной.



Снимок шаровидного скопления NGC 299 в созвездии Тулан, которое открыл Джон Гершель в 1834 г. Теперь КТХ помог рассмотреть один из красивейших объектов неба в подробностях. Скопление находится в Малом Магеллановом облаке и удалено от нас на расстояние 200 тыс. световых лет. Изображение НАСА.

В период с 2013 по 2016 г. наиболее яркими событиями стали открытие нового спутника Нептуна S/2004 N 1, а также обнаружение яркой галактики GN-z11 в созвездии Большая Медведица.

Интересно отметить, что доступ к телескопу предоставляется всем желающим, чьи заявки одерживают победу в специальном конкурсе, проводимом, как правило, один раз в год. С 1990 по 1997 г. время предоставлялось также и астрономам-любителям, однако в связи с трудностями финансирования, непрофессионалы были отстранены от наблюдений.



Участок звездного неба «Хаббл экстрим дип филд». На снимке видны сотни галактик, самые красные и тусклые из которых, образовались через 800 млн. лет после Большого взрыва. Изображение НАСА.

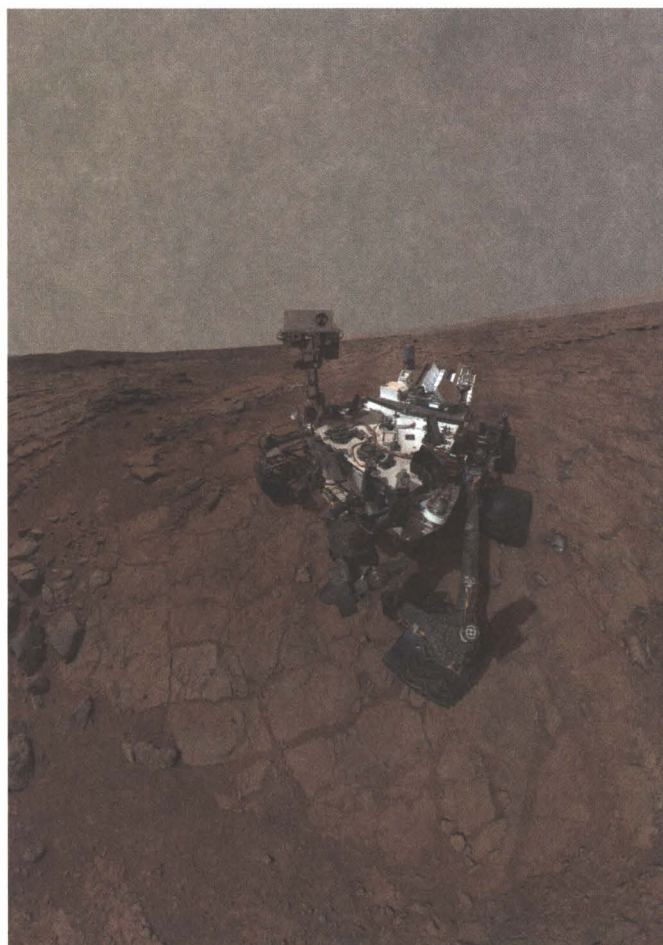
124. Марсоходы

Продолжается уникальная миссия по изучению Марса с помощью роверов - марсианских вездеходов. В настоящее время на поверхности красной планеты работают марсоходы второго и третьего поколения.

В 1997 г. научный мир потрясли первые цветные фотографии высокого разрешения – панорамы поверхности Марса, сделанные марсоходом «Mars Pathfinder». Это был небольшой аппарат колесного типа, который собрал ценную информацию не только о планете, но и дал ученым и конструкторам понимание того, какая конструкция марсохода наиболее подходит для жестких условий Марса.

Второе поколение марсоходов было доставлено на планету в начале 2004 г. Их было сразу два: «Спирит» и «Оппортьюнити», причем последний работает до сих пор, на что никто из ученых НАСА особенно не рассчитывал. И, наконец, с 2012 г. начал работу большой марсоход «Кьюриосити». «Ростом» он с легковой автомобиль и называется теперь Марсианской научной лабораторией, поскольку фактически ей и является. Точные размеры аппарата: длина – 2,9 м, ширина – 2,7 м, высота – 2,2 м.

Посадка «Кьюриосити» была осуществлена в кратер Гейла, поскольку в рамках этой миссии предусмотрена обширная геологическая программа, а на марсоходе предусмотрено соответствующее оборудование для



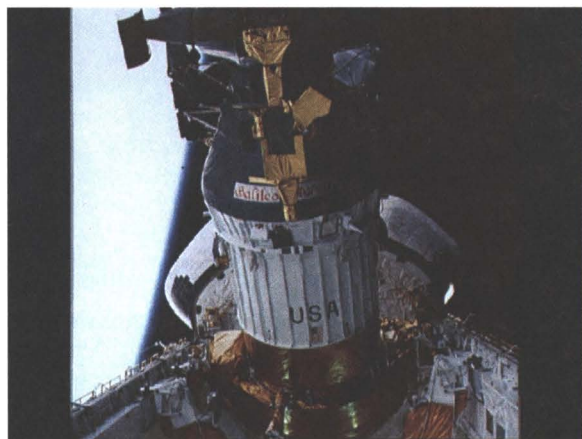
Марсианское сэлфи марсохода «Curiosity». Составной снимок получен 11 мая 2016 г. на площадке бурения «Okoruso», возле горы Шарп.

сбора и анализа образцов марсианского грунта. Среди других задач, перед марсоходом стоит важнейшая – подготовка к высадке на Марсе астронавтов.

В 2018 г. Европейское космическое агентство готовит запуск своего марсохода «Экзомарс» с целью прояснения знаменитого вопроса «Есть ли жизнь на Марсе?» И была ли?

125. Изучение Солнечной системы

Изучение планет солнечной системы на границе двух веков приняло массовый характер. Космические аппараты к настоящему времени проникли во все основные части межпланетного пространства Солнечной системы, и грозят в скором времени оставить землян без «великой тайны мироздания». Успешные экспедиции были предприняты ко многим объектам: в их число вошли планеты, астероиды и кометы. Миссии не ограничи-

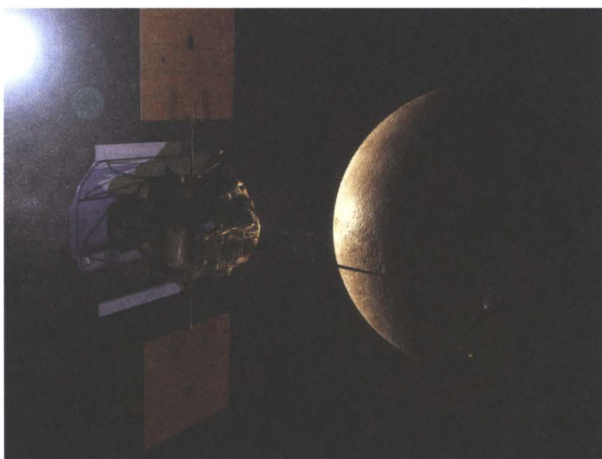


КА «Галилео» покидает грузовой отсек доставившего его на орбиту земли шаттла «Атлантис». 18 октября 1989 г. Изображение НАСА.

вались лишь кратковременным пролетом мимо объектов. Космические аппараты стали спутниками небесных тел, осуществляли посадку на некоторые из них, а также запускали спускаемые аппараты для детальных исследований. Попробуем хотя бы перечислить наиболее яркие проекты освоения космоса за последние 16 лет, поскольку полная их история может занять не один том. Одних изображений, переданных КА на землю насчитывается несколько миллионов единиц.

Первым в хронологическом порядке следует КА «Галилео». Он был запущен в 1989 г. и вышел на орбиту Юпитера в 1995 г. Первоначально рассчитывалось, что аппарат проработает на орбите Юпитера 2 года. Однако, он смог продержаться возле газового гиганта 8 лет. За это время были собраны более 30 гигабайт информации и сделано свыше 14 тыс. снимков планеты и ее спутников. В 1994-1995 гг. КА «Галилео» сделал снимки высокого разрешения кометы Шумейкера – Леви 9, которая врезалась в Юпитер, запустил спускаемый зонд в атмосферу планеты, а также вышел на ее орбиту. Попутно, при выполнении разгонных гравитационных маневров в начале миссии, были сделан ряд исследований Венеры.

В 1997 г. основная миссия аппарата завершилась, но он проработал на орбите до 21 сентября 2003 г. КА «Галилео» был направлен в атмосферу Юпитера со



КА «Мессенджер» на орбите Меркурия.
Компьютерное изображение НАСА.

скоростью 50 км/с из-за опасения ученых, что он может занести земные микроорганизмы на его спутники. Четырнадцатилетняя эпопея КА «Галилео» на этом закончилась.

15 октября 1997 г. к Сатурну был запущен КА «Кассини-Гюйгенс», совместный проект трех организаций: НАСА, ЕКА и Итальянским космическим агентством (ИКА). В 2004 г. аппарат вышел на орбиту планеты-гиганта и через полгода, попутно, осуществил спуск на поверхность спутника Сатурна Титан спускаемого аппарата, который успешно прититанился на его поверхность. Работа землян во Внешней Солнечной системе успешно продолжилась. В настоящее время принято решение о продлении миссии «Кассини-Гюйгенс» до 2017 г.



КА «Кассини-Гюйгенс» во время прохождения температурного и вибрационного теста. 1996г. Изображение НАСА.

В 2004 г. стартовала миссия «Мессенджер», целью которой является одна из самых малоизученных планет Солнечной системы – Меркурий. КА должен собрать сведения о химическом составе планеты и сделать ее подробное картографирование. Важным пунктом программы является изучение солнечной активности.

Аппарат, как и другие его «коллеги», проработал на орбите Меркурия больше запланированного времени. Однако по исчерпанию запасов топлива, коррекция ор-

биты стала невозможной и под действием сил притяжения Солнца, КА «Мессенджер» 30 апреля 2015 г. упал на поверхность планеты и разбился. Наследием миссии стали новые знания о планете, ее магнитосфере, поверхности, химическом составе, а также 277 тыс. фотографий Меркурия.

Космический аппарат Европейского космического агентства (ЕКА) «Венера-экспресс» продолжил изучение «утренней звезды», стартовав к Венере 9 ноября 2005 г. с космодрома Байконур. В 2006 г. аппарат вышел на орбиту планеты и приступил к выполнению научной программы. После долгой и успешной работы аппарата, в 2012 г. произошли неполадки в системе ориентации станции. Однако в скором времени они были устранены. Станция также проработала больше запланированного времени, но с исчерпанием топлива, сошла с орбиты и прекратила свое существование в феврале 2015 г.



Команда «Новых горизонтов» встречает пакет новых снимков с орбиты Плутона во время пролета аппарата на близком расстоянии от планеты. 14 июля 2015 г. Изображение НАСА.

Исследования планет солнечной системы и их спутников, развернувшиеся в начале XXI в. настолько обширны, что в столь кратком их обзоре невозможно даже упомянуть обо всех. Но одна миссия, все-таки заслуживает этого. Нельзя, хоть и вкратце, не сказать о миссии «Новые горизонты», которая пролила свет на самые удаленные планеты Солнечной системы. И действительно, аппарат миссии уже вошел в историю, добравшись до карликовой планеты Плутон и его спутника – Харона.

Целью миссии является подробное изучение системы двойной планеты Плутон-Харон, их физических характеристик, а также спутников. По мере прохождения мимо других планет солнечной системы на пути к цели, КА «Новые горизонты» делал их снимки и собирал научную информацию. В начале 2015 г. аппарат приступил к изучению Плутона с большого расстояния. В течение 2015 и 2016 гг. были сделаны фотографии различных астероидов, а также сфотографированы все спутники Плутона.

В 2019 г. КА «Новые горизонты» пролетит вблизи объекта пояса Койпера 2014 MU69. К этому времени его расстояние от Солнца превысит 43 а. е. В 2026 г. планируется окончание миссии, поскольку запасов топлива на станции осталось крайне мало.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
------------------	---

ЗЕМЛЯ, ЕЕ ФОРМА И ДВИЖЕНИЯ

1. Кратчайший путь на Земле и на карте.....	4
2. Градус долготы	7
и градус широты	7
3. Куда полетел Амундсен?	8
4. Пять родов времени	8
5. Продолжительность дня	10
6. Необычайные тени	11
7. Задача о двух поездах.....	12
8. Стороны горизонта по карманным часам	13
9. Белые ночи и черные дни	14
10. Смена света и тьмы	14
11. Полярная загадка	15
12. Об одном заблуждении	15
13. Когда начинаются времена года	16
14. Три «если бы».....	17
15. Если бы земная ось была перпендикулярна к плоскости орбиты	17
16. Если бы земная ось была наклонена к плоскости орбиты на 45°.....	18
17. Если бы земная ось лежала в плоскости орбиты	18
18. Еще одно «если бы»	19
19. Если бы путь Земли был вытянут сильнее.....	20
20. Когда мы ближе к Солнцу, в полдень или вечером?.....	22
21. На один метр дальше	22
22. С разных точек зрения.....	22
23. Неземное время.....	24
24. Где начинаются месяцы и годы?	25
25. Сколько понедельников в феврале?.....	26

ЛУНА И ЕЕ ДВИЖЕНИЯ

26. Молодой или старый месяц?	27
-------------------------------------	----

27. Луна на флагах.....	27
28. Загадки лунных фаз	28
29. Двойная планета	29
30. Почему Луна не падает на Солнце?	30
31. Видимая и невидимая стороны Луны	30
32. Вторая Луна и луна Луны	33
33. Почему на Луне нет атмосферы?.....	33
34. Размеры лунного мира.....	34
35. Лунные пейзажи	35
36. Лунное небо. Черный небосвод.....	36
37. Лунное небо: Земля на небе Луны.....	37
38. Затмения на Луне	39
39. Для чего астрономы наблюдают затмения? ...	40
40. Почему затмения повторяются через 18 лет? .	43
41. Возможно ли?.....	44
42. Что не всем известно о затмениях	44
43. Какая на Луне погода?	45

РАКЕТОЙ НА ЛУНУ

44. Далеко ли до луны.....	47
45. Какой величины луна.....	49
46. Как луна устроена.....	51
47. Завоевать небо.....	52
48. Из пушки на луну	56
49. Как и почему летит ракета	58
50. Для чего служат ракеты.....	60
51. Летательная машина революционера Кибальчича	61
52. Ракетный корабль Циолковского	63
53. Изобретатели за рубежом.....	65
54. От мысли к делу.....	65
55. Первые шаги.....	67
56. Заглянем в будущее	68
57. Лунный перелет.....	69
58. Прогулка по луне.....	75
59. Возвращение.....	76

ПЛАНЕТЫ

60. Планеты при дневном свете.....	78
61. Планетная азбука	78
62. Чего нельзя изобразить.....	79
63. Меркурий – мир величайших крайностей.	81
64. Почему на Меркурии нет атмосферы?.....	82
65. Венера – мир тропического зноя.....	83
66. Фазы Венеры	85
67. Земля, вознесенная на небо.....	86
68. Марс – мир холодных пустынь.....	87
69. Великие противостояния	92
70. О том, чего нет в этой книге.....	93
71. Миры-великаны - полузастывшие солнца: Юпитер.....	94
72. Планета или меньшее солнце?.....	95
73. Миры-великаны - полузастывшие солнца: Сатурн.....	97
74. Исчезновение колец Сатурна.....	99
75. Астрономические анаграммы	100
76. Уран – «опрокинутый» мир.....	101
77. Нептун – отдаленнейшая из «больших» планет.....	102
78. Планета далее Нептуна	105
79. Планеты-карлики	108
80. Наши ближайшие соседи	111
81. Попутчики Юпитера	111
82. Чужие небеса	112
83. Мировая катастрофа	115

ЗВЕЗДЫ

84. Почему звезды кажутся звездами?.....	120
85. Почему звезды мерцают, а планеты сияют спокойно?	121
86. Видны ли звезды днем?	122
87. Что такое звездная величина?.....	122
88. Звездная алгебра.....	123
89. Глаз и телескоп.....	125
90. Звездная величина Солнца и Луны	125
91. Истинная яркость звезд и Солнца	126
92. Самая яркая звезда Вселенной	127

93. Звездная величина планет на земном и чужом небе	127
94. Почему телескоп не увеличивает звезды?....	128
95. Как измерили поперечники звезд?.....	129
96. Гиганты звездного мира	130
97. Неожиданный расчет.....	131
98. Самое тяжелое вещество.....	131
99. Почему звезды называются неподвижными?.....	133
100. Возможны ли столкновения звезд?	134
101. Меры звездных расстояний	134
102. Система ближайших звезд	135
103. Масштаб Вселенной	136

ТЯГОТЕНИЕ

104. Из пушки вверх.....	138
105. Вес на большой высоте	139
106. С циркулем по планетным путям.....	140
107. Падение планет на Солнце.....	143
108. Наковальня Вулкана.....	144
109. Границы солнечной системы	144
110. Ошибка в романе Жюль Верна	145
111. Как взвесили Землю?	145
112. Из чего состоят недра Земли?	147
113. Вес Солнца и Луны	147
114. Вес и плотность планет и звезд.....	148
115. Тяжесть на Луне и на планетах	148
116. Рекордная тяжесть	149
117. Тяжесть в глубине планет.....	149
118. Задача о пароходе	150
119. Лунные и солнечные приливы.....	151
120. Луна и погода	151

АСТРОНОМИЯ СЕГОДНЯ

121. Астрономия XXI в.....	153
122. Международная космическая станция МКС (ISS).....	153
123. Космический телескоп «Хаббл» (КТХ).....	155
124. Марсоходы.....	156
125. Изучение Солнечной системы.....	156

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

Ответственный за выпуск
С. Раделов

Дизайн обложки,
подготовка к печати
А. Яскевич

Верстка
обработка иллюстраций
М. Судакова

Сдано в печать 03.05.2017
Объем 20 печ. листов
Тираж 2000 экз.
Заказ № 168

ООО «СЗКЭО»
Телефон в Санкт-Петербурге: +7 (812) 365-40-44
E-mail: knigi@szko.ru

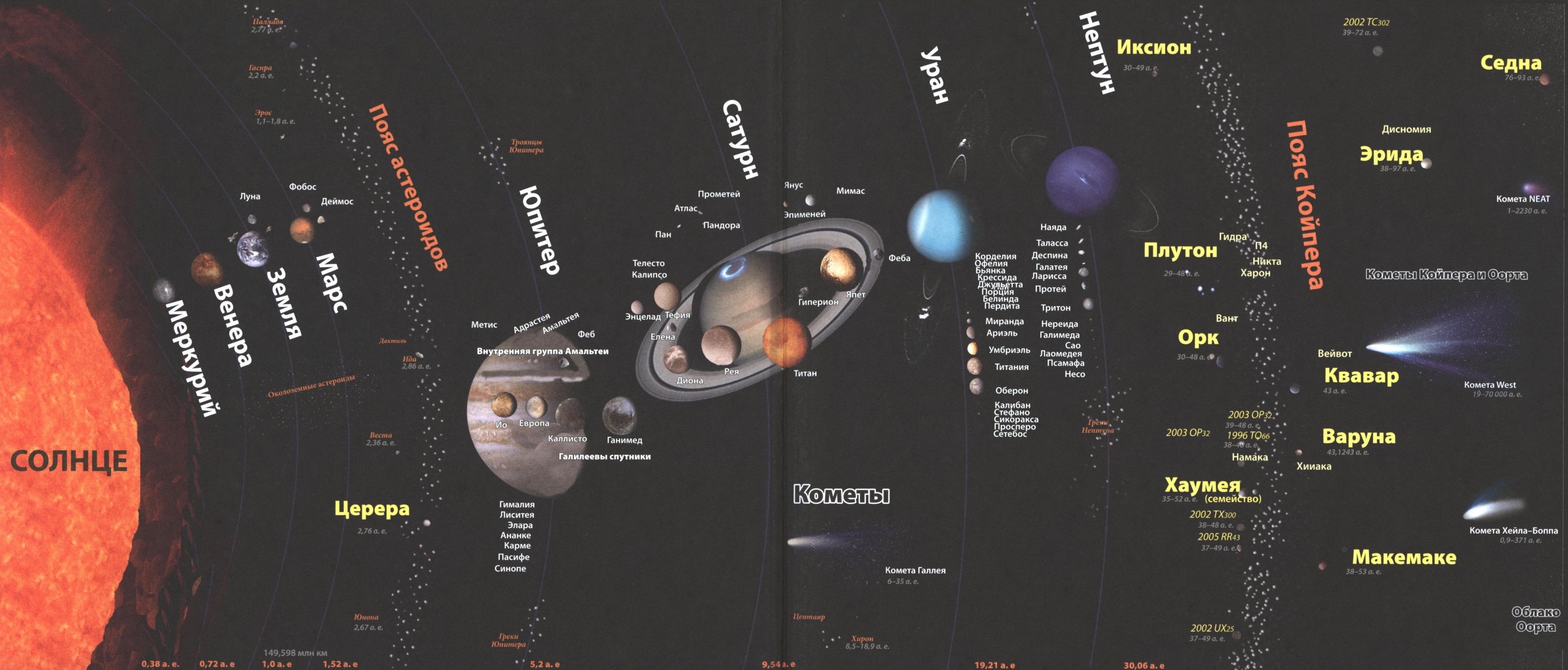


СЗКЭО
Санкт-Петербург

Отпечатано
ООО Типография «НП-Принт»
Санкт -Петербург
Чкаловский пр., д. 15, лит. А, корп. 7
Тел/факс: 325-22-97

Электронный вариант книги:

Скан, обработка, формат: manjak1961



СОЛНЦЕ

ДИАМЕТР: 1 390 000 км
МАССА: 1,98892 × 10³⁰ кг
ТЕМП.: 15 600 000 К (ядро)

1,3 МИЛЛИОНА ЗЕМЕЛЬ МОЖЕТ ПОМЕСТИТЬСЯ ВНУТРИ СОЛНЦА

ЮПИТЕР	778 330 000 км (5,2 а. е.) от Солнца
САТУРН	1 429 400 000 км (9,54 а. е.) от Солнца
УРАН	2 870 990 000 км (19,2 а. е.) от Солнца
НЕПТУН	4 504 000 000 км (30,6 а. е.) от Солнца
ЗЕМЛЯ	149 598 000 км (1 а. е.) от Солнца
ВЕНЕРА	108 200 000 км (0,72 а. е.) от Солнца
МАРС	227 940 000 км (1,52 а. е.) от Солнца
МЕРКУРИЙ	57 910 000 км (0,38 а. е.) от Солнца
ПЛУТОН*	5 913 520 000 км (39,5 а. е.) от Солнца

*карликовая планета

СОЛНЦЕ

СОДЕРЖИТ БОЛЕЕ ЧЕМ **99,8%** ОБЩЕЙ МАССЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

386 млрд млрд мегаватт энергии

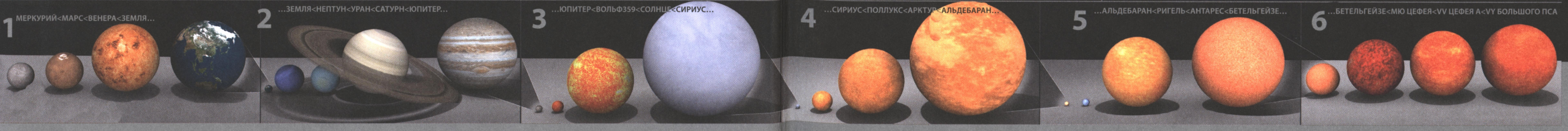
в центре **ЯДРА** солнца плотность БОЛЕЕ ЧЕМ

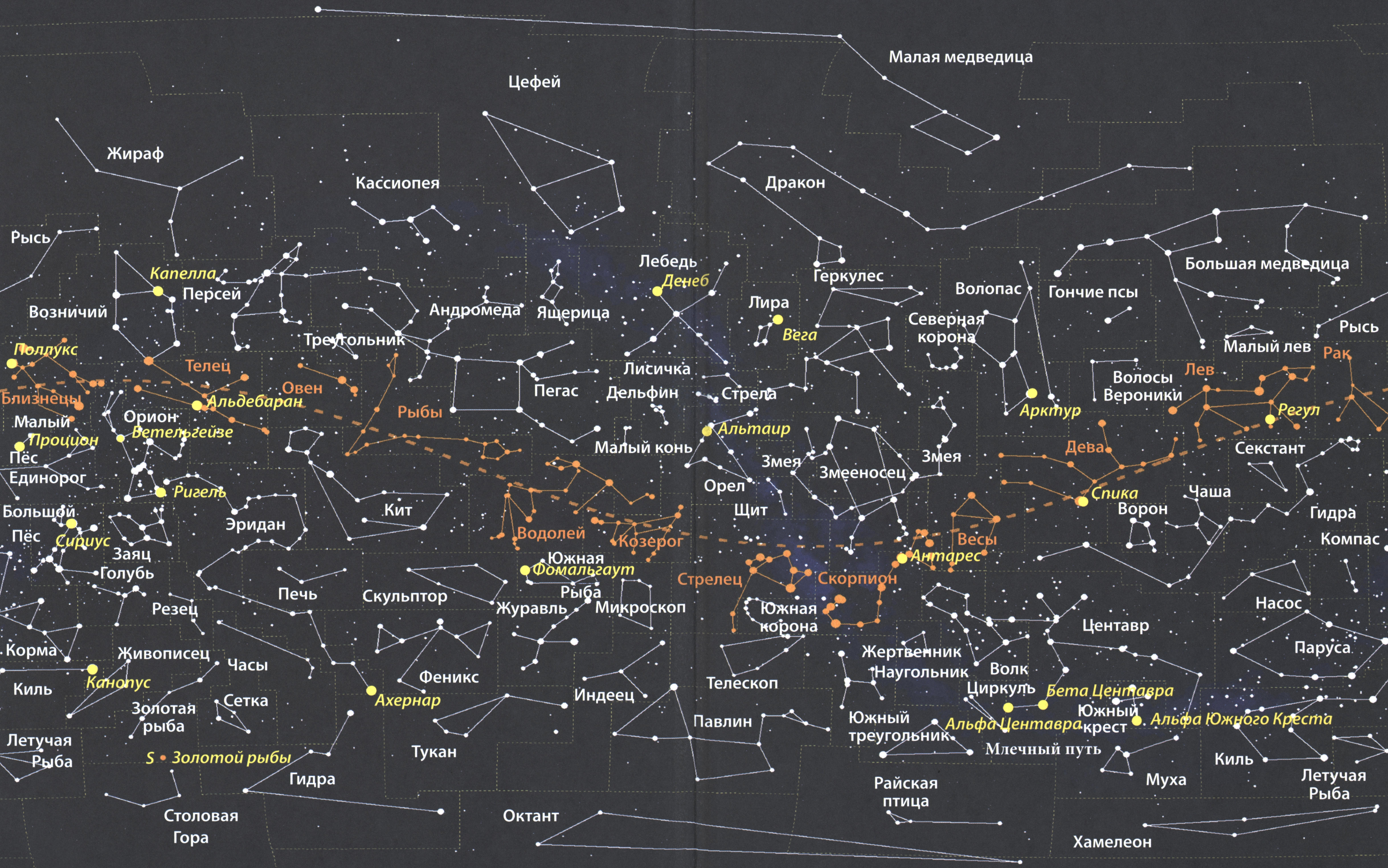
150 РАЗ БОЛЬШЕ, ЧЕМ ВОДА

водород
гелий
металлы

Солнечная система

Комета Когоутека
Уран
Юпитер
Сатурн
Венера
Марс
Земля
Меркурий
Астероиды
Нептун
Плутон
Комета Хякутаке







*Когда в Гонолулу настанет полночь,
В Ленинграде наступает полдень.
В этот час в Ленинграде,
Фонтанка, 34,
Ежедневно открываются двери
Дома занимательной науки,
В котором вам расскажут
О времени, о Земле, о небе,
О числах, о цвете, о звуке
И о многом другом.*

(Афиша при входе в музей)

«Дом занимательной науки», он же ДЗН (что созвучно со школьным звонком) — так назывался музей, открытый по инициативе Я. И. Перельмана 15 октября 1935 года в правом флигеле Фонтанного дома. В залах астрономии, физики, математики и географии посетителей всех возрастов ожидали настоящие чудеса: мебель без видимой причины меняла свой цвет, торговые весы безошибочно отгадывали любое число или фамилию, кипящий чай в буфете разливали из бутылки, стоящей на льду, а книга предложений сама открывалась на нужной странице, стоило перед ней сесть; все экспонаты требовалось трогать руками и даже пытаться сломать.

ДЗН действовал до 29 июня 1941 года и успел принять более полумиллиона человек. В нем работало множество кружков, проводились научные олимпиады, его сотрудники читали лекции на предприятиях, в школах и воинских частях, а также издавали серию научно-популярных книг по различным отраслям знаний, которая так и называлась — «Дом занимательной науки».

Книга выдающегося популяризатора науки Я. И. Перельмана, которую вы взяли в руки, посвящена астрономии. Несмотря на удивительные достижения этой науки за последние десятилетия, раздвинувшие наши представления о Вселенной, и основы «небесной механики», и основополагающие факты о планетах и звездах остаются неизменными. Такими же они были и во времена Галилея, Коперника и Кеплера. Именно с этих основ и следует начинать знакомство с астрономией; в этом плане данная книга Перельмана незаменима. В живой увлекательной форме она знакомит читателей с важнейшими явлениями звездного неба, рассказывает о законах движения Солнца и планет нашей Солнечной системы. Путь в небо начнется с Земли. Вы узнаете, в чем различие между солнечными и звездными сутками, почему у рек, текущих с севера на юг, правый берег обычно высокий, где начинаются месяцы и еще множество интереснейших фактов. Чрезвычайно увлекательно читается глава об истории изучения реактивного движения и его использования в космонавтике. Далее читателей ждут экскурсия по планетам Солнечной системы и увлекательный рассказ про звезды. Данное издание, по сути, является сборником — оно включает также две интересные книги Перельмана: «Далекие миры» (опубликована в 1919 г.) и «Ракетой на луну» (вышла в 1935 г.). Сборник также дополнен статьей из журнала «Природа и люди» (номера 24–25 за 1908 г.), которая была опубликована Я. Перельманом под псевдонимом «Я. Недымов». Завершает сборник глава о современном состоянии астрономии и космонавтики. Как и в других книгах Перельмана, в этом издании вы найдете много неожиданных и ярких сравнений, сможете взглянуть на известные явления с необычной точки зрения. Помимо рисунков и портретов астрономов, астронавтов и ученых, как наших современников, так и знаменитых первопроходцев прошлых веков, сборник проиллюстрирован современными фотографиями, в том числе, сделанными и с помощью орбитального телескопа «Хаббл».

ISBN 978-5-9603-0418-4



9 785960 304184 >

ЕАС

6+