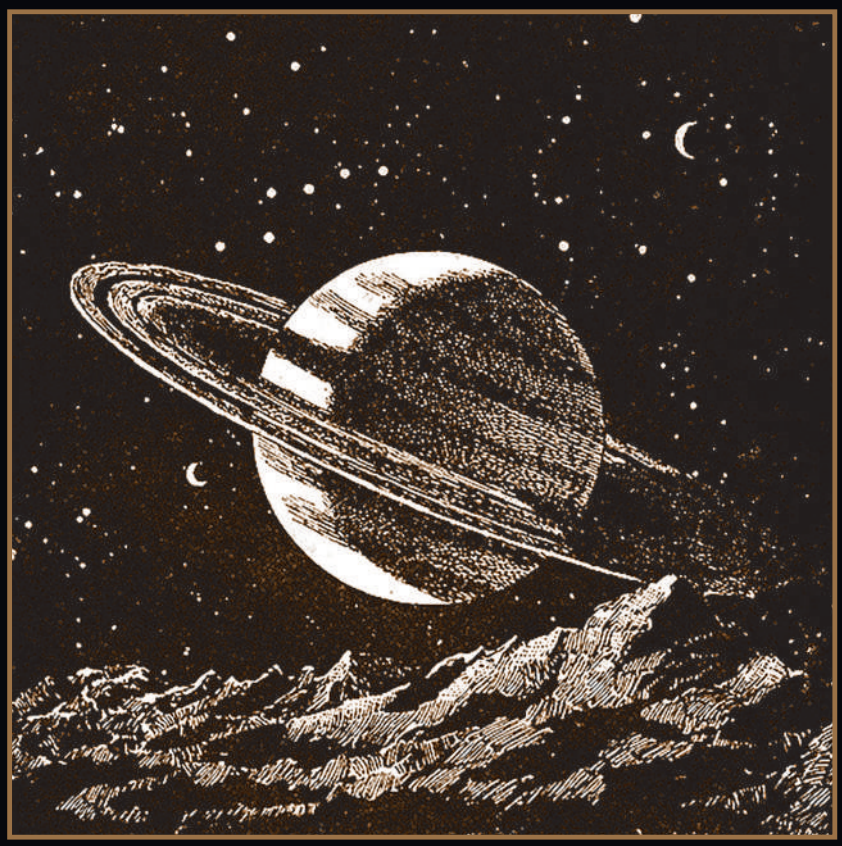
Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ



«Занимательная астрономия»,
«Далекие миры», «Ракетой на Луну»
«К звездам на ракете»,
«Межпланетные путешествия»
Свыше двухсот девяноста иллюстраций
из первых изданий

БИБЛИОТЕКА МИРОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Яков Исидорович Перельман
(1882–1942)

Яков Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

Творческое объединение
Алькор

Совместный проект издательства СЗКЭО
и переплётной компании
ООО «Творческое объединение «Алькор».

Санкт-Петербург
СЗКЭО

УДК 51-053.2
ББК 22.1
П27

Первые 100 пронумерованных экземпляров
от общего тиража данного издания переплетены мастерами
ручного переплета ООО «Творческое объединение „Алькор“»

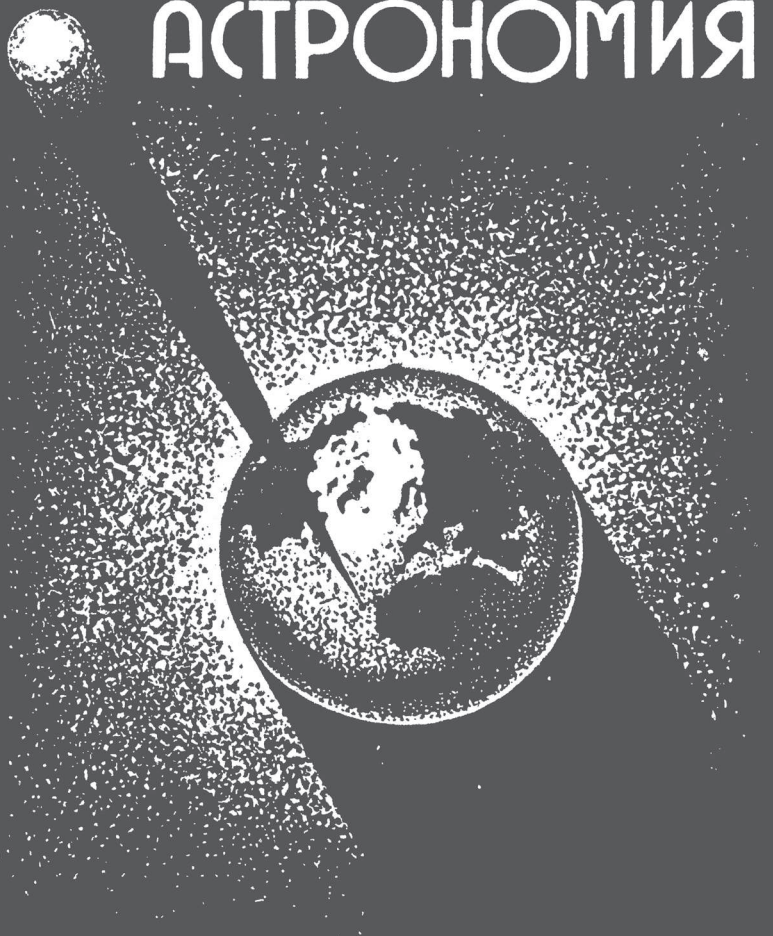
Классический европейский переплет выполнен
из натуральной кожи особой выделки растительного дубления.
Инкрустация кожаной вставкой с полноцветной печатью.
Тиснение блинтовое, золотой и цветной фольгой.
6 бинтов на корешке ручной обработки.
Использовано шелковое ляссе, золоченый каптал из натуральной кожи,
форзац и нахзац выполнены из дизайнерской бумаги Malmero
с тиснением орнамента золотой фольгой. Обработка блока
с трех сторон методом механического торшонирования
с нанесением золотой матовой полиграфической фольги горячим способом.
Оформление обложки пронумерованных экземпляров
разработано в ООО «Творческое объединение „Алькор“»

П27 **Перельман Я. Занимательная астрономия.** — Санкт-Петербург: СЗКЭО. 2024, — 592 с.: ил.
В сборник вошли пять книг замечательного популяризатора науки Якова Исидоровича Перельмана (1882–1942) — «Занимательная астрономия» (1938), «Далекие миры» (1919), «Ракетой на Луну» (1935), «К звездам на ракете» (1934) и «Межпланетные путешествия» (1935). Тексты в современной орфографии и (в некоторых случаях) с уточненными цифровыми данными приведены по соответствующим изданиям. 298 рисунков в этих книгах выполнили (в тесном контакте с самим Перельманом) штатный художник ленинградского издательства «Время» Юрий (Георгий) Дмитриевич Скалдин (1891–1951), художник Этнографического музея Георгий Борисович Ибах (1910–1938) и др.

ISBN 978-5-9603-1006-2(7БЦ)
ISBN 978-5-9603-1007-9 (Кожаный переплет)
© СЗКЭО, 2024

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ



ОНТИ — 1935

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.

Обложка воспроизводится по изданию:

Перельман Я. И. Занимательная астрономия. — Ленинград ; Москва : Онти. Глав. ред. юношеской и науч.-попул. лит-ры, 1935 (Ленинград : тип. им. Бухарина).

Текст и иллюстрации Ю. Д. Скалдина воспроизводятся по изданию:

Перельман Я. И. Занимательная астрономия / Под ред. проф. Б. А. Воронцова-Вельяминова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва ; Ленинград: ГОНТИ, Ред. научно-попул. и юнош. лит-ры, 1938 (Ленинград).

Предисловие

Астрономия — счастливая наука: она, по выражению Араго[1] , 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 откровений 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.

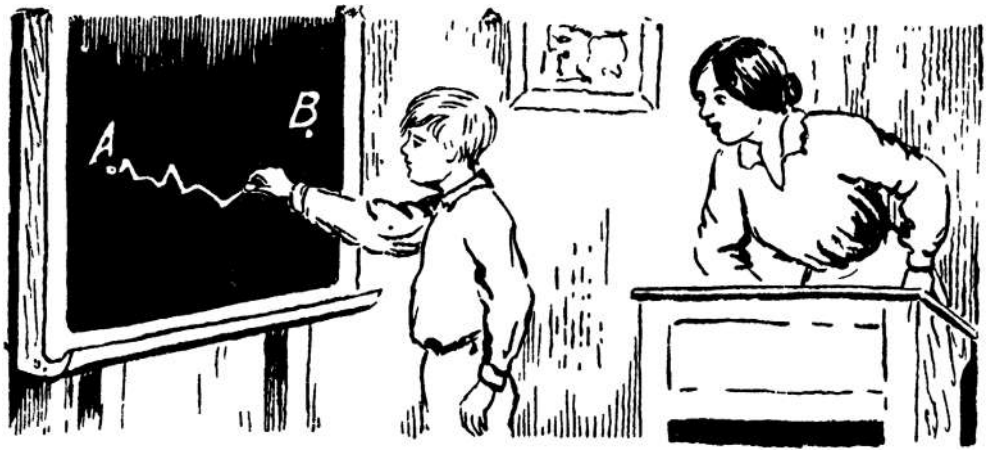
Популярным книгам нередко делают упрек в том, что по ним ничему серьезно научиться нельзя. Упрек до известной степени справедлив и поддерживается (если иметь в виду сочинения в области точного естествознания) обычаем избегать в популярных книгах всяких численных расчетов. Между тем читатель тогда только 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 подготовляют к чтению более серьезных сочинений.

В предлагаемый сборник вошли главы, относящиеся к Земле, Луне, планетам, звездам и тяготению, причем 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).



ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЗЕМЛЯ, ЕЕ ФОРМА И ДВИЖЕНИЯ

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 кружный путь из Японии к Панамскому каналу короче прямой линии, проведенной между ними на той же карте!

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

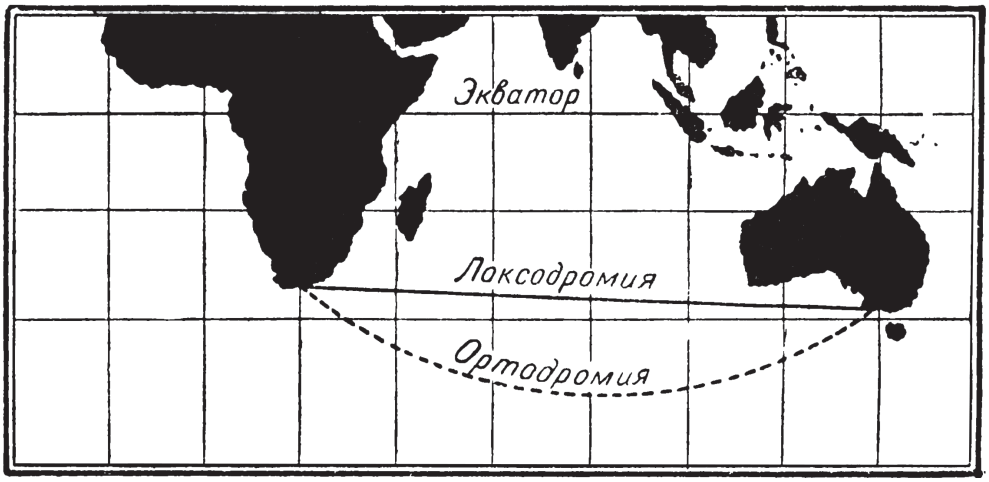


Рис. 1. На морской карте кратчайший путь от мыса Доброй Надежды до южной оконечности Австралии обозначается не прямой линией («локсодромией»), а кривой («ортодромией»)

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.

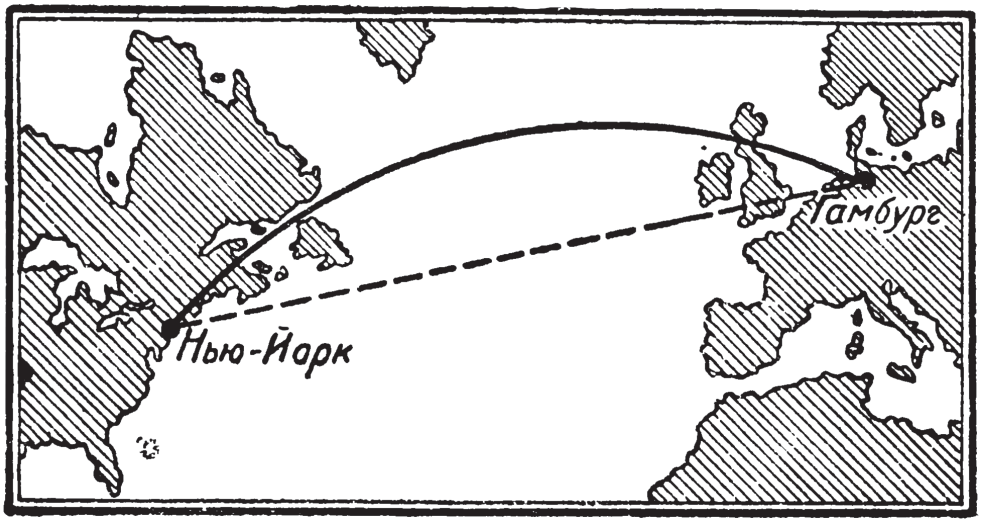


Рис. 2. Кратчайший путь на карте не всегда является кратчайшим на Земле. На этой карте (морской) кратчайший путь из Гамбурга в Нью-Йорк есть тот, который обозначен кривой линией

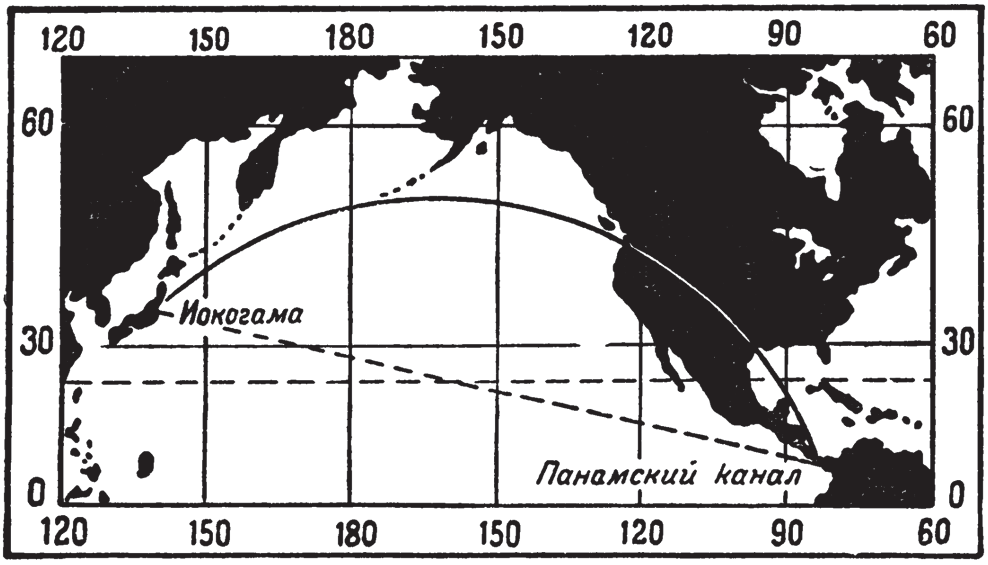


Рис. 3. Парадокс морской карты.
Кажется невероятным что криволинейный путь, соединяющий на морской карте Иокогаму с Панамским каналом, короче прямой линии, проведенной между теми же пунктами

Моряки пользуются картами, начерченными по способу старинного голландского географа XVI в., основателя научной картографии, Меркатора[1]. 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, лежащего 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 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* круга[2]. Но параллельный круг —

---

[1] *Герард Мерка́тор* (1512–1594) — фламандский географ и картограф, наиболее известный как автор картографической проекции, носящей его имя (*примеч. ред.*).

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

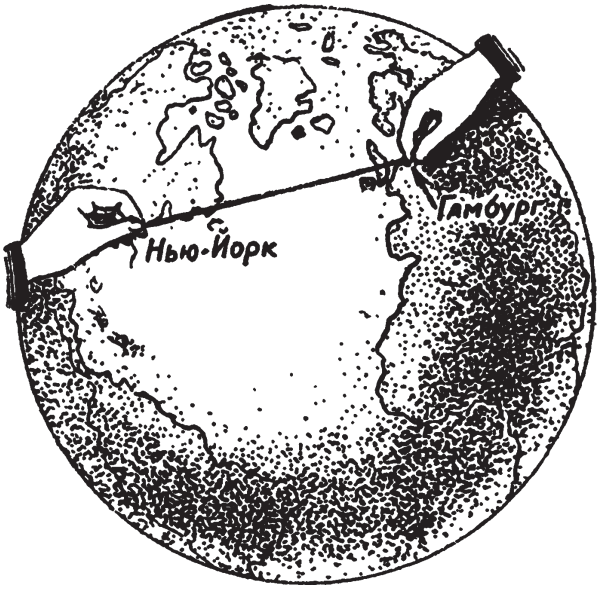


Рис. 4. Простой способ отыскания действительно кратчайшего пути из Гамбурга в Нью-Йорк: надо на глобусе натянуть нитку между этими пунктами

малый 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[1] велись нескончаемые споры о том, по какому пути ее проложить. Конец спорам положило вмешательство царя Николая I, который решил задачу буквально «прямолинейно»: соединил Ленинград[2] с Москвой по линейке. Если бы это было сделано на меркаторской карте, получилась бы конфузная неожиданность: вместо прямой дорога вышла бы кривой.

---

[1] Была переименована в Октябрьскую в 1923 г. (*примеч. ред.*).

[2] Ныне Санкт-Петербург; здесь и далее в тексте — в редакции Я. П. (*примеч. ред.*).

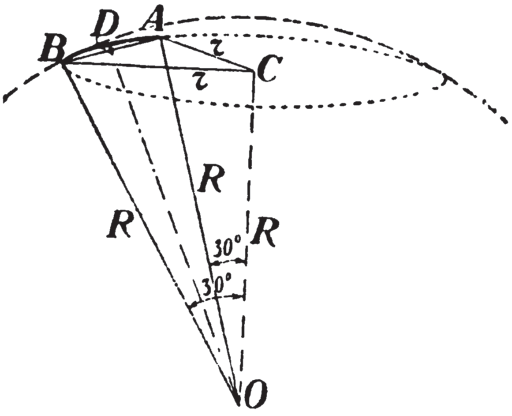


Рис. 5. Вычисление расстояний между точками A и B на шаре по дуге параллели и по дуге большого круга

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°. 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. 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

$$AB = \frac{1}{6} \times \frac{40\,000}{2} = 3333 \text{ км}.$$

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* = ½*AB* и *OA* = *R*.

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

Отсюда находим (по таблицам):

$$\angle AOD = 14°28',5$$

и, следовательно,

$$\angle AOB = 28°57'.$$

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°57′ = 1737′ ≈ 3213 км.

Мы узнали, что путь по кругу широты, изображенный на морской карте прямой линией, составляет 3330 км, а путь по большому кругу — кривой на карте — 3210 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 6020 миль,

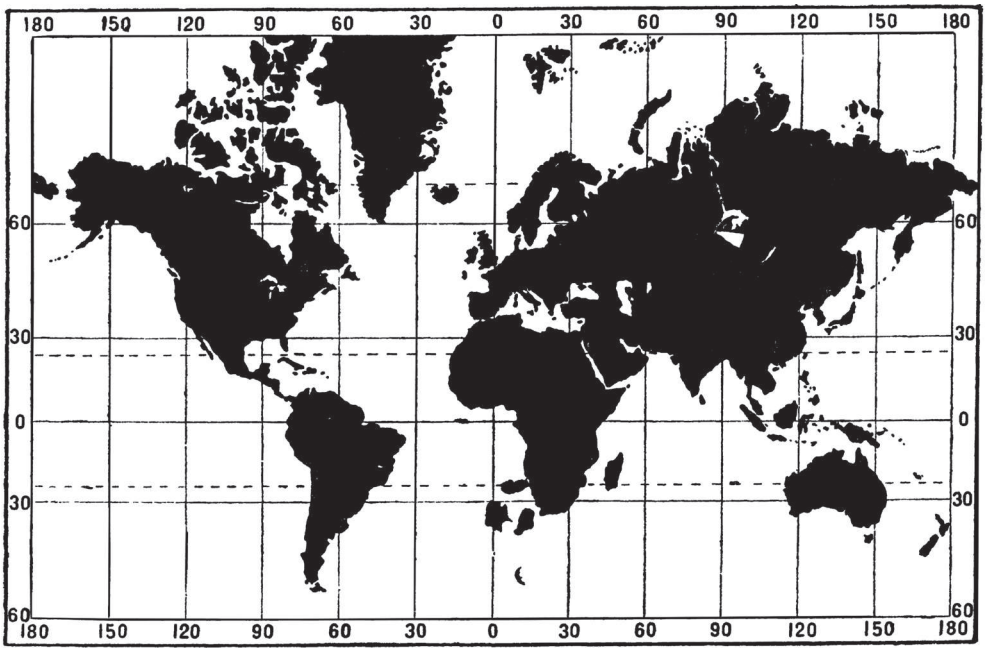


Рис. 6. Морская, или меркаторская, карта земного шара.
Этот способ изображения сильно преувеличивает размеры контуров, удаленных от экватора. Что, например, больше: Гренландия или Африка? (Ответы — в тексте)

а «кривой» — 5450 миль, т. е. короче на 570 миль, или на 1050 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, незнакомому 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 направления, 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 другу[1]. 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

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

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°,50. Между тем, чтобы довести судно до того же конечного пункта кратчайшим путем (по «ортодромии»), приходится, как видно из рисунка, непрерывно менять курс: начать с *S* 42°,50, а кончить курсом *S* 39°,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.

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

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 оттуда 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 Пруткова 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 вдали?.. 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 юг[1].

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 7/24 суток. Но после *какого* полудня и, прежде всего, 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 вовсе не всегда одинаков: Солнце приходит на указанную линию то немного раньше, то позже. Регулировать часы по этому «истинному полудню» невозможно;

[1] Во время печатания книги славные советские полярники осуществили это на деле. [Я. П. имеет в виду дрейфующую станцию «Северный полюс-1» под руководством И. Д. Папанина, высадившуюся на лед 21 мая 1937 года (*примеч. ред.*).]

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[1].

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

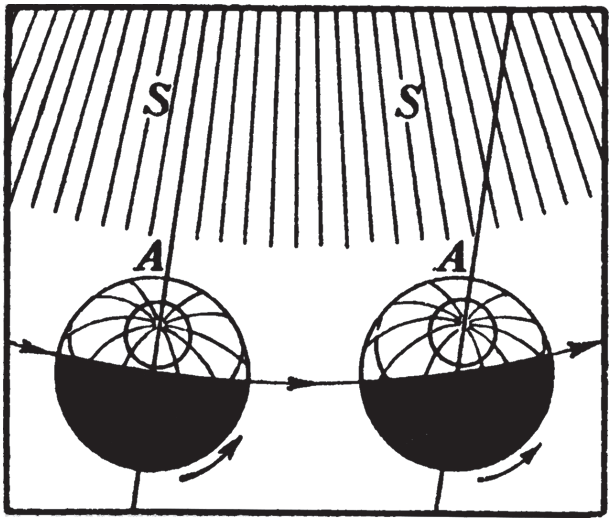


Рис. 7. Почему солнечные сутки длиннее звездных? (Подробности в тексте)

[1] Текст написан в 1929 году (*примеч. ред.*).

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

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

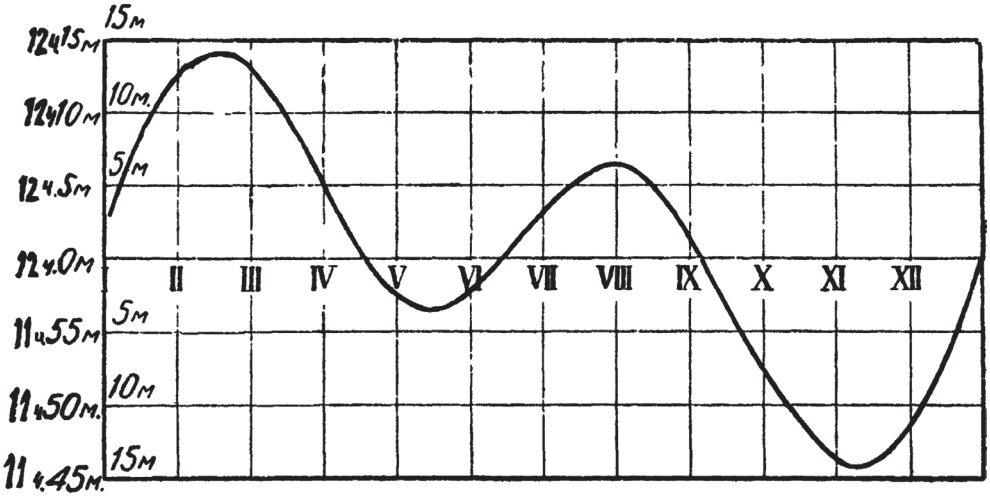


Рис. 8. Эта кривая показывает, как велико в тот или иной день расхождение между истинным и средним солнечным полднем. Например, 1 апреля в истинный полдень верные механические часы должны показывать 12 ч. 5 м. Иными словами, кривая показывает среднее время в истинный полдень

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[1]), обусловливает то, что истинное и среднее солнечное время в разные дни расходятся между 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 СССР 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 вокзала[2].

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 солнечное время («главное» время), которое отвечает времени среднего *меридиана данного пояса*. На всем земном

---

[1] Другая причина состоит в том, что ось вращения Земли наклонена к плоскости ее орбиты (*примеч. ред.*).

[2] В настоящее время в России все железнодорожное движение ведется по московскому времени (*примеч. ред.*).

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 времени[1].

К этим трем родам времени — 1) истинному солнечному, 2) среднему местному солнечному и 3) поясному — надо прибавить четвертый, употребляемый только астрономами. Это — 4) «звездное» время, исчисляемое по упомянутым 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 (*примеч. ред.*).

[2] По почину Я. И. Перельмана, предложившего этот законопроект.

[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. В целом за период 2011–2018 гг. декретное время фактически вернулось почти во все регионы РФ, отменившие его в 1988–2010 гг. (*примеч. ред.*).]

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 сослужит ему прилагаемый чертеж (рис. 9). Вдоль левого 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.

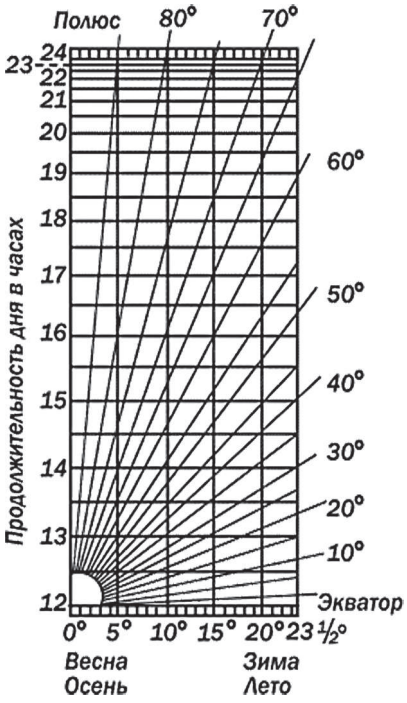


Рис. 9. Чертеж для графического определения продолжительности дня. (Объяснения в тексте)

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 следующей табличке:

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
+23½°	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
−23½°	22 декабря

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

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°. 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 14½, т. е. искомая продолжительность дня равна *примерно* 14 час. 30 мин. Говорим «примерно» потому, что чертеж не учитывает влияния так называемой «атмосферной рефракции» (см. стр. 38).

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 14½ часов. 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 – 14½ = = 9½ часов.

Мы можем вычислить также и момент восхода Солнца. Разделив 9½ пополам, получим 4 ч. 45 мин. Зная из рис. 8, что 10 ноября часы в истинный полдень показывают 11 ч. 43 мин., узнаем момент восхода Солнца: 11 ч. 43 мин. — 4 ч. 45 мин. = 6 ч. 58 мин. Заход Солнца в этот день произойдет в 11 ч. 43 мин. + 4 ч. 45 мин. = 16 ч. 28 мин., т. е. в 4 ч. 28 мин.

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

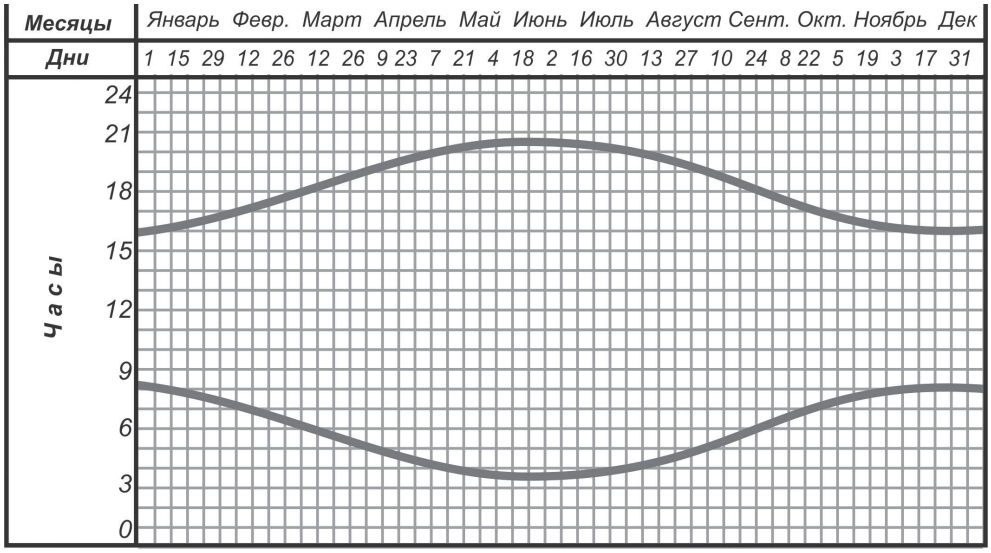


Рис. 10. График восхода и захода Солнца в течение года для 50-й параллели

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 составлен 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.

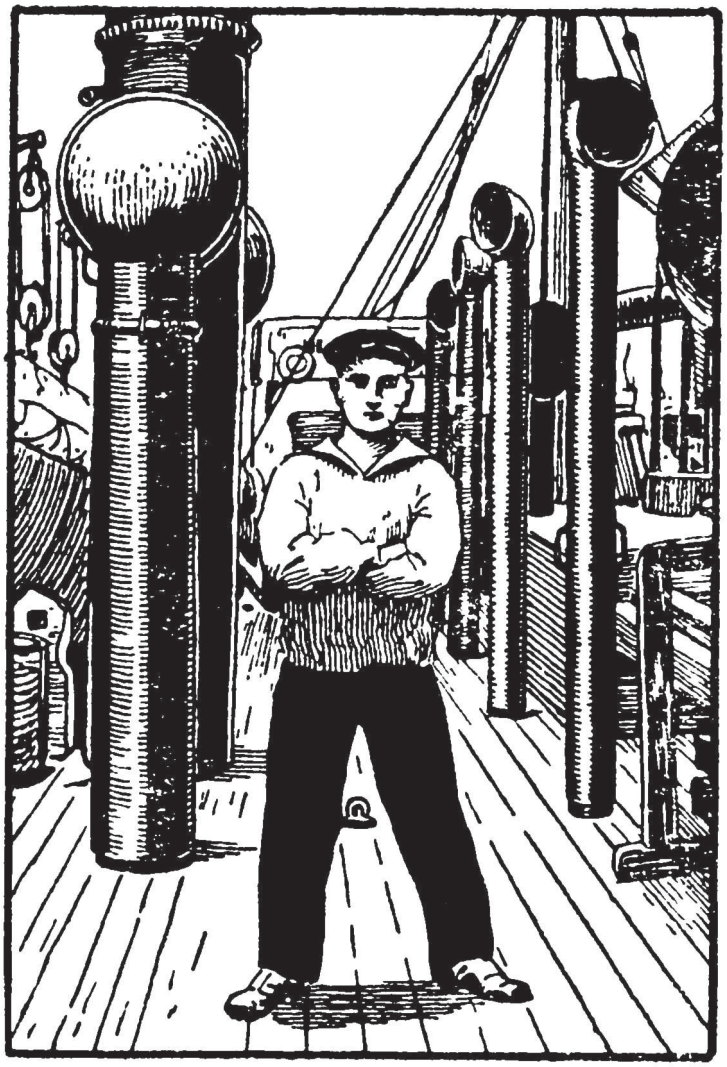


Рис. 11. Человек почти без тени.
Рисунок воспроизводит фотографию, снятую вблизи экватора

Необычайные тени

Рисунок 11, воспроизведенный на предыдущей странице, может показаться загадочным: человек при полном свете Солнца почти не отбрасывает тени, как герой фантастической 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 23½° северной широты). Спустя полгода, 22 декабря, Солнце стоит в зените всех мест, расположенных на 23½° 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 23½°. 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.

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.

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,

Рис. 13. Задача о двух поездах

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 $0{,}3\ \text{см/сек}^2 \times \cos 60° = 0{,}15\ \text{см/сек}^2$.

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[1].

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 высота 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.

---

[1] Здесь и далее Я. П. исчисляет вес и давление в тоннах (килограммах, граммах), хотя вес — это сила, а сила (в системе СИ, введенной в 1960 г.) измеряется в ньютонах, давление же — в паскалях. В данных случаях это вполне допустимо и в наши дни: мы до сих пор так поступаем во многих повседневных ситуациях — например, когда говорим, что «человек весит 60 килограммов» (*примеч. ред.*).

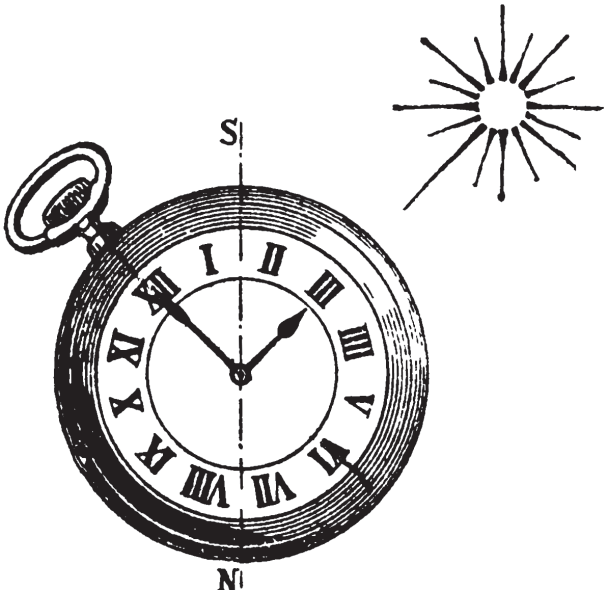


Рис. 14. Простой, но неточный прием определения сторон света с помощью карманных часов

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 бóльшую дугу. Значит, если в полдень часовая стрелка указывала на Солнце, то спустя некоторое время она опередит его, описав своим концом вдвое бóльшую дугу. Вот почему, разделив при указанном раньше положении циферблата пополам дугу, описанную стрелкой, мы должны найти 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 бóльшая или меньшая погрешность.

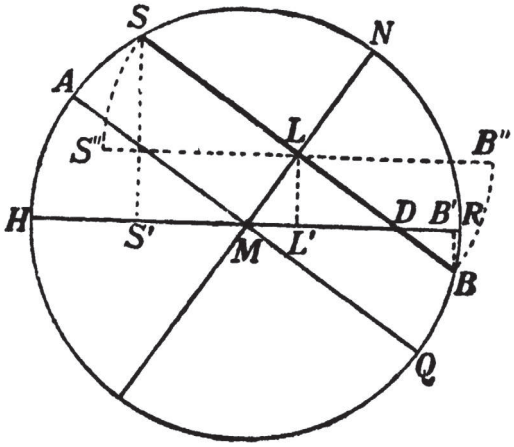


Рис. 15. Почему карманные часы в роли компаса дают неточные показания? (Сравни с рис. 16)

Обратимся к чертежу (рис. 15). Пусть наблюдатель расположен в точке *M*; точка *N* — полюс мира; круг *HASNBQ* (небесный меридиан) проходит через зенит наблюдателя и через полюс. На какой широте находится наблюдатель, легко определить: для этого достаточно измерить транспортиром высоту полюса над горизонтом *HR*; она равна широте места[1]. 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 бóльшая часть его лежит выше горизонта, и только незначительная часть (вспомним короткие летние ночи) находится под горизонтом. По этим кругам Солнце ежечасно 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

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

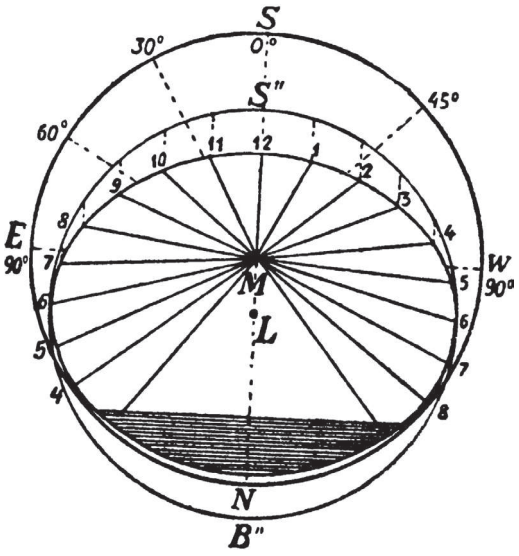


Рис. 16. Дополнение к рис. 15

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.

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 9½ ч.; в 30° от точки юга — не в 10 ч., а в 11 ч. В точку юго-запада (45° по другую сторону от S) Солнце является не в 3 ч. дня, а в 1 ч. 40 м.; на западе оно бывает не в 6 ч. вечера, а в 4½ ч. дня.

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.

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 17½°, — 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° (66½° – 17½°). 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[1], 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 Пудоже 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°42′ широты: здесь начинается царство полуночного Солнца. Еще севернее — с 67°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.

[1] Ныне Самара (*примеч. ред.*).

Страна черных дней — та же страна полуночного Солнца, только в другое время года. Где можно видеть незаходящее Солнце в июне[1], там в декабре господствует многосуточный мрак, обусловленный невосходящим Солнцем.

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 65½°, включающий все места нашего Союза севернее Полтавы, — имеет около времени летнего солнцестояния период непрерывных сумерек; *это пояс белых ночей*.

В третьем, узком поясе между 65½° и 67½° Солнце около 22 июня в течение ряда суток вовсе не заходит: *пояс полуночного Солнца*.

Для четвертого пояса, между 67½° и 83½°, 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 83½°. 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.

---

[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.

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.

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 меньше 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.

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[1], 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 обозначено 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

---

[1] *Карл Максимович Бэр* (Карл Эрнст Риттер фон Бэр Эдлер фон Хутхорн) (1792–1876) — российский естествоиспытатель немецкого происхождения, один из основоположников эмбриологии и сравнительной анатомии (*примеч. ред.*).

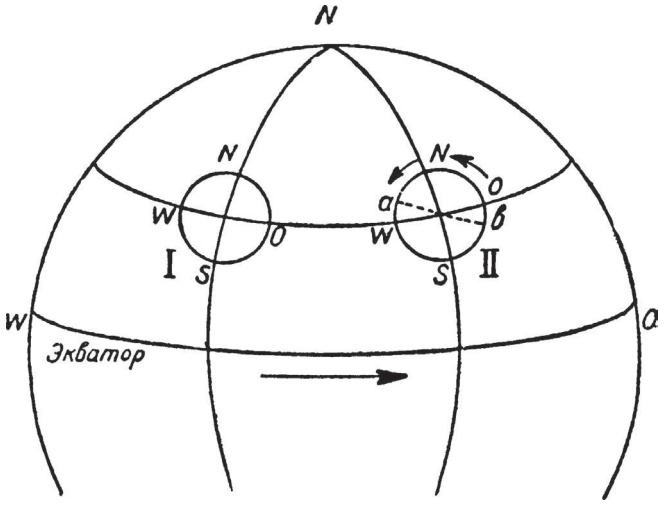


Рис. 17. Причина явления Бэра

меридиональным направлением — предрассудок. Правый берег Дуная высок и обрывист по той же причине, как и правый берег Днепра 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 отступание 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[1], 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.

[1] Был перенесен в 1634 г.; в 1925 г. Черный Яр был лишен статуса города и превращен в село (*примеч. ред.*).

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

Самое поучительное применение находят себе изложенные соображения в теории известного маятника Фуко[1]. Едва ли нужно на нем здесь останавливаться: я убежден, что читатель знаком с ним, а может быть и видел его в Ленинградском антирелигиозном музее (бывшем Исаакиевском соборе)[2].

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 бóльшую величину.

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: высотою 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

[1] *Маятник Фуко*, наглядно демонстрирующий вращение Земли, функционировал в Исаакиевском соборе с 1931 по 1986 г.; ныне демонтирован и хранится в подвалах собора. *Жан Бернар Леон Фуко* (1819–1868) — французский физик, механик и астроном, член-корреспондент Петербургской Академии наук, изобретатель гироскопа (*примеч. ред.*).

[2] С 1948 г. функционирует как музей «Исаакиевский собор»; с 1990 г. возобновлены церковные службы (*примеч. ред.*).

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 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 сравняются 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]

Три «если бы»

Слишком привычное уясняется нередко с бóльшим трудом, чем необычное. Особенности десятичной системы счисления, которой мы овладеваем 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 66½° (около ¾ прямого угла). Вы хорошо поймете значение этого факта лишь тогда, когда вообразите, что угол наклона иной, — составляет не ¾ 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 Жюля Верна «Вверх дном». Какие изменения вызвало бы это в привычном обиходе природы?

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.

[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 течение всего года восходит ежедневно в 6 часов местного времени. 5) В высоких широтах южного полушария июльский мороз и январский летний зной — обычные явления.

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. Зимою — 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 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

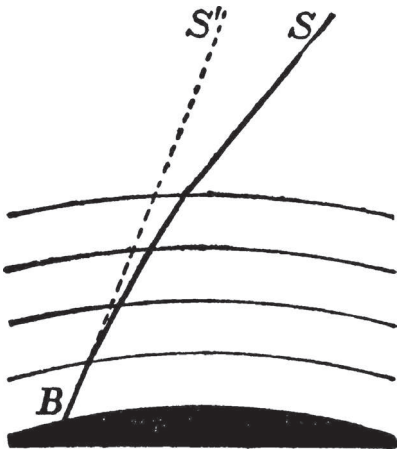


Рис. 18. Что такое атмосферная рефракция.
Луч, исходящий от светила S, пронзая земную атмосферу, преломляется в каждом ее слое и искривляется. Вследствие этого наблюдателю B луч кажется вышедшим из точки S'. Явление это обусловливает видимое поднятие всех светил выше их геометрического положения

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.

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

Сделаем теперь мысленно другую перемену: придадим земной оси наклон в половину прямого угла. В 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 23½°): 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. Зимою, 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.

Если бы земная ось лежала в плоскости орбиты

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

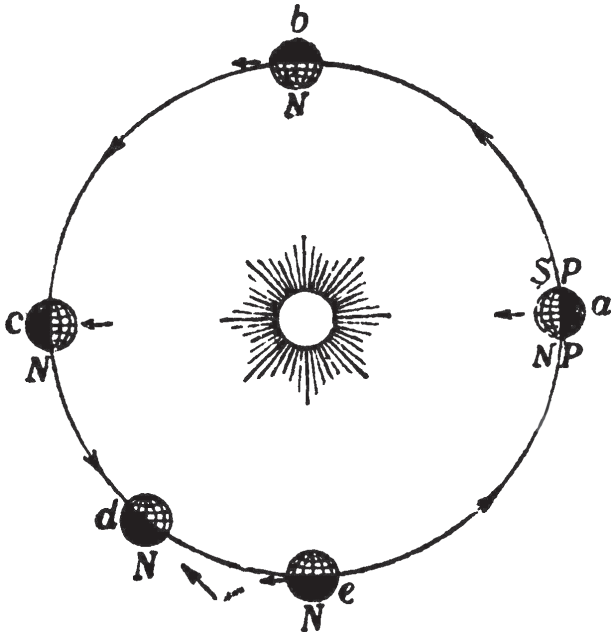


Рис. 19. Как двигался бы земной шар вокруг Солнца, если бы ось вращения Земли лежала в плоскости ее орбиты

сумерки, или же Солнце кружилось бы несколько суток на самом горизонте. В остальное время года на полюсах царила 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 явятся 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 «*лежачем*» 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»*.

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, запечатлевается у многих на всю жизнь: они остаются в убеждении, что орбита Земли — заметно растянутый эллипс. Это вовсе не так: земная орбита отличается от круга настолько 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, которою 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. Разыскивают фокусы так (рис. 21):

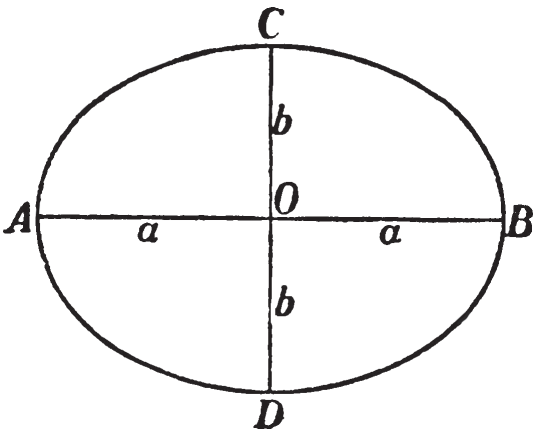


Рис. 20. Эллипс и его оси — большая (AB) и малая (CD).
Точка O — центр эллипса

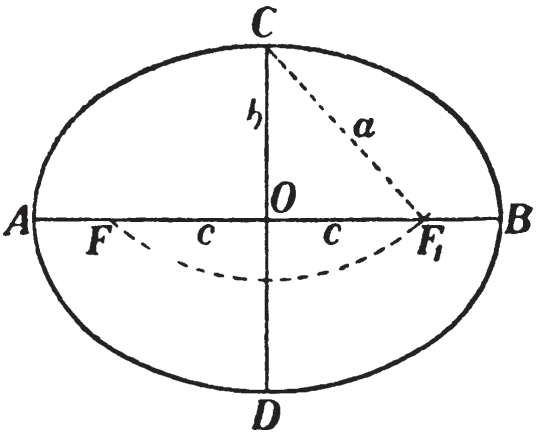


Рис. 21. Как разыскать фокусы (F и F_1) эллипса; a = большой полуоси

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 2*a* и 2*b*. Расстояние *c*, отнесенное к длине *a* большой полуоси, т. е. дробь $\frac{c}{a}$, 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 измерять 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 ⅐ мм. Тонкая карандашная линия имеет толщину бóльшую, 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.)

Если бы путь Земли был вытянут сильнее

Вообразим же, что орбита Земли заметно вытянута, и фокус делит большую ее полуось пополам. Рис. 22 изображает эту новую орбиту. Земля попрежнему 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.

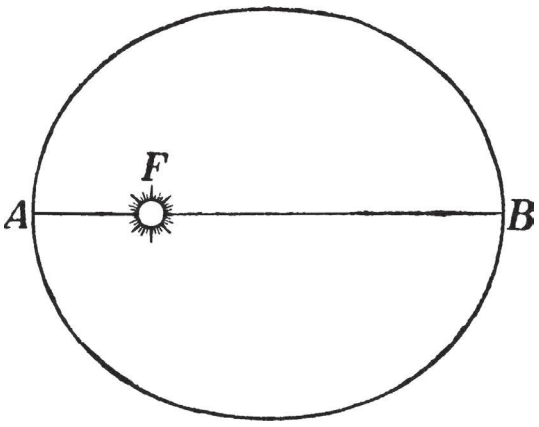


Рис. 22. Какой формы была бы орбита земного шара, если бы ее фокусы находились посредине больших полуосей. В фокусе F — Солнце

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 промчаться скоро, лето же, напротив, должно тянуться долго, как бы вознаграждая этим за скупо изливаемую 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

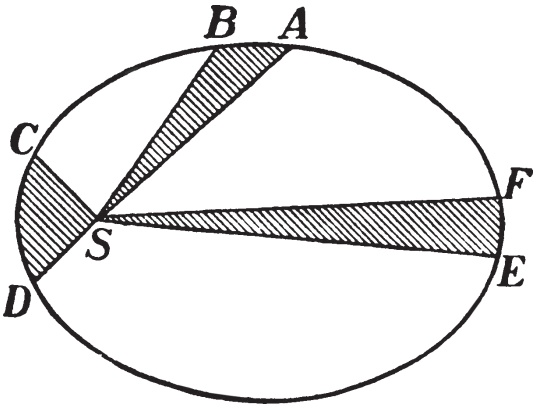


Рис. 23. Закон движения планет по орбите — второй закон Кеплера: если дуги AB, CD и EF пройдены планетой в одинаковые промежутки времени, то заштрихованные площади равны

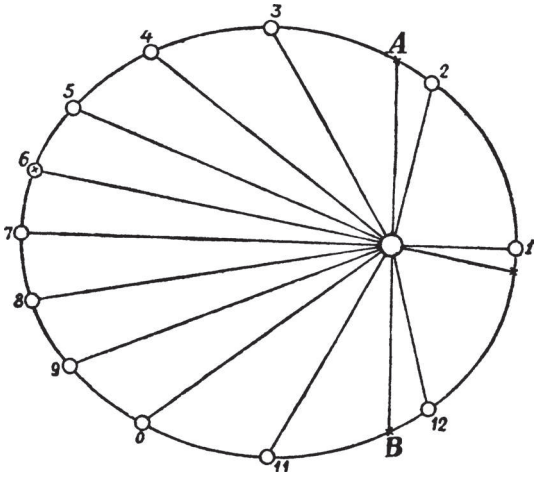


Рис. 24. Как двигался бы вокруг Солнца земной шар по сильно вытянутому эллипсу. Расстояния между соседними цифрами проходились бы в равные промежутки времени, именно — в один месяц: дуга 1–2 в январе, дуга 2–3 в феврале и т. д.

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.

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.

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 $2\times\frac{1}{60}$, т. е. на $\frac{1}{30}$, количество получаемого от него тепла возрастает поэтому в $\left(\frac{61}{59}\right)^2$ раз, т. е. на 6%. 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 весною настолько

же длиннее, чем в южном. Большее 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 19 ч.	Осень
Лето	93 суток 15 ч.	Зима
Осень	89 суток 19 ч.	Весна
Зима	89 суток 0 ч.	Лето

Вы видите, что северное лето длиннее зимы на 4,6 суток, а северная весна длиннее осени на 3,0 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 21 тысячу лет. Вычислено, что в 11 700 г. нашей эры указанное сейчас преимущество северного полушария Земли перейдет к южному.

Самый эксцентриситет земной орбиты не остается неизменным: его величина подвержена медленным вековым 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.

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 — 6400 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

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

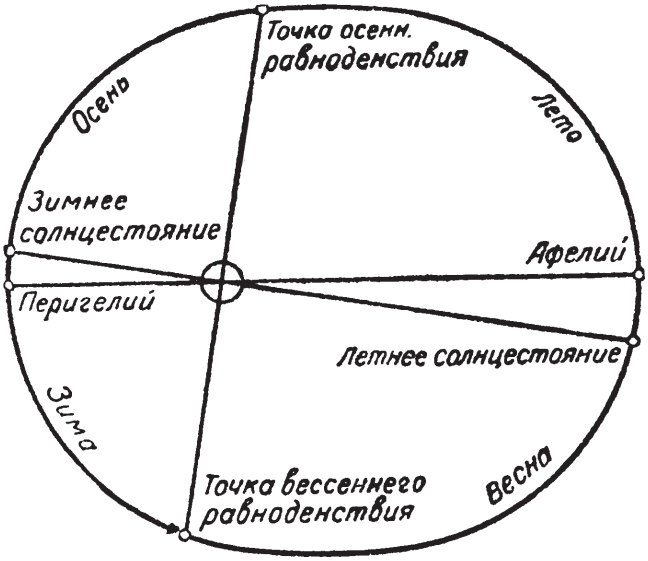


Рис. 25. Схематическое изображение пути Земли вокруг Солнца

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.

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.

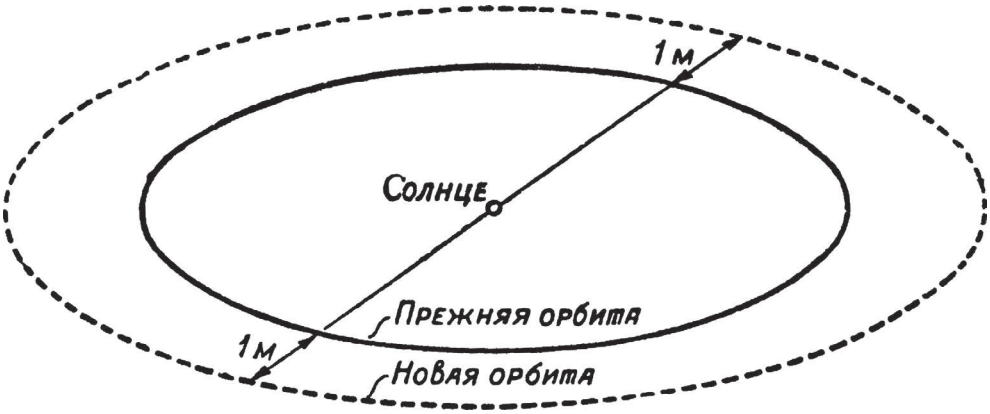


Рис. 26. На сколько удлинилась бы земная орбита, если бы наша планета удалилась от Солнца на один метр? (Решение дано в тексте)

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.

Итак, путь Земли около Солнца при увеличении расстояния на 1 м удлинился бы всего на 6¼ 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 5000-ю долю секунды — величину, конечно, неощутимую.

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.

Сделаем еще шаг: перенесемся мысленно на Солнце, захватив с собой сверхмощный телескоп, чтобы оттуда 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.

Первое перемещение равно 0,5 км. Второе за 10 секунд времени падения тела — равно на широте Москвы 0,3 × 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 — ½ 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

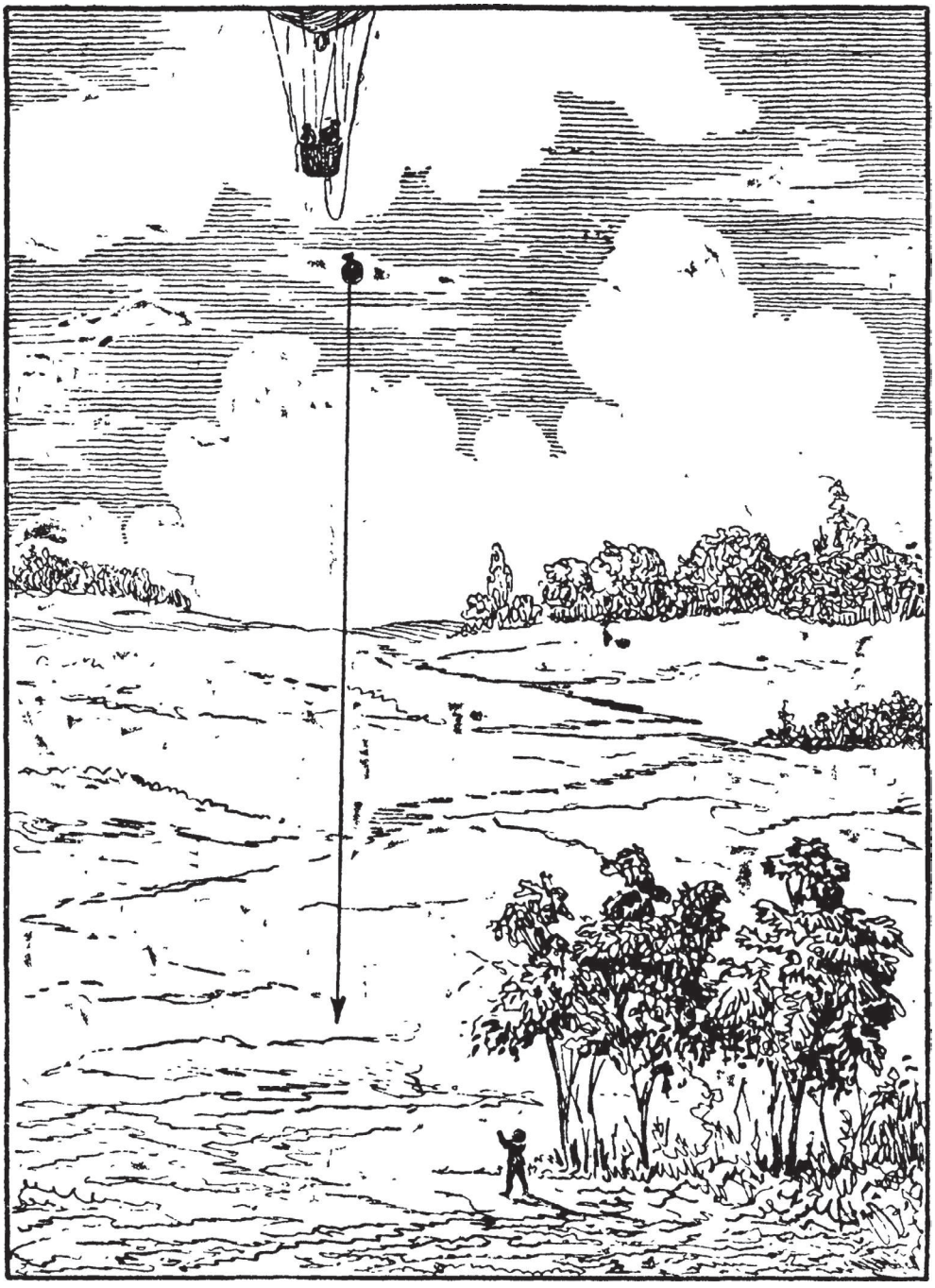


Рис. 27. Для земного наблюдателя путь свободно падающего тела — отвесная линия

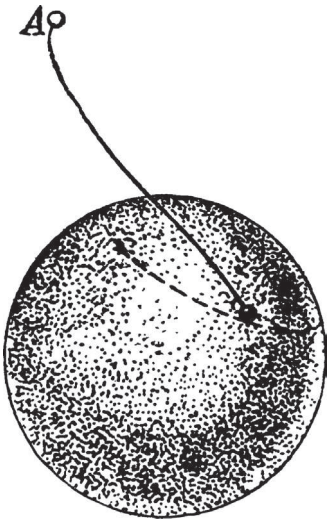


Рис. 28. Тот же путь представляется лунному наблюдателю искривленным

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

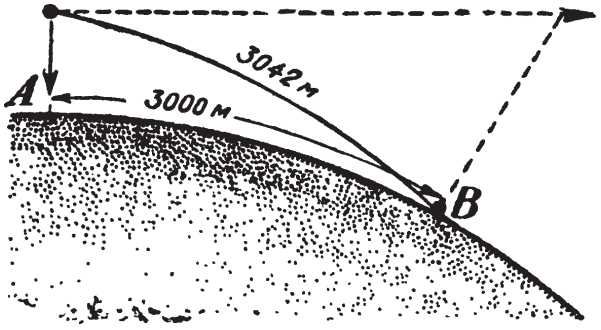


Рис. 29. Тело, свободно падающее на Землю, движется одновременно в направлении касательной к тому круговому пути, который описывают точки земной поверхности вследствие вращения земного шара

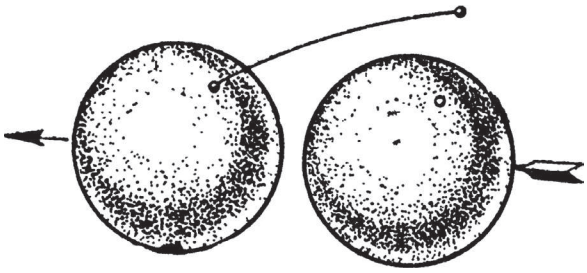


Рис. 30. Что видел бы солнечный наблюдатель, следящий с Солнца за отвесным падением тела на Землю, как показано на рис. 27 (масштаб не соблюден)

и, конечно, еще более усложнит его путь. С такой звезды движение падающего тела представилось бы нам в виде линии, отмеченной 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 новой 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 направлен

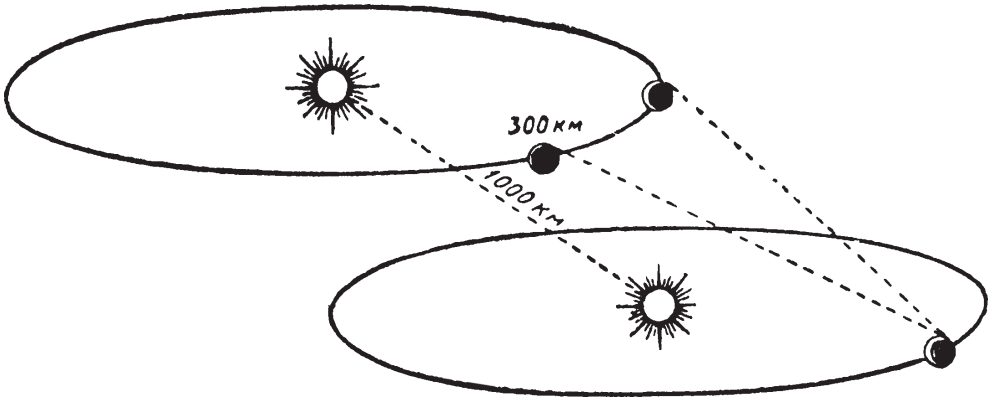


Рис. 31. Как представлялось бы падение тела на Землю наблюдателю, следящему за ним с отдаленной звезды

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 можно думать, что путь падения пули также заключен внутри этой прямой трубки и поэтому ниоткуда 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.

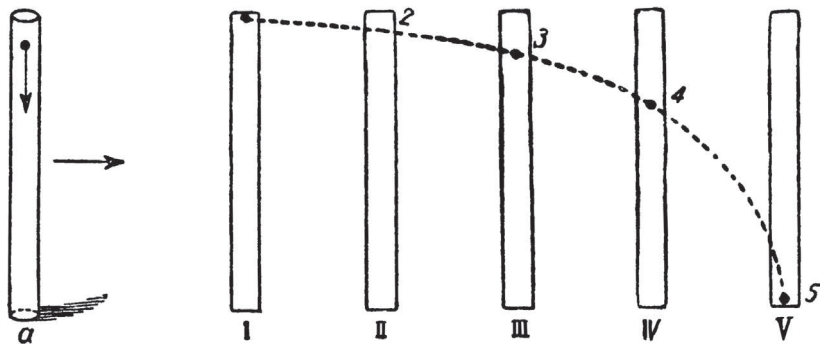


Рис. 32. Падение пули внутри отвесной трубы a — труба неподвижна. Далее — последовательные положения пули в трубе, которая находится в равномерном движении

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.

Неземное время

Вы час работали, час отдыхали. Одинаковы ли оба промежутка времени? Безусловно одинаковы, если они измерены с 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 предуказанного, 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 ⅙ 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 уклонения.

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).

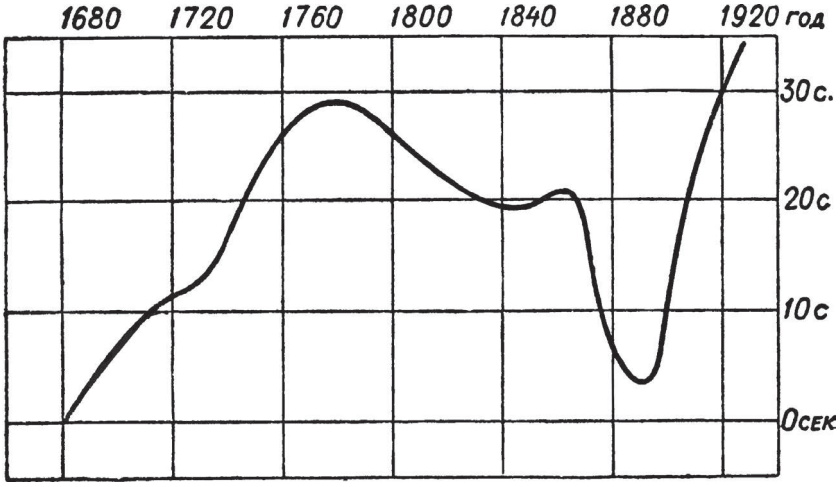


Рис. 33. Эта кривая показывает, как изменялась продолжительность земных суток с 1680 г. по 1920 г. Подъемы кривой отвечают удлинению суток, т. е. з а м е д л е н и ю вращения Земли; понижения соответствуют ускорению вращения

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. разницы 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 шара[1] и т. п. Здесь возможны важные открытия в будущем, когда явление это получит всестороннее освещение.

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 смены даты»; 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, январи, феврали; 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

[1] Изменение длины земного диаметра может ускользнуть от непосредственных измерений, так как величина эта известна лишь 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.

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 бóльшим 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:

«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...

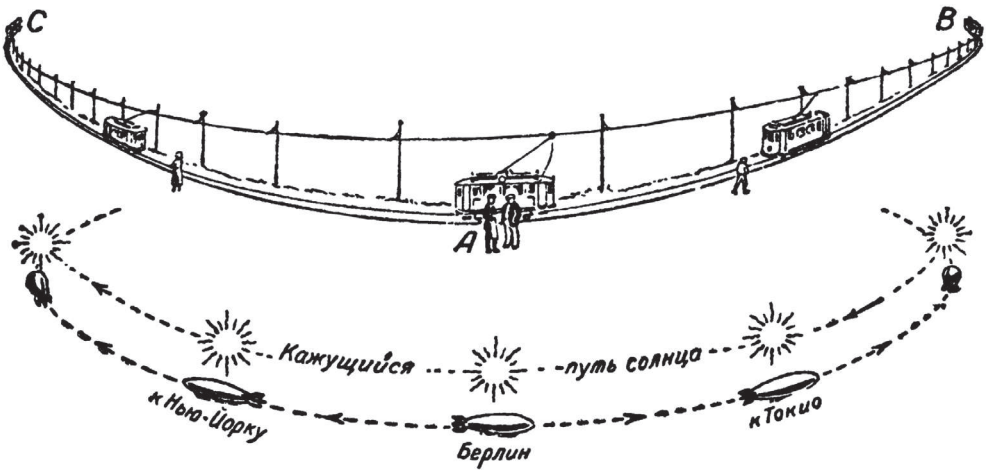


Рис. 34. Пояснение календарной загадки.
На верхнем рисунке мы видим двух пешеходов, беседующих у трамвайной остановки А. Каждые 6 минут отходит трамвайный вагон из В и направляется к С. Что, однако, произойдет, если беседующие разойдутся в разные стороны: один к В, другой — к С? Первый идет н а в с т р е ч у трамваю и потому встретит вагон р а н ь ш е, чем через 6 минут, — скажем, минуты через 4. Другой идет в сторону движения трамвая, и потому вагон нагонит его п о з ж е, 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)

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 отправлявшийся, объявил, что воскресенье — сегодня.

Теперь понятно, почему участники знаменитого воздушного (на дирижабле «Цеппелин») кругосветного путешествия 1929 г., перелетая над Великим океаном, считали дважды один и тот же день. В немецких журналах это было пояснено наглядно с 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 сторону 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 «Цеппелина» (1929 г.) находившийся на борту представитель печати никак не мог понять, почему в течение 20-дневного путешествия пассажиры садились к обеденному столу 21 раз...

Сколько понедельников в феврале?

Задача

За рубежом сохранилась еще семидневная неделя[1]. 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.

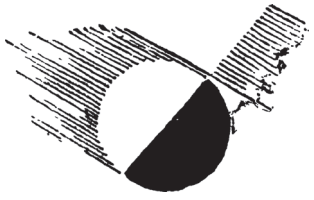
Решение

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 понедельник[2]; 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 — нуль.



[1] С 1 октября 1929 г. по 26 июня 1940 г. в СССР действовал «революционный календарь», неделя в котором состояла из пяти дней; с 1 декабря 1931 г. этот календарь был частично отменен (*примеч. ред.*).

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

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЛУНА И ЕЕ ДВИЖЕНИЯ

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.

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

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

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.

Луна на флагах

Задача

На рис. 36 перед вами флаг Турции[1]. На нем имеется изображение лунного серпа и звезды. Это наводит нас на следующие вопросы:

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

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

[1] Современный флаг Турции выглядит иначе (*примеч. ред.*).

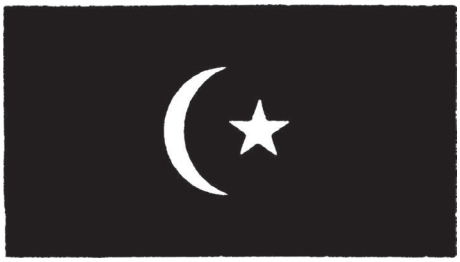


Рис. 36. Турецкий флаг

Решение

1. Вспомнив указанную только что 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 гораздо дальше Луны и, следовательно, должны ею заслоняться. Их можно видеть только за краем неосвещенной части Луны, как показано на рис. 38. [1]

Рис. 37

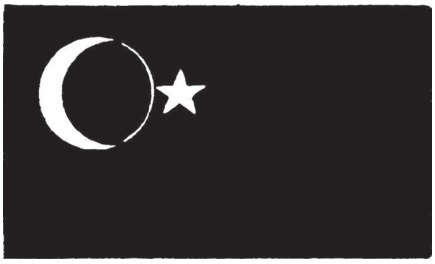


Рис. 38. Почему звезда не может быть видна между рогами месяца

Любопытно, что на флаге Египта, тоже содержащем изображение лунного серпа и звезды, она отодвинута от серпа именно так, как на рис. 38. [2]

---

[1] В наши дни эмблема на флаге Турции в целом выглядит именно так, как показано на рис. 38 (ее изменили в первой половине XX века по требованию астрономов). Но несообразность осталась: тень такой формы и положения на Луну не может отбрасывать ни один реальный космический объект (*примеч. ред.*).

[2] Флаг Египта, который описывает автор, был государственным с 1793 по 1844 гг. (*примеч. ред.*).

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 забывают. На выставках картин не редкость увидеть ландшафт с полумесяцем, обращенным к Солнцу своей прямой стороной; попадается 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. 40в). Между тем полукруглую форму имеет только наружная дуга, внутренняя же представляет собою *полуэллипс*, потому что это — полукруг (граница освещенной части) *в перспективе* (рис. 40а).

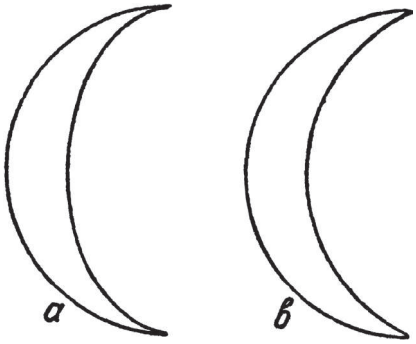


Рис 40. Как надо (а) и как не надо (в) изображать лунный серп.

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 правило 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.

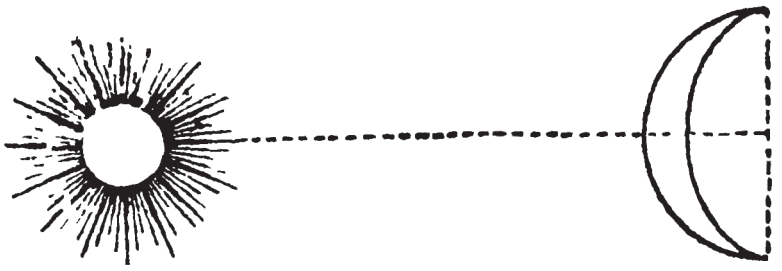


Рис. 41. Положение лунного серпа относительно Солнца.

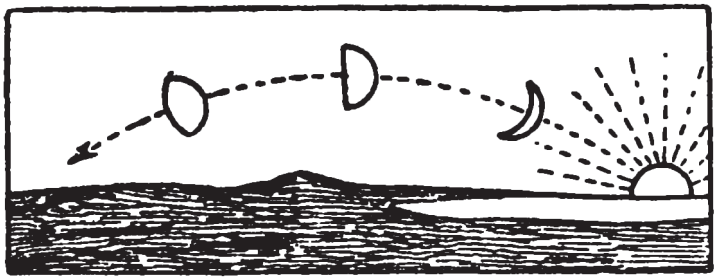


Рис. 42. В каком положении относительно Солнца мы видим Луну в разных фазах

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.

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 ⅛₁ массы Земли; между тем самый тяжелый из спутников, какой существует в солнечной системе, — III спутник Юпитера — составляет менее10 000-й доли массы своей центральной планеты.

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

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 (Ганимед)	0,00008
Сатурн	Титан	0,00021
Уран	Титания	0,00003
Нептун	Тритон	0,00129

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 бóльших расстояниях: некоторые спутники Юпитера (например IX, рис. 43) кружатся в 65 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 13-ю долю своего годового пути, т. е. на 70 *миллионов* км. Представьте же себе круговой путь Луны — 2½ 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 13-ю едва заметными выступами и 13-ю легкими уплощениями. Можно доказать несложным

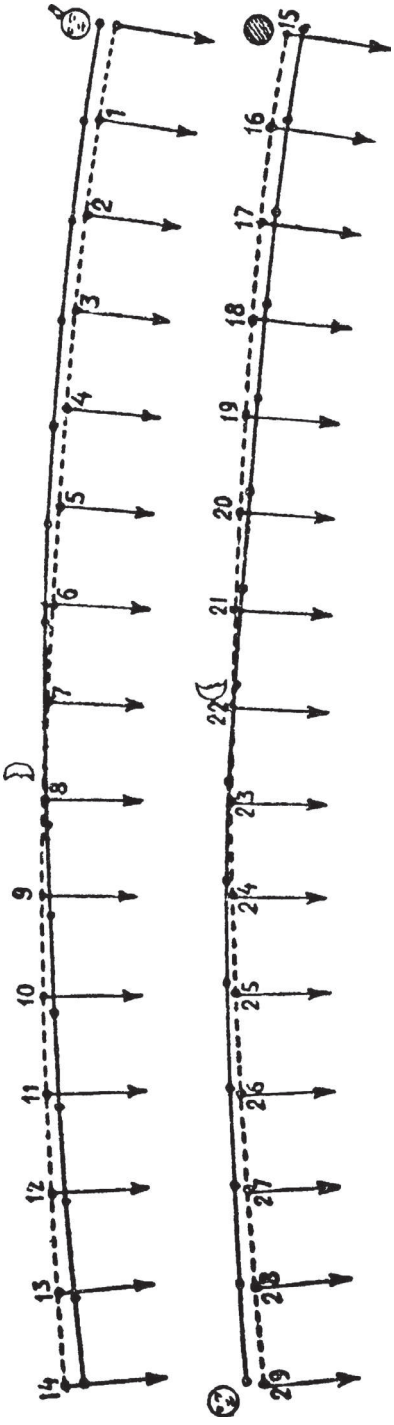


Рис. 44. Месячный путь Земли (пунктир) и Луны (сплошная линия) вокруг Солнца

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 тринадцатиугольник с мягко округленными углами.

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 взять очень крупный масштаб чертежа: поперечник земной орбиты здесь равен ½ м. Если бы взять для него 10 см, то наибольшее расстояние на чертеже между обоими путями было бы меньше толщины изображающих их линий. Смотря 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 справедливо[1].

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.

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 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.

[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.

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[1] и обращается вокруг Солнца под действием солнечного притяжения.

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.

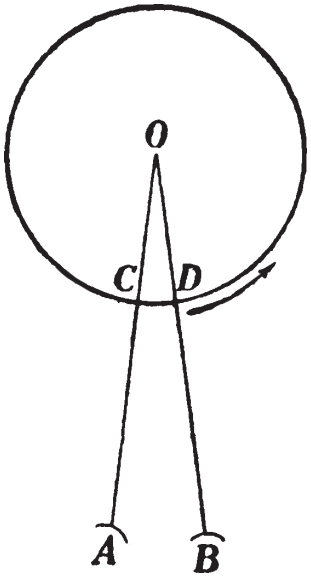
Но как трудно получить подобную стереоскопическую фотографию нашего спутника — многие даже не подозревают. Для изготовления ее надо быть хорошо знакомым с особенностями капризных движений ночного светила.

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 удаление[2]. 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 шара (6400 км); тогда точка лунного диска, центральная на одном

[1] Этот центр называется «барицентром» и находится на расстоянии ⅔ земного радиуса от центра Земли по направлению к Луне; Луна и центр Земли обращаются вокруг барицентра, совершая один оборот в течение месяца (*примеч. ред.*).

[2] 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, равного земному радиусу (масштаб не соблюден). Угол O равен поэтому примерно 1°



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, причем 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 ¼ площади эллипса, т. е. площади *MABCD* (равенство площадей *OAE* и *DMA* на нашем чертеже подтверждается приблизительным 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 ¼ месяца она поворачивается ровно на 90°. Поэтому, когда Луна оказывается в *E*, центральный радиус Луны опишет дугу больше, чем

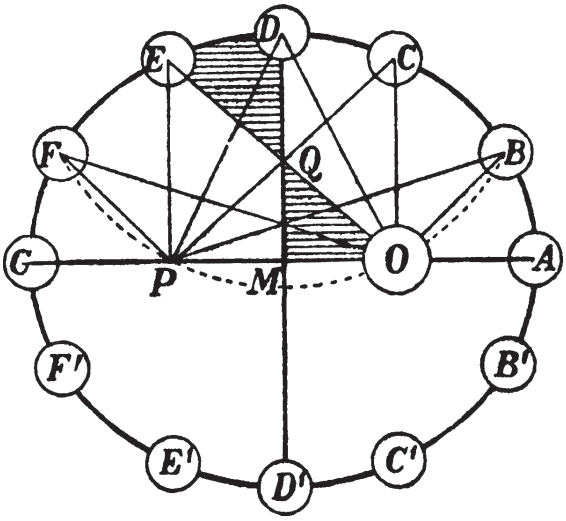


Рис. 46. Как Луна обходит вокруг Земли по своей орбите. (Подробности в тексте)

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 *OFP* 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°53′, т. е. почти 8°.

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 *OFP*, 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 6½°. Поэтому мы видим Луну с Земли в одних случаях чуть с юга, в других — с севера, заглядывая немного в «невидимую» половину Луны через ее полюсы. Эта либрация по широте достигает 6½°.

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, 1½–2 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*.

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 изготовлять 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 спутника[1]. Благодаря обеим лунным либрациям, мы видим в общем не половину всей лунной поверхности, а 59% ее. Совершенно недоступной нашему зрению остается 41%. Как устроена эта часть поверхности Луны, никто не знает; можно лишь догадываться, что она ничем существенно не отличается от видимой. Делались остроумные

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

попытки, 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 «Межпланетные путешествия»). До осуществления этого смелого предприятия сейчас еще далеко[1]. Пока известно одно: высказываемая нередко мысль о существовании атмосферы и воды на этой невидимой стороне Луны совершенно необоснована 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.

Вторая Луна и луна Луны

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.

Вопрос о существовании второго спутника Земли не нов. Он имеет за собой длинную историю. Кто читал роман Жюля 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 8140 км. Любопытно, что солидный английский журнал «Знание» в статье об астрономии у Жюля 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 —

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

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 частыми 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 Мультон 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».

Почему на Луне нет атмосферы?

Вопрос этот принадлежит к тем, которые уясняются, 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. Истощив энергию 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? Нетрудно 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/сек^2, 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 (из углекислого газа деятельностью растений). 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 б 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 секундною скоростью в ½ 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 1300–1400 м/сек. Небольшая часть (меньше миллионной доли) молекул имеет скорость 3500 м/сек, а эта скорость достаточна, чтобы молекулы могли взлететь даже на высоту 600 км. Действительно,

$$3500^2 = 20h, \text{ откуда } h = \frac{12\,250\,000}{20}, \text{ т. е. свыше 600 км.}$$

Становится понятным присутствие частиц кислорода на высоте сотен километров над земной поверхностью: это вытекает из молекулярного строения газов[1]. Молекулы кислорода, азота, водяного пара, углекислого газа не обладают, однако, скоростями, которые позволили бы им совсем покинуть земной шар.

[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 триллионы столкновений, как бы пронизывает всю толщу атмосферы.

Для этого нужна скорость не меньше 11 км в секунду, а подобными скоростями при невысоких температурах 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 силы тяжести на Луне в 6 раз слабее, чем на Земле; соответственно этому скорость, необходимая для преодоления там силы тяжести, тоже меньше и равна всего 2360 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 2360 : 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 от предельной скорости.)

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 предприятия. 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 обусловливать ее отсутствие вообще на всех мировых телах со слабым напряжением силы тяжести: на астероидах и на большинстве планетных спутников.

Размеры лунного мира

Об этом, конечно, с полной определенностью говорят числовые данные: величина диаметра Луны (3500 км), поверхности, объема. Но числа, незаменимые при расчетах, бессильны дать то наглядное представление о размерах,

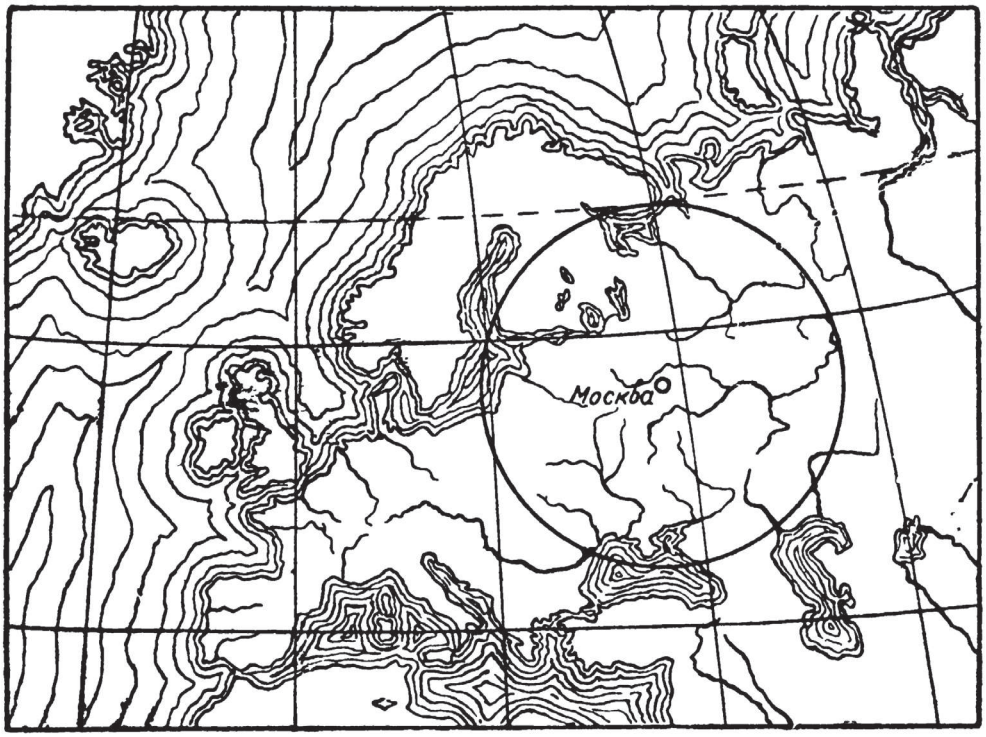


Рис. 47. Размеры лунного шара по сравнению с материком Европы.
(Не следует, однако, заключать, что поверхность Луны меньше поверхности Европы)

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 обращена 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 км^2), примерно в 2½ раза меньше Каспийского.

Зато среди кольцевых гор Луны имеются подлинные гиганты, каких нет на Земле. Например, круговой вал горы Гримальди охватывает поверхность бóльшую, нежели площадь Байкальского озера. Внутри этой горы могло бы

целиком поместиться небольшое государство, как Бельгия, Швейцария или даже Эстония.

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 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 кольцеобразную форму вала; к тому же 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 горизонта[2]:

$$D = \sqrt{2Rh},$$

где D — дальность в км, h — высота глаза в км, R — радиус планеты в км.

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

[1] В настоящее время все лунные кольцевые горы называют кратерами (*примеч. ред.*).
[2] О вычислении дальности горизонта см. мою «Занимательную геометрию», главу «Где небо с землею сходится».

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

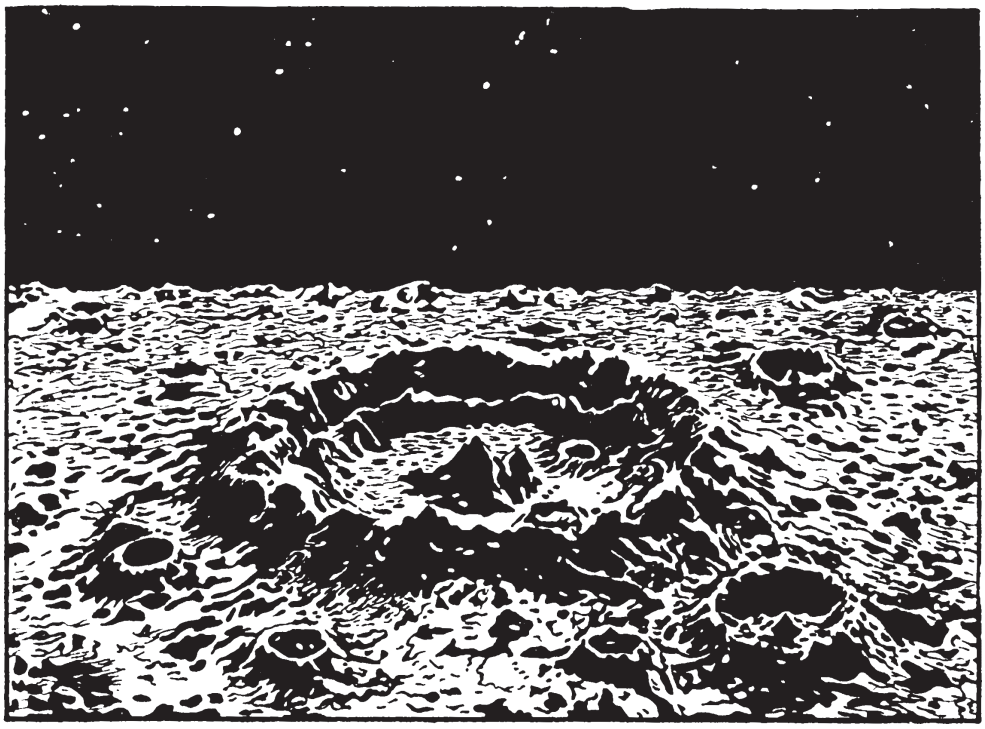


Рис. 49. Типичные кольцевые горы Луны

цирка — Архимеда.) Неправда 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.

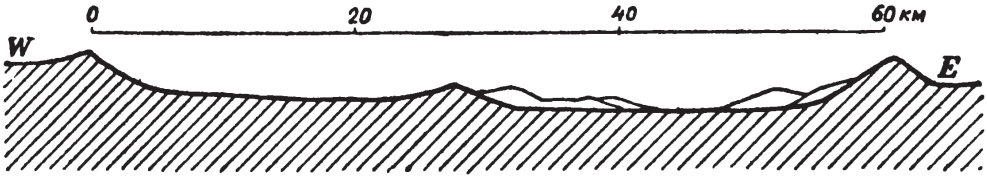


Рис. 50. Профиль большой кольцевой горы

Рис. 51. Какую картину увидел бы наблюдатель, помещенный в центре большой кольцевой горы на Луне

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

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 высотою всего в 30 м. Но то же обстоятельство заставляет нас преувеличивать неровности 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.

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

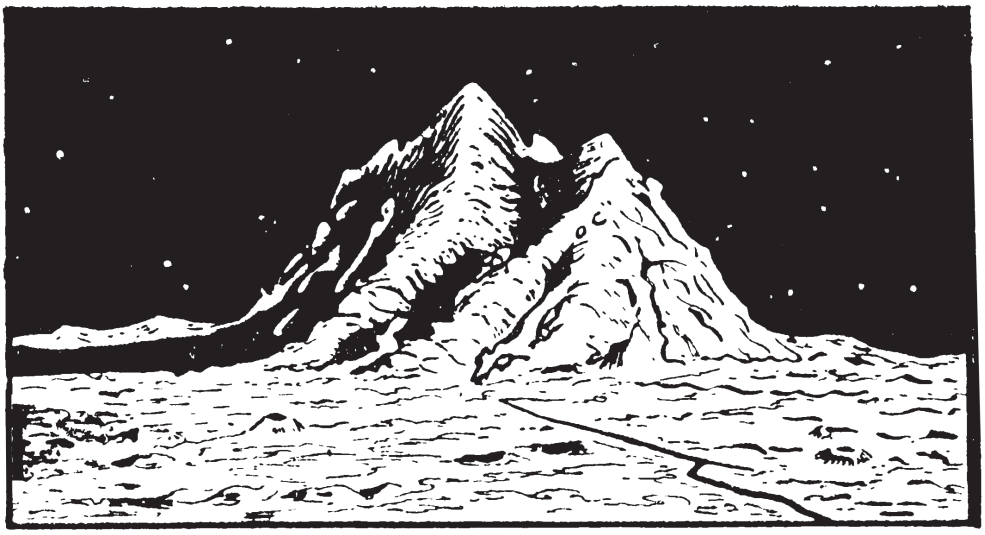


Рис. 53. Гора Пико кажется в телескоп крутой и острой (сравни рис. 54)

Но, наблюдая ее с лунной поверхности, вы увидели бы совсем иную картину, — то, что изображено на 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

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

Рис. 55. Так называемая «Прямая стена» на Луне; вид в телескоп

в этих местах у своих ног глубокую черную пропасть, простирающуюся 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 грандиозностью. 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).

Лунное небо

Черный небосвод

Если бы житель Земли мог очутиться на Луне[1], внимание его привлекли бы прежде других три необычайных обстоятельства.

[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. (*примеч. ред.*).

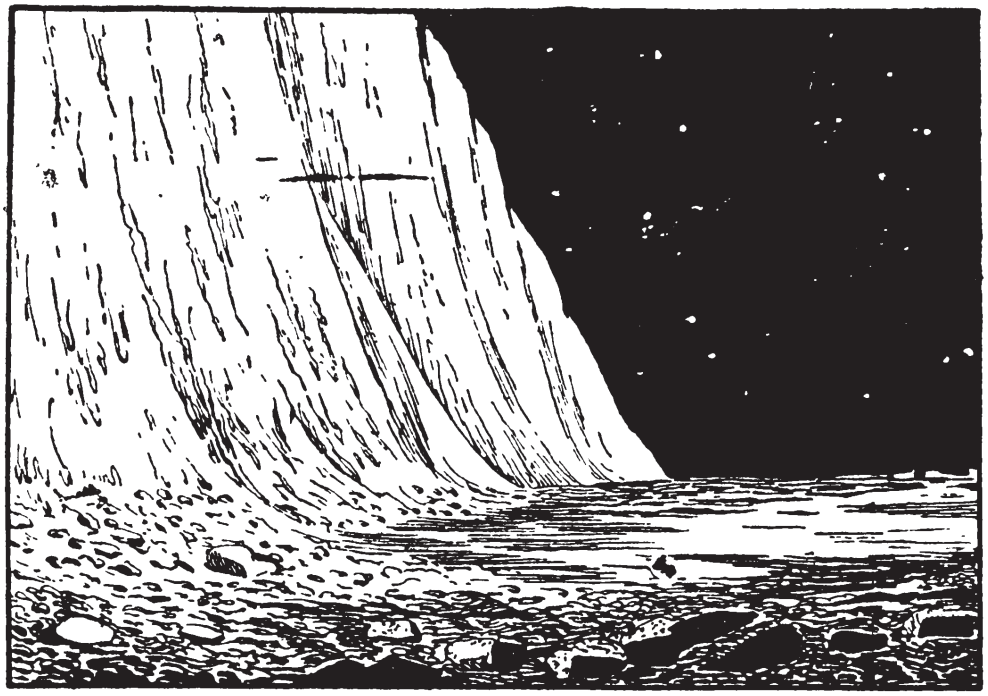


Рис. 56. Какой должна казаться «Прямая стена» наблюдателю, находящемуся близ ее основания

Сразу же бросился бы в глаза странный цвет дневного неба на Луне: вместо привычного голубого купола расстилался 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 Фламмарион 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 царила бы густая тень».

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

Достаточно некоторого разрежения атмосферы, чтобы голубой цвет неба заметно потемнел. Команда трагически погибшего советского стратостата «Осоавиахим»[1] 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.

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 *вверху*. Но это — одно из проявлений относительности понятий «верх» и «низ». Уже на нашей планете «верх» для москвича не тот, что для жителя Токио

[1] *«С-ОАХ-1»* («Осоавиахим-1») — стратосферный аэростат, построенный в Советском Союзе, на котором 30 января 1934 г. был установлен рекорд высоты: «ОАХ-1» впервые в мире сумел достичь высоты 22 км над уровнем моря. Полет завершился катастрофой при снижении. Стратонавты Федосеенко Павел Федорович (1898–1934), Васенко Андрей Богданович (1899–1934) и Усыскин Илья Давыдович (1910–1934) были посмертно награждены за этот полет орденами Ленина, высшей наградой СССР. Урны с прахом героев захоронены в Кремлевской стене (*примеч. ред.*).

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 вверху, 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 бóльшим 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 лунную[1]; поэтому свет полной Земли должен освещать Луну раз в 90 сильнее, чем полный 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? Распространено 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, со 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. Исследовавший этот вопрос пулковский астроном Г. А. Тихов пишет:

---

[1] *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 бы 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.

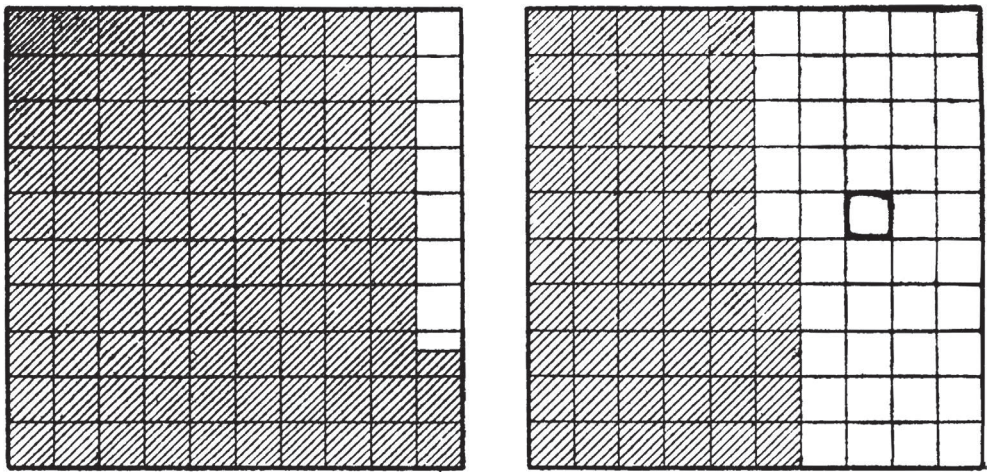


Рис. 58. Отражательная способность поверхности Луны (налево) и Земли (направо). Луна рассеивает 14-ю долю (семь белых клеток из ста) падающего на нее солнечного света, а остальные лучи поглощает. Земля же рассеивает 0,45 озаряющего ее света — в шесть с лишком раз больше, чем Луна

«Смотря на Землю из пространства, мы увидали бы диск цвета сильно белесоватого неба и едва ли различили бы какие-либо подробности самой поверхности[1]. 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 самою 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 со 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 — следствие уже рассмотренной нами особенности лунного движения, состоящей в том, что Луна обращена к Земле всегда одной

[1] В действительности на 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 очертания континентов (*примеч. ред.*).

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 27⅓ наших суток, вращение; Солнце обходит небо в 29½ суток; планеты совершают подобные же движения, и лишь одна Земля почти неподвижно покоится на черном небе.

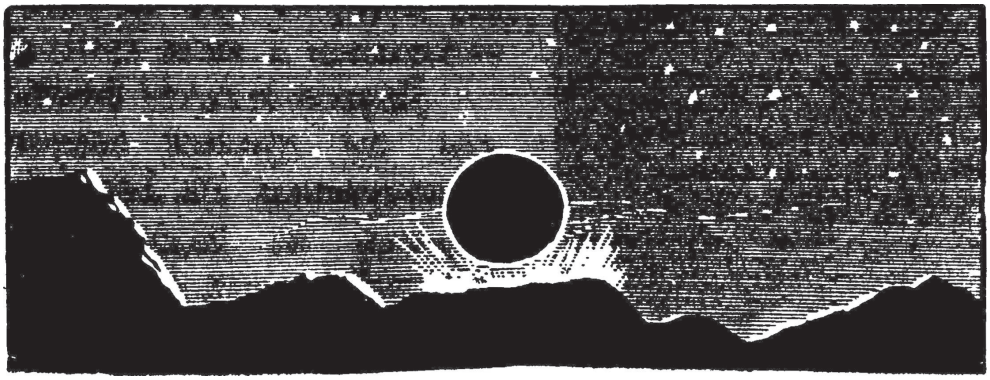


Рис. 59. «Новоземлие» на небе Луны.
Черный диск Земли виден в окружении яркой каймы из сияющей земной атмосферы

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 Солнца, 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 перекатывается 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 диска 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».

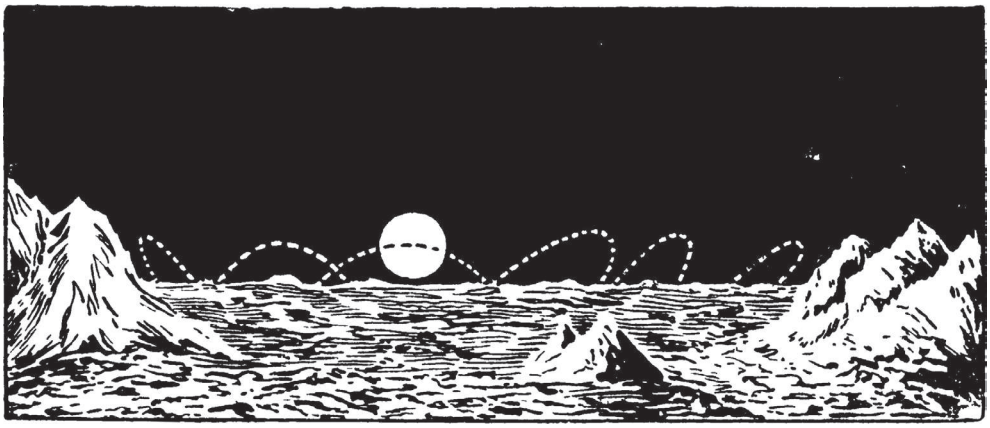


Рис. 61. Медленное появление Земли из-под лунного горизонта и ее исчезновение вследствие так называемой «либрации» Луны. Пунктирные линии — пути центра земного диска

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.

Затмения на Луне

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 эффектны. 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 случалось 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-то кайма и освещает кровавым светом погруженную в тень Луну (рис. 62).

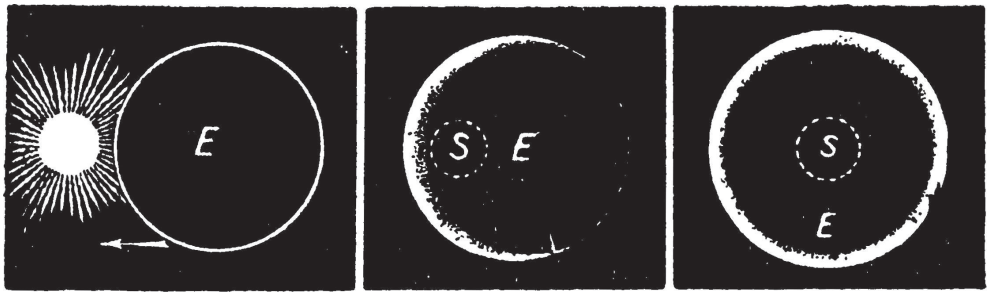


Рис. 62. Ход солнечного затмения на Луне:
Солнце (S) постепенно заходит за земной диск (E), неподвижно висящий на лунном небе

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.

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.

Для чего астрономы наблюдают затмения?

Благодаря сейчас отмеченной случайности длинный конус тени, которую постоянно влачит 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 42 200 км ближе к поверхности Земли, чем в других: расстояние Луны меняется от 363 300 до 405 500 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

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

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 изливать 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 чтобы 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 сто 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.

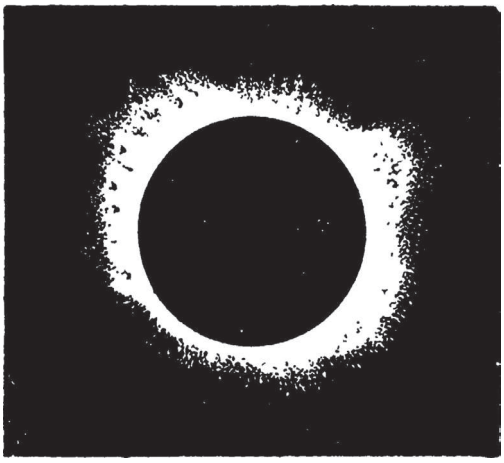


Рис. 64. В момент полного затмения Солнца становится доступной наблюдению так называемая «солнечная корона»

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»[1]. 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 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».

[1] Это так называемый «спектр вспышки» (*примеч. ред.*).

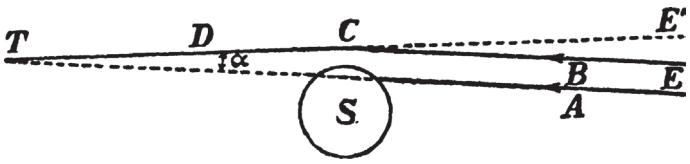


Рис. 65. Одно из следствий теории относительности.
Отклонение световых лучей действием могучего солнечного притяжения.
По учению Эйнштейна, земной наблюдатель в T видит звезду в точке E'
по направлению прямой TDCE'; между тем как в действительности
она находился в E и посылает свои лучи по искривленному 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

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 результатов[1], и вопрос об опытном подтверждении указанного следствия из теории Эйнштейна остается до сих пор открытым[2].

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

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:

[1] Самый факт отклонения подтвердился, но полного количественного согласия с теорией не установлено. Наблюдения проф. А. А. Михайлова привели к необходимости пересмотра в некоторых отношениях самой теории этого явления.

[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 (*примеч. ред.*).

«Солнце тонет на минуту в широком мглистом 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 пространство, 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, впилось 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».

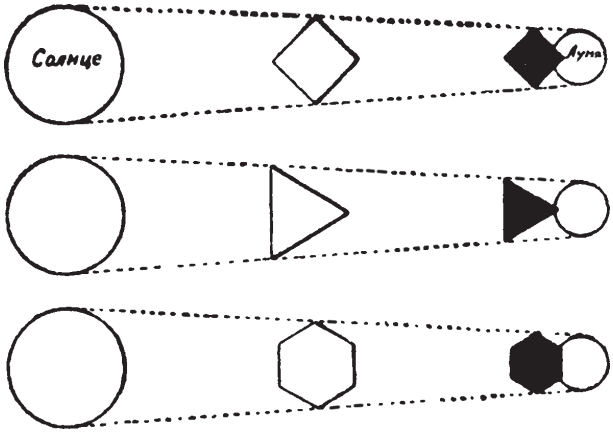


Рис. 66. Старинный рисунок, поясняющий мысль, что по виду земной тени на диске Луны можно судить о форме Земли

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, бросаемая 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 способности 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).

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 обусловливается 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. Остановимся 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 — 27,2122 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:

$$29{,}5306x = 27{,}2122y,$$

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

$$\frac{x}{y} = \frac{272\,122}{295\,306},$$

видим, что наименьшие *точные* решения этого уравнения таковы:

$$x = 272\,122, \quad y = 295\,306.$$

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

$$\frac{295\,306}{272\,122}$$

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

$$\frac{295\,306}{272\,122}=1\frac{23\,184}{272\,122}.$$

В последней дроби делим числитель и знаменатель на числитель:

$$\frac{295\,306}{272\,122}=1+\frac{1}{11\frac{17\,098}{23\,184}}.$$

Числитель и знаменатель дроби $\frac{17\,098}{23\,184}$ делим на числитель и так поступаем в дальнейшем.

Получаем в конечном итоге:

$$\frac{295\,306}{272\,122}=1+\cfrac{1}{11+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{4+\cfrac{1}{4+\cfrac{1}{17+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{7}}}}}}}}}.$$

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

$$\frac{12}{11},\ \frac{13}{12},\ \frac{38}{35},\ \frac{51}{47},\ \frac{242}{223},\ \frac{1019}{939}\ \text{и т. д.}$$

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 6585⅓ суток, т. е. 18 лет 11,3 (или 10,3) суток[1].

Таково происхождение сароса. Зная, откуда он произошел, мы можем отдать себе отчет и в том, насколько точно можно с помощью его предсказывать

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

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 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 Жюля Верна, который в романе «Страна мехов» 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!

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. 38, 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 Фламмарион, — указывают на затмения 1666, 1668 и 1750 гг., когда эта странная особенность проявилась всего резче. 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».

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 7¾ мин. (на экваторе; в высших широтах — меньше). Все же фазы затмения могут захватить до 3½ 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. [1] Полоса полного затмения пройдет через Северный Кавказ и Среднюю Азию. Это затмение будет видно и в остальном СССР, но как частное.

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).

[1] Ближайшее полное солнечное затмение, видимое на территории России, наступит 12 августа 2026 г. (*примеч. ред.*).

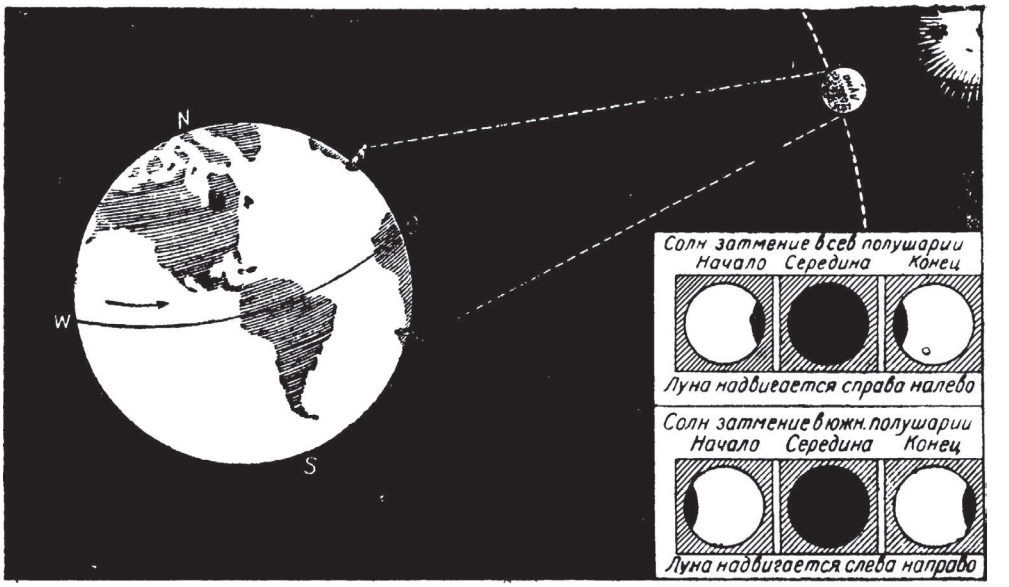


Рис. 68–69. Почему для наблюдателя в северном полушарии Земли диск Луны во время затмения надвигается на Солнце с п р а в а, для наблюдателя же в южном полушарии надвигается с л е в а?

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 листвы есть не что иное, как изображения Солнца. Во время затмения Солнце имеет вид серпа, и такой же вид должны иметь его изображения в тени листвы (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 Новегороде 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»[1]). Обыкновенные темные очки-консервы недостаточны для этой цели. Наконец, весьма пригодны для наблюдения Солнца и фотографические негативы, на которых имеются темные участки надлежащей густоты[2].

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 *десятимиллионные 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

---

[1] *Дополнительными цветами*, создающими высокий контраст, являются любые два цвета, расположенные напротив друг друга на цветовом круге, например — синий и оранжевый, красный и зеленый (*примеч. ред.*).

[2] Желающим 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.

[См. также книгу В. Т. Тер-Оганезова «Солнечные затмения», Гостехиздат, 1954 (*примеч. ред.*).]

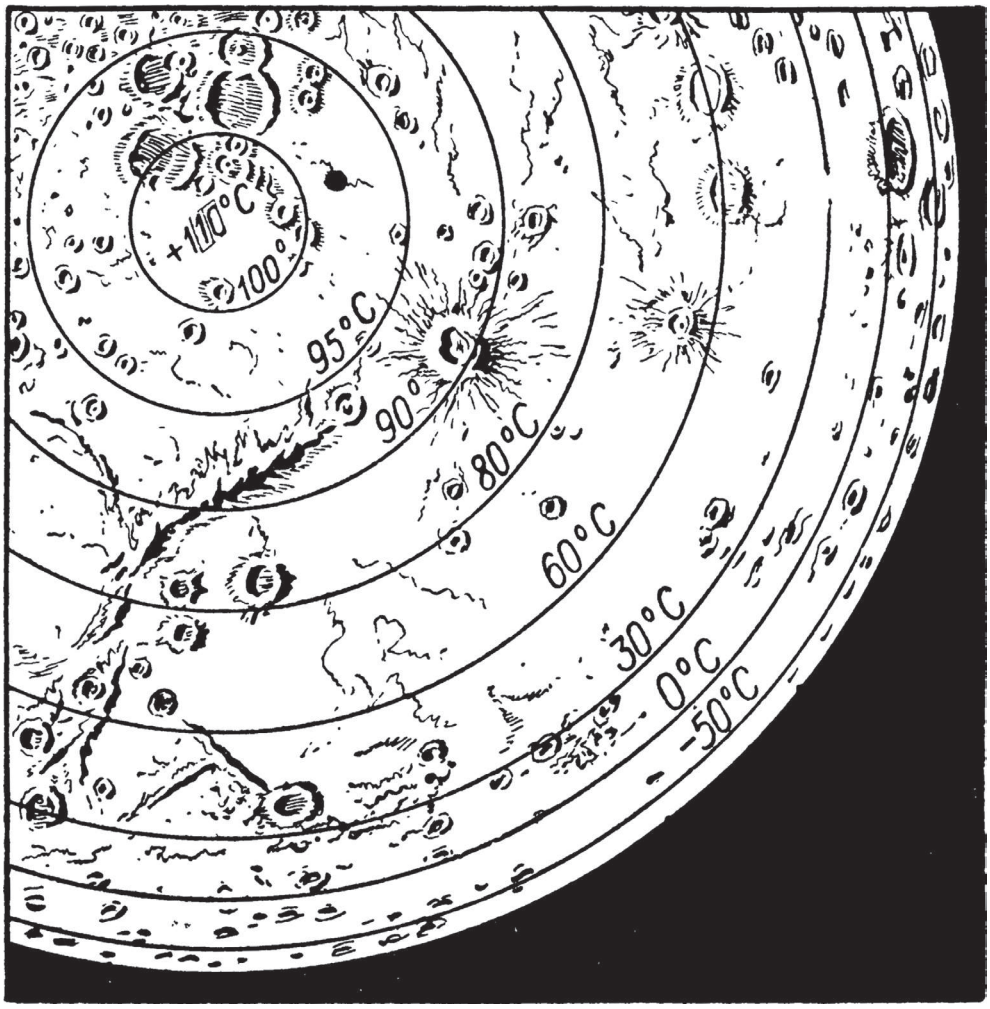


Рис. 70. Температура на Луне достигает в центре видимого диска 110° и быстро падает к краям диска до 50° и ниже. (По данным обсерватории на горе Вильсон в США)

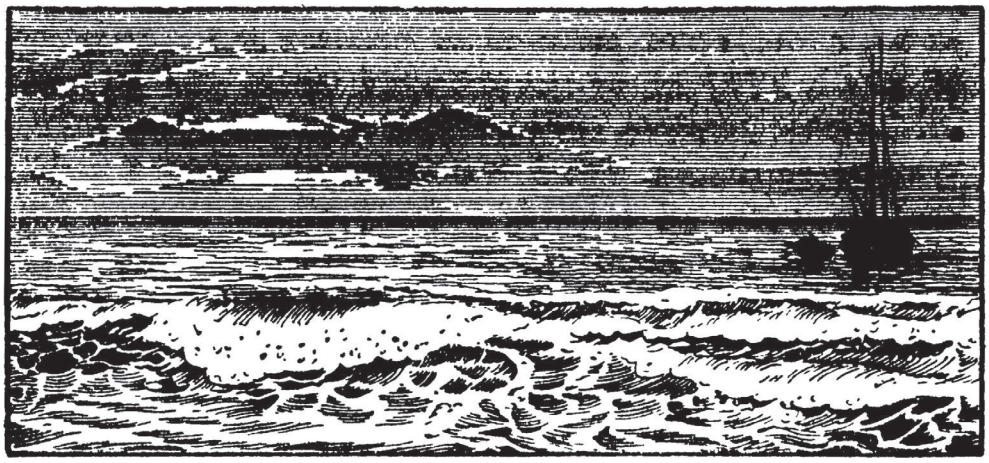
Вильсон в США[1]), измеряли получаемое ими тепло и на этом основании оценивали температуру различных частей Луны (с точностью до 10°). Вот результаты (рис. 70): в центре диска полной Луны температура выше 100°; вылитая здесь на лунную почву вода вскипала бы даже под нормальным давлением. «На Луне нам не пришлось бы готовить себе обед на плите, — пишет один

[1] В наши дни самый большой и самый мощный телескоп в мире — космический телескоп «Джеймс Уэбб», запущенный в космос 25 декабря 2021 года (*примеч. ред.*).

астроном, — ее роль могла бы выполнить любая ближайшая скала». Начиная от центра диска, температура равномерно убывает во все стороны, но еще в 2700 км от центральной точки она не ниже 80°. Затем падение температуры идет быстрее, и близ края освещенного диска господствует мороз в −50°. Еще холоднее на темной, отвернутой от Солнца стороне Луны, где мороз достигает −160°.

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° до −117°, т. е. почти на двести градусов в течение каких-нибудь 1½–2 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.



ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПЛАНЕТЫ

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 «явися 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 Марс Юпитер	Ярче Сириуса в несколько раз	Меркурий Сатурн	Слабее Сириуса, но ярче многих звезд первой величины

Мы еще вернемся к этой теме в следующей главе, когда познакомимся с числовой оценкой яркости небесных светил.

Рис. 71. Условные значки для Луны и планет

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 Фламмариона, есть искаженное изображение «косы времени» — традиционной принадлежности бога судьбы.

Рис. 72. Условные значки для Земли и Солнца

Перечисленные сейчас знаки употребляются с IX в. Знак Урана, разумеется, более позднего происхождения: планета эта открыта лишь в конце XVIII в. Ее знак — кружок с буквой H — должен напоминать нам о великом Гершеле (Hershel), 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 собой[1].

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
» Луны	—	»	серебра
» Меркурия	—	»	ртути
» Венеры	—	»	меди
» Марса	—	»	железа
» Юпитера	—	»	олова
» Сатурна	—	»	свинца.

[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 Международный астрономический союз (МАС) дополнительно включил Плутон в каталог малых планет, присвоив ему номер 134340 (*примеч. ред.*).

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.

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

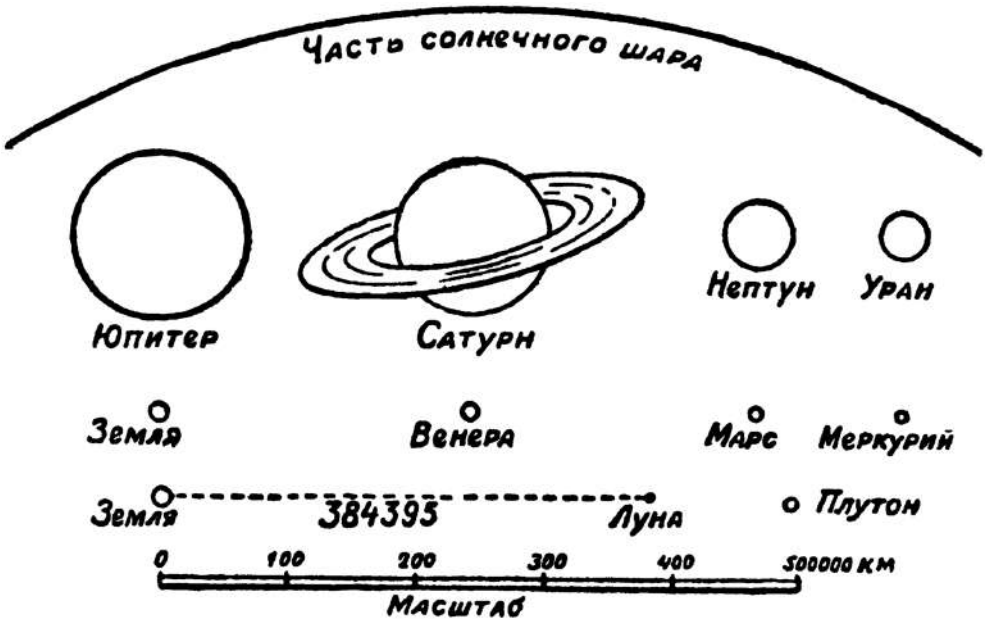


Рис. 73. Сравнительные размеры планет и Солнца.
Вся орбита Луны могла бы поместиться внутри солнечного шара

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 ⅓ 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[1] кружащиеся между Марсом и Юпитером. Их среднее расстояние от Солнца в нашей модели — 28 м. Наиболее крупные из них имеют (в модели) толщину волоса (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[2]. Размеры этих больших лун — около ½ мм, остальные представляются в модели опять-таки бактериями. Наиболее удаленный из его спутников, IX, 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.

---

[1] В настоящее время известны свыше 700 000 астероидов; для полумиллиона точно определены орбиты и им присвоен официальный номер, а более 19 000 из них имеют официально утвержденные наименования (*примеч. ред.*).

[2] В настоящее время известны 95 спутников Юпитера; по оценкам, их может быть не менее сотни (*примеч. ред.*).

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 ½₅₀ мм, будут находиться в 1 мм от поверхности орешка. 9 спутников разбросаны вокруг планеты на протяжении ½ м в виде крупинок в 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[1], разбросанными на расстоянии до 4 см от центральной крупинки.

В 300 м от центрального крокетного шара медлительно совершает свой путь планета, еще недавно считавшаяся последней в нашей системе, — Нептун: горошина с единственным спутником (Тритоном), в 3 см от нее[2].

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. [3] 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 3½ км в поперечнике и займет площадь 9 км^2 — при величине Земли, не забудьте, с булавочную головку! На этих 9 км^2 помещается такой инвентарь:

1 крокетный шар,
2 орешка,
2 горошины,
2 булавочные головки,
3 крупинки помельче.

Вещество комет — как бы они ни были многочисленны — в расчет не принимается: их масса так мала, что они справедливо названы «видимым ничто».

Итак, наша планетная система не поддается изображению на чертеже в правильном масштабе.

---

[1] В настоящее время известны 27 спутников Урана (*примеч. ред.*).

[2] В настоящее время известны 14 спутников Нептуна (*примеч. ред.*).

[3] В настоящее время обнаружено около 700 долгопериодических комет (*примеч. ред.*).

Почему на Меркурии нет атмосферы? [1]

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 4900 м/сек, а этой скорости при невысоких температурах не достигают быстрейшие из молекул нашей атмосферы[2]. 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 2½ раза ближе, чем на Земле, и палящая сила его лучей должна возрасти в 2½ × 2½, т. е. в 6¼ раз. На ночную сторону, напротив, в течение миллионов лет не проникал ни один луч Солнца, и там должен господствовать мороз, близкий к холоду мирового пространства[3] (около –264°С), 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 либрации[4] 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 сгустится в жидкость и замерзнет. Вследствие резкого понижения атмосферного давления туда устремится газовая оболочка

---

[1] У Меркурия обнаружена предельно разреженная атмосфера, давление которой в 5×10^{11} раз меньше давления земной. Она состоит из водорода, гелия, кислорода, натрия, калия и аргона (*примеч. ред.*).

[2] См. гл. II, стр 74 («Почему на Луне нет атмосферы?»).

[3] 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°С) вследствие греющего действия звездного излучения. См. книгу Я. И. Перельмана «Знаете ли вы физику?».

[4] О либрации см. очерк «Видимая и невидимая сторона Луны» (гл. II, стр. 69). 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.

дневной стороны планеты и затвердеет в свою очередь. В итоге вся атмосфера должна в твердом виде собраться на ночной стороне планеты, вернее в той ее части, куда Солнце вовсе не заглядывает. Таким образом, отсутствие на Меркурии атмосферы является неизбежным следствием физических законов[1].

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[2], — 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 превращаться 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.

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,

---

[1] 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.

[2] *Орест Данилович Хвольсон* (1852–1934) — российский и советский физик, педагог, изобретатель, автор пятитомного «Курса физики», а также научных работ по магнетизму, теплопроводности, диффузии света и др. Именно О. Д. Хвольсон вдохновил Я. П. на его многолетнюю писательскую деятельность: в 1913 г., ознакомившись с книгой «Занимательная физика», он написал Я. П. в письме: «Лесоводов-ученых у нас предостаточно, а вот людей, которые умели бы так писать о физике, как пишете Вы, нет вовсе. Мой Вам настоятельнейший совет: продолжайте, обязательно продолжайте писать подобные книги и впредь» (*примеч. ред.*).

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.

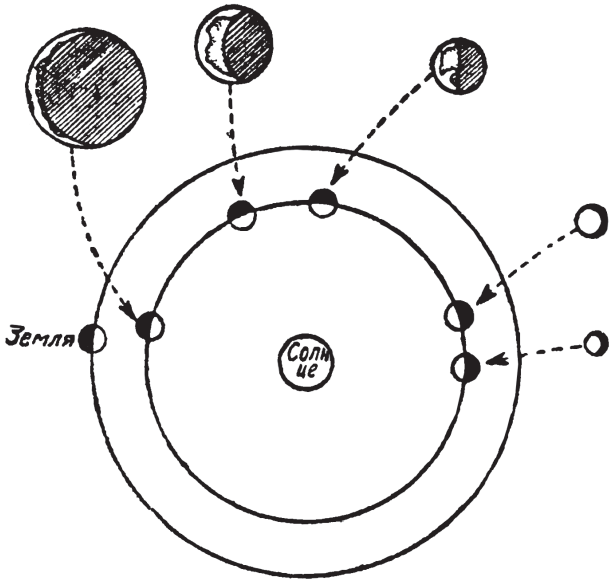


Рис. 74. Фазы Венеры.
Почему Венера в разных фазах имеет различный видимый диаметр

Особенность фаз Венеры та, что их поперечник неодинаков: узкий серп по диаметру значительно больше полного диска (рис. 74). Причина — различное удаление от нас этой планеты в различных фазах. Среднее расстояние Венеры от Солнца — 108 миллионов км, Земли — 150 миллионов км. Легко понять, что ближайшее расстояние обеих планет равно разности 150 – 108, т. е. 42 миллионам км, а самое дальнее — сумме 150 + 108, т. е. 258 миллионам 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.

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[1]. 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.

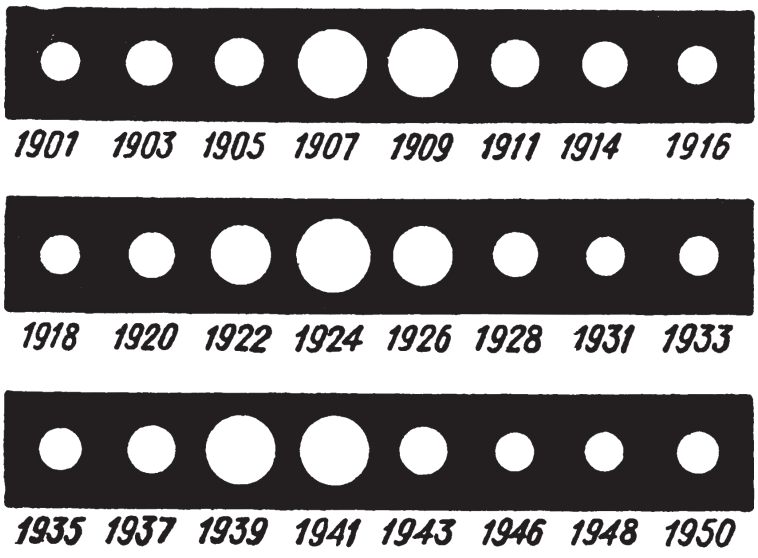


Рис. 75. Изменение видимого диаметра Марса в различные противостояния первой половины XX века. В 1909 г., в 1924 г. и в 1939 г. были великие противостояния

[1] Последнее великое противостояние Марса произошло 27 июля 2018 г., следующее ожидается 15 сентября 2035 г. (*примеч. ред.*).

Другими словами, надо решить в целых числах уравнение

$$365\tfrac{1}{4}x = 687y,$$

или

$$x = 1{,}88y,$$

откуда

$$\frac{x}{y} = 1{,}88 = \frac{47}{25}.$$

Развернем последнюю дробь в непрерывную (ср. стр. 99), получаем

$$\frac{47}{25} = 1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7 + \cfrac{1}{3}}}.$$

Взяв первые три звена, имеем приближение

$$1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{7}} = \frac{15}{8}$$

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:

$$11{,}86 = 11\frac{43}{50} = 11 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{6 + \cfrac{1}{7}}}.$$

Первые три звена дают приближение $^{83}/_{7}$. 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 в конце 1927 г. Следующее наступит в 2010 г. [1] Взаимное расстояние Юпитера и Земли в эти моменты равно 587 миллионам км. Это — наименьшее расстояние, на какое подходит к нам крупнейшая планета солнечной системы.

[1] Последнее великое противостояние Юпитера произошло 26 сентября 2022 г., следующее ожидается 1 октября 2034 г. (*примеч. ред.*).

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 неастрономы 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[1], 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 кислородом[2], 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

---

[1] В 1930-е гг. многие, в том числе и серьезные ученые, были почти убеждены в наличии на Марсе по крайней мере простейших форм жизни. А академику Г. А. Тихову даже удалось *научно доказать* (см. его книгу «Шестьдесят лет у телескопа», 1959) существование на Марсе растительности синего цвета (*примеч. ред.*).

[2] «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. Тихов.

[Последние данные об атмосфере Марса, полученные американскими космическими аппаратами, 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 (*примеч. ред.*).]

своеобразный обман зрения. Самые сильные телескопы не обнаруживают никаких каналов: мощные инструменты «чересчур сильны для каналов», как выразился один американский астроном[1].

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.

Планета или меньшее солнце?

Такой вопрос можно поставить относительно Юпитера — самой крупной из планет нашей системы. Этот исполин, из которого можно было бы сделать 1300 шаров такого объема, как земной, своим могучим притяжением заставляет обращаться вокруг себя целый рой спутников. Астрономами обнаружено у Юпитера 16 больших лун; самые крупные из них — те 4, которые еще три века назад были открыты Галилеем, — обозначаются римскими цифрами I, II, III, IV[2]. 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	6740 км
III спутник Юпитера	5070 »
Меркурий	4770 »
IV спутник Юпитера	4750 »
Луна	3473 »
I спутник Юпитера	3460 »
II » »	3050 »

[1] По вычислениям Фламмариона, 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.

Остров Цейлон с 1972 г. носит название Шри-Ланка (*примеч. ред.*)]

[2] Их имена собственные — соответственно Ио, Европа, Ганимед и Каллисто; так они были названы еще в 1614 году немецким астрономом Симоном Марием, но затем эти имена вышли из употребления вплоть до середины XX века (*примеч. ред.*).

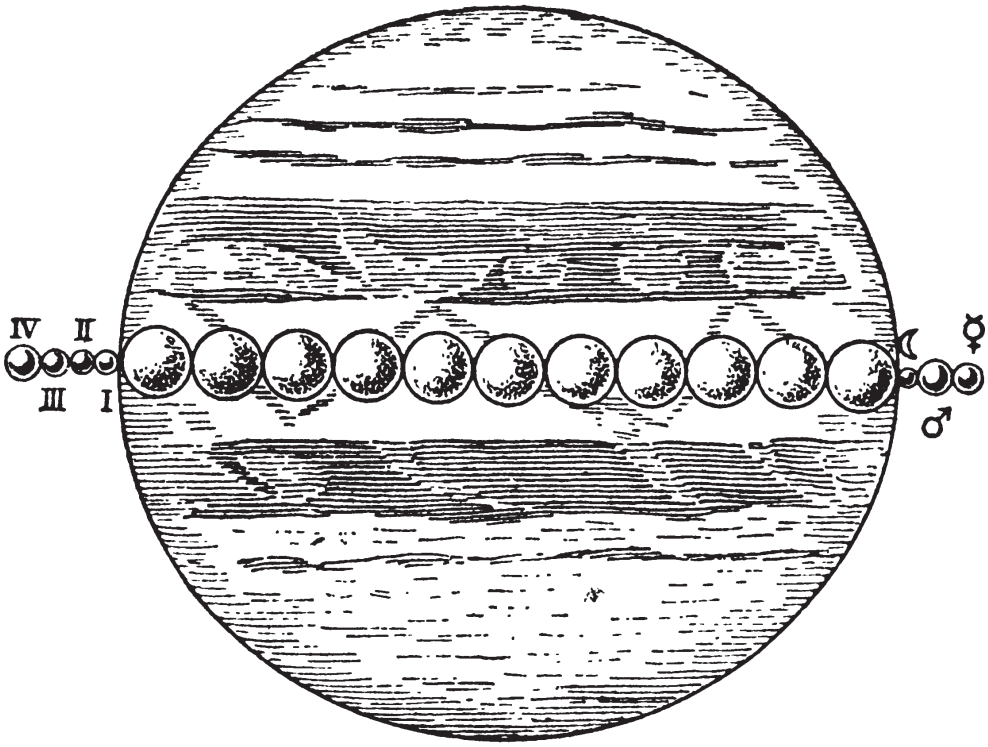


Рис. 76. Юпитер и его спутники (налево) по сравнению с размерами Земли (вдоль диаметра), Луны, Марса и Меркурия (направо)

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 1300 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 » » »	1 900 000	5
IX » » »	24 000 000	63

Вы видите, что система Юпитера имеет размеры в 63 раза бóльшие, 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 обращающиеся вокруг него тела: плотность его спутников 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[1]: непосредственное измерение температуры Юпитера показало, что она чрезвычайно низка: на 140°С ниже нуля! [2] 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 –140°С показывает, что Юпитер — вполне остывшая планета, находящаяся, так сказать, исключительно на энергетическом иждивении далекого Солнца, живущая всецело на его тепловом пайке[3]. Паек этот очень скуден. Если Земля ежеминутно получает от Солнца примерно по 2 малых калории[4] на каждый см, перпендикулярно поставленный к его лучам, то Юпитер, удаленный

[1] В наши дни установлено, что Юпитер — газовый гигант, у которого нет твердой поверхности (*примеч. ред.*).

[2] Это температура облачных слоев, плавающих в атмосфере Юпитера (*примеч. ред.*).

[3] То же нужно сказать и о Сатурне, температура поверхности которого еще ниже, чем для Юпитера (–150°С).

[4] *Калория* — внесистемная единица количества теплоты; в нашей стране продолжает применяться в промышленной области. В Международной системе единиц СИ 1 калория точно равна 4,1868 Дж. Я. П. использует здесь и далее термины «малая калория», или «м. калория» (она соответствует современной калории) и «большая калория», или «б. калория» (она соответствует современной килокалории, 1000 калорий) (*примеч. ред.*).

в 5,2 раза более, получает лучистой энергии в 5,2 × 5,2 т. е. в 27 раз меньше: 0,074 малых калорий.

Низкая температура Юпитера делает трудноразрешимой задачей объяснение его физических особенностей: бурных явлений в атмосфере, полос, пятен и т. п. Астрономия стоит здесь перед целым клубком загадок[1].

Новейшими исследованиями в стратосфере Юпитера (а также его соседа Сатурна) неожиданно обнаружено несомненное присутствие аммиака и метана[2].

Исчезновение колец Сатурна

В 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

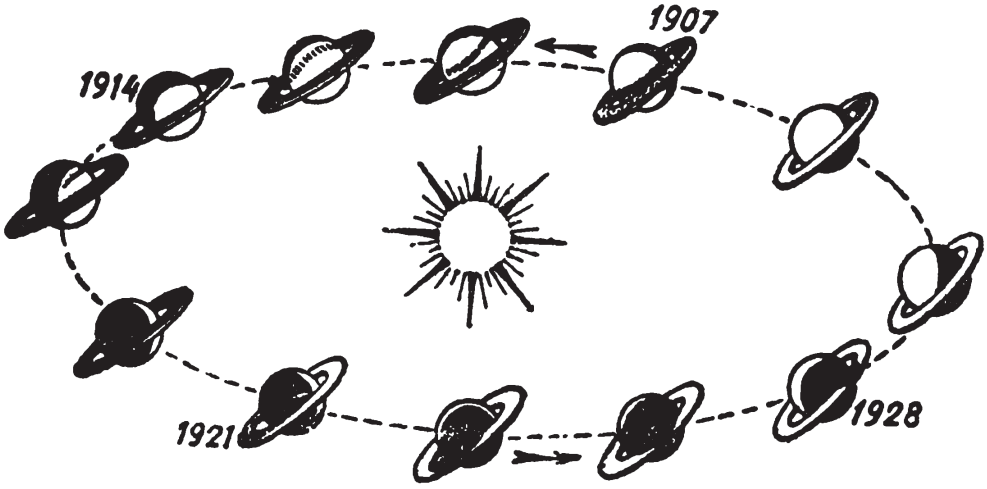


Рис. 77. Какие положения занимают сатурновы кольца по отношению к Солнцу в течение 29-летнего обхода планеты по орбите

[1] Несмотря на прояснение учеными многих процессов, происходящих в атмосфере Юпитера, происхождение его полос и пятен до сих пор непонятно (*примеч. ред.*).

[2] Еще значительнее содержание метана в атмосфере более далеких планет — Урана и особенно Нептуна.

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 шуму наделало невинное сообщение астрономического календаря об оптическом исчезновении сатурновых колец! Чем же обусловливается это исчезновение? Кольца Сатурна очень тонки; толщина их измеряется двумя-тремя десятками километров[1]; 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.

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. Напав 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

[1] По современным данным, толщина колец Сатурна не превышает 1 км (*примеч. ред.*).

разыскать ту фразу, которую составил Галилей; но пришлось бы проделать чудовищную работу. Кто знаком с теорией соединений, тот может выразить общее число возможных здесь различных перестановок (с повторениями). Вот оно:

$$\frac{39!}{4!\,3!\,2!\,2!\,4!\,2!\,4!\,2!\,2!\,3!\,3!\,4!}.$$

После несложных преобразований имеем:

$$\frac{2 \times 39!}{24^7}.$$

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 астроном[1] (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).

---

[1] 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 к 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.

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 сразу опубликовал о своем открытии, а скрыл догадку под тайнописью:

aaaaaaaccccdeeeeeghiiiiiiillllmmnnnnnnnnn,
ooooppqrrsttttttuuuuu.

Спустя три года, убедившись в правильности своей догадки, Гюйгенс обнародовал смысл заявки:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato
(Кольцом окружен тонким, нигде не прикасающимся,
к эклиптике наклоненным).

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 1930 г. прибавил к нашей солнечной системе новый член, — 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[1] 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[2] завершилось блестящим открытием: заподозренная планета была усмотрена в телескоп. Мир, открытый «на кончике пера» вычислителя, был обнаружен для человеческого глаза.

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.

---

[1] Текст написан в 1930-е гг. (*примеч. ред.*).

[2] И английским математиком Джоном Адамсом (*примеч. ред.*).

В 1930 г. (вернее, еще в конце 1929 г.) телескоп, наконец, извлек из мрака миросоздания 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.

Что мы знаем об этом новооткрытом мире? Пока немного: он так далек от нас и так скупо освещается Солнцем, что в сильнейшие инструменты не удается измерить даже его диаметра.

Можно лишь подозревать, что Плутон сравнительно невелик: по диаметру вдвое, а по объему раз в 10 меньше нашей планеты. Значит, по размерам Плутон близок к Марсу. Точно известно лишь расстояние Плутона от Солнца и период его обращения[1].

Он движется вокруг Солнца по довольно вытянутой (эксцентриситет 0,25) орбите, заметно наклоненной (17°) к плоскости земной орбиты, на расстоянии от Солнца в 40 раз большем, чем Земля. 250 лет затрачивает планета, чтобы обойти этот огромный путь.

На небе Плутона Солнце светит в 1600 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 Плутоне или полная Луна на Земле?

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 1600 раз. Значит, яркость солнечного света на Плутоне в $\frac{440\,000}{1600}$, т. е. в 275 раз сильнее, чем свет полной Луны на Земле. Если небо на Плутоне так же ясно, как на Земле (это правдоподобно, так как Плутон, по-видимому, лишен атмосферы), то 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[2].

---

[1] Современное значение массы Плутона оценивается примерно в 0,22% от массы Земли. Переоценка массы планеты была вызвана тем, что в 30-е гг. XX в. астрономы еще не знали о существовании у Плутона крупного спутника — Харона, и считали массой Плутона суммарную массу этих объектов (Харон был открыт только в 1978 г., а всего по современным данным у Плутона имеется 5 спутников) (*примеч. ред.*).

[2] Атмосфера на Плутоне была обнаружена в 1985 г., и ее наличие было окончательно подтверждено в 1988 г. Как и ожидалось, она сильно разрежена, ее давление, по измерениям американского космического зонда «Новые горизонты» в 2015 г., составляет 10^{-5} атм. В состав атмосферы Плутона входят азот, метан, угарный газ (*примеч. ред.*).

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 — «звездоподобные»), или просто «малыми планетами». Наиболее значительная из них, Церера, имеет в поперечнике около 700 км[1]; она значительно меньше Луны по объему, примерно во столько же раз, во сколько сама Луна меньше Земли.

Первая из малых планет, Церера[2], открыта была в первую же ночь прошлого столетия (1 января 1801 г.). В течение XIX 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 конце прошлого века (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 недалеко от орбиты Сатурна. Астероид Гидальго замечателен и в другом отношении: из всех известных планет он обладает чрезвычайно вытянутой орбитой (эксцентриситет ее равен 0,66), 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 Адонис.

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 полумесяц даты открытия (год разделен на 24 полумесяца, обозначенных последовательно буквами алфавита).

---

[1] По современным данным — около 950 км (*примеч. ред.*).

[2] В наши дни Церера, наряду с Плутоном, относится к числу карликовых планет Солнечной системы (*примеч. ред.*).

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, $1932EA_1$ 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 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.

В настоящее время число уловленных астрономами планет-карликов приближается к полутора тысячам[1]: из них свыше сотни открыто астрономами Симеизской обсерватории (в Крыму, на берегу Черного моря), главным образом стараниями усердного ловца астероидов Г. Н. Неуймина. 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 среди 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 950 км), насчитывается среди них всего несколько. Около семи десятков астероидов обладают поперечником свыше 100 км. Бóльшая 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 основания 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.

«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».

[1] См. комментарий [1] на с. 111 (*примеч. ред.*).

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. К сожалению, пока еще нет точных данных о том, на какое именно расстояние приближается названный астероид к Земле[1]. 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 3 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 — самая маленькая из всех планет, зарегистрированных астрономами. Диаметр его не больше 2 км, а может быть, и меньше[2]. Поучительно рассмотреть на этом примере, что означает на языке астрономии слово «маленький». Крошечный астероид, имеющий в объеме всего 0,52 км^3, т. е.

520 000 000 м^3,

если он гранитный (а возможно, что он даже железный), вес его составляет примерно

1 500 000 000 т.

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[3]).

Вы видите, как своеобразно надо понимать слово «маленький», когда его употребляет астроном.

---

[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 менее 5,3 млн. км (*примеч. ред.*).

[2] Современная оценка диаметра астероида Аполлон — 1,5 км, его масса — $5{,}1\times10^{12}$ кг (*примеч. ред.*).

[3] Приведены данные на 1938 г. (*примеч. ред.*).

Попутчики Юпитера

Среди 1500 известных пока астероидов[1] 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 него, 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 планет[2].

---

[1] См. комментарий [1] на с. 111 (*примеч. ред.*).

[2] 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.).

[Любопытно, что орбита упомянутого в предыдущей статье астероида Адонис была вычислена настолько неточно, что он был потерян на многие годы, пока его вновь не открыл в 1977 году американский астроном Чарльз Коваль (*примеч. ред.*).]

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 атмосфера там достаточно прозрачна[1], 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 почти 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 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.

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,

[1] Видимость в атмосфере Венеры составляет порядка километра при толщине атмосферы в 250 км, таким образом, на планете вовсе не бывает ясных дней (*примеч. ред.*).

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 атмосферы[1], не знающий смены дня и ночи. Солнце неподвижно висит здесь на небе огромным диском, в 6 раз бóльшим (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 светит так ослепительно, как Венера на черном, безоблачном небе Меркурия.

—

Перенесемся на *Марс*. Солнце кажется отсюда диском, втрое 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 ¾ 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 (16 км в диаметре[2]) он настолько близок к Марсу, что в период «полнофобосия» сияет в 25 раз ярче Венеры у нас[3]. Второй спутник, Деймос, заметно менее ярок, 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[4].

---

[1] Американский космический аппарат «Маринер-10» в 1974–75 гг. обнаружил сильно разреженную атмосферу на Меркурии, состоящую из атомов гелия, натрия, кислорода, калия, аргона и водорода. Более того, 5 февраля 2008 г. астрономы Бостонского университета (США) обнаружили у планеты кометообразный хвост длиной более 2,5 млн. км, что подтвердили данные, полученные в 2009 г. автоматической межпланетной станцией «Мессенджер». Видимая угловая длина хвоста для наблюдателя с Земли составляет около 3° (*примеч. ред.*).

[2] По современным данным, Фобос имеет форму трехосного эллипсоида, большая ось которого направлена к Марсу. Размеры спутника Марса составляют 26,8×22,4×18,4 км (*примеч. ред.*).

[3] Период обращения Фобоса вокруг Марса меньше периода вращения самой планеты, поэтому Фобос восходит на западе, пересекает марсианское небо против суточного движения звезд и заходит на востоке (*примеч. ред.*).

[4] Это не так: Фобос настолько близок к Марсу, что его фазы с Марса хорошо видны; а человек с очень острым зрением, вероятно, заметил бы и фазы Деймоса (Деймос виден с Марса под углом 1', а Фобос — под углом около 6') (*примеч. ред.*).

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 41°, т. е. в 80 раз больше, чем у нас Луна. Только на ближайшем спутнике Юпитера можно наблюдать подобную же необычайную достопримечательность неба.

—

Перенесемся на поверхность[1] 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 Солнцем[2]. 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 видимого 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. 40). 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 загибаются 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 краев 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

[1] См. комментарий [1] на с. 121 (*примеч. ред.*).

[2] Земля светит на небе Юпитера звездой 8-й величины.

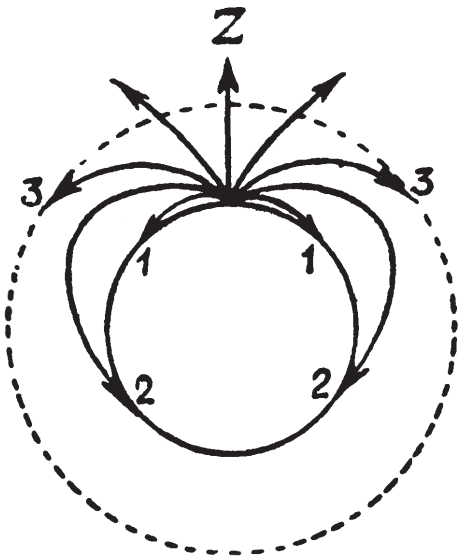


Рис. 78. Возможное искривление лучей света в атмосфере Юпитера. (О следствии этого феномена см. в тексте)

странного неба, так что полуночное Солнце можно видеть с любого пункта планеты. Действительно ли на Юпитере имеются такие необычайные условия, — пока сказать, конечно, нельзя.

Необыкновенно эффектное зрелище представляет сам Юпитер, видимый со своего ближайшего (V) спутника. Исполинский диск планеты (рис. 79), поперечником почти в 90 раз больше нашей Луны[1], 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 этот занимает восьмую часть всего кругозора. По этому быстро вращающемуся диску проходят время от времени темные кружки — тени юпитеровых лун, бессильных, 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 64-й параллели расположены те места, где кольца вовсе не видны. На границе этих полярных областей

[1] Угловой диаметр Юпитера, рассматриваемого с этого спутника, — более 44°.

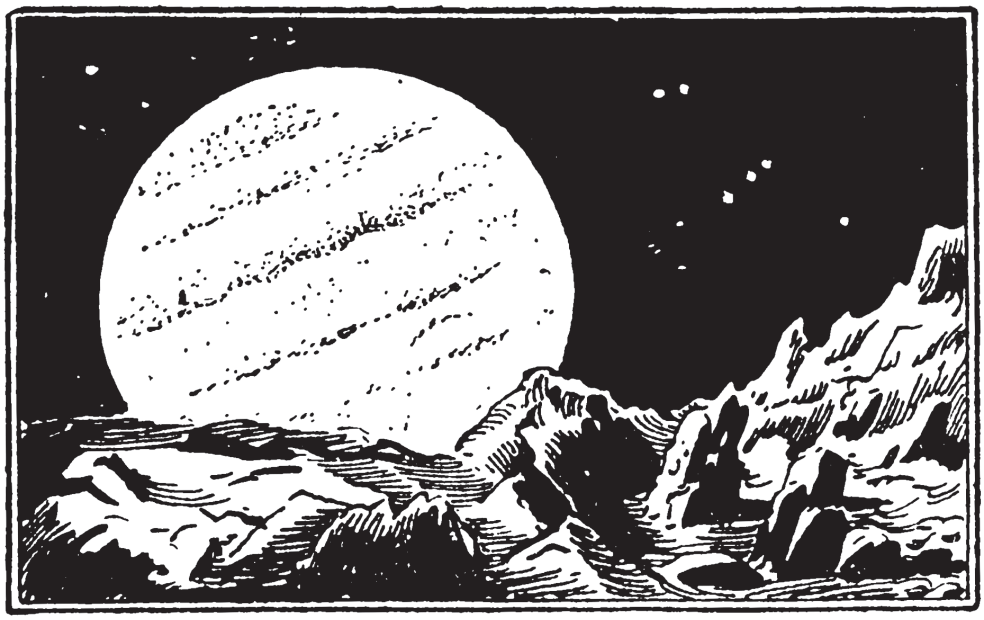


Рис. 79. Юпитер, наблюдаемый с его третьего спутника

можно видеть лишь внешний край наружного кольца (рис. 80). Начиная с 64-й параллели до 50-й условия видимости колец улучшаются, видна все бóльшая их часть, а на 50-й параллели наблюдатель может любоваться всей 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.

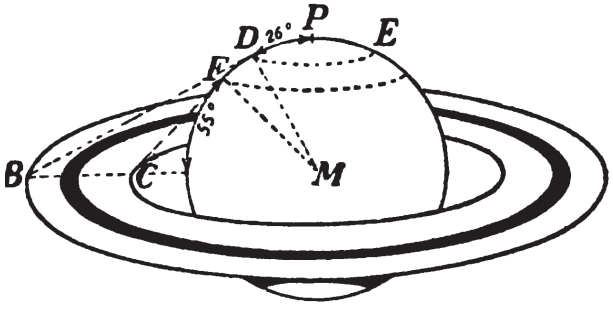


Рис. 80. Как определить видимость сатурновых колец
для различных точек поверхности планеты.
В полярной области планеты до 64-й параллели кольца вовсе не видны

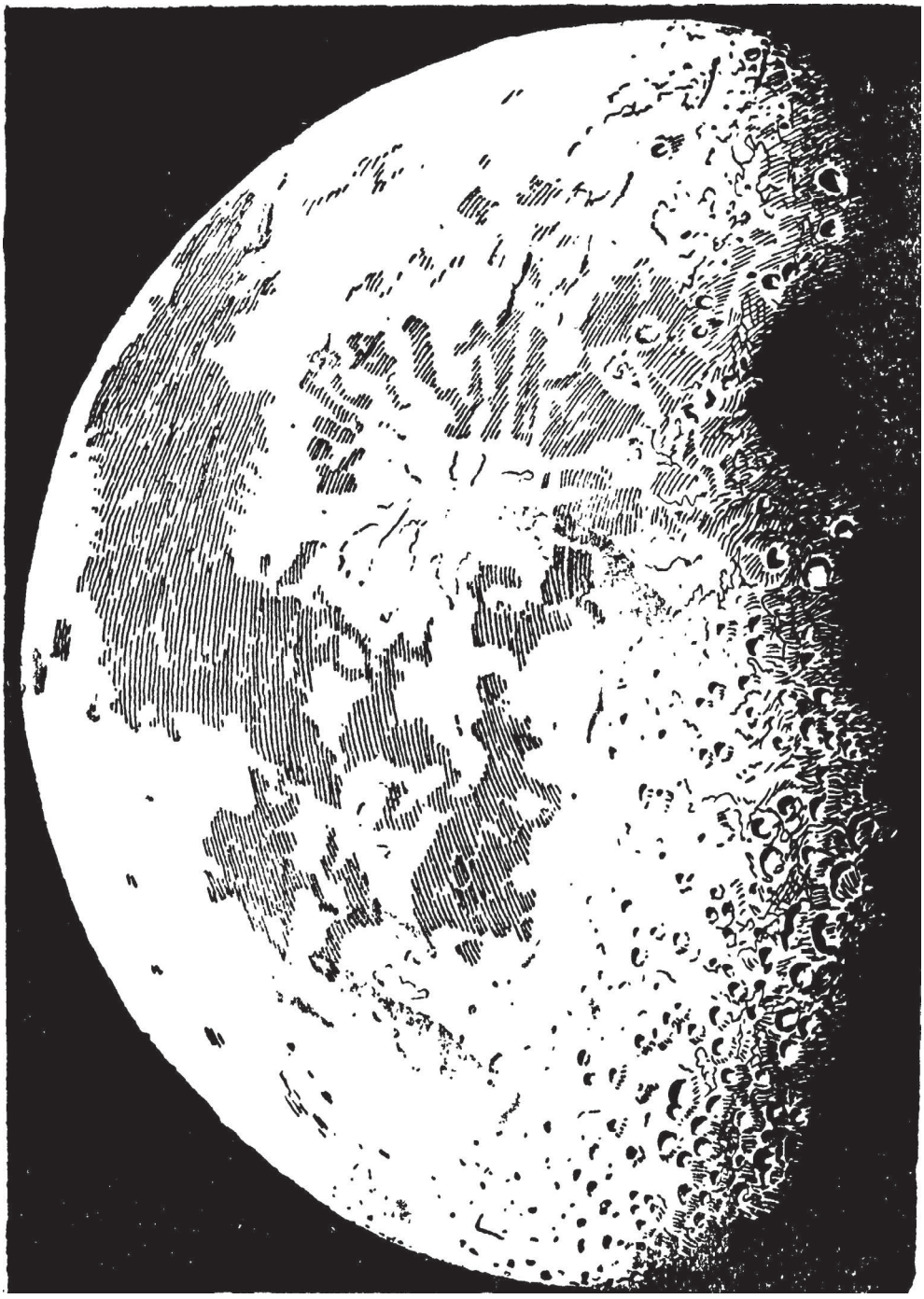
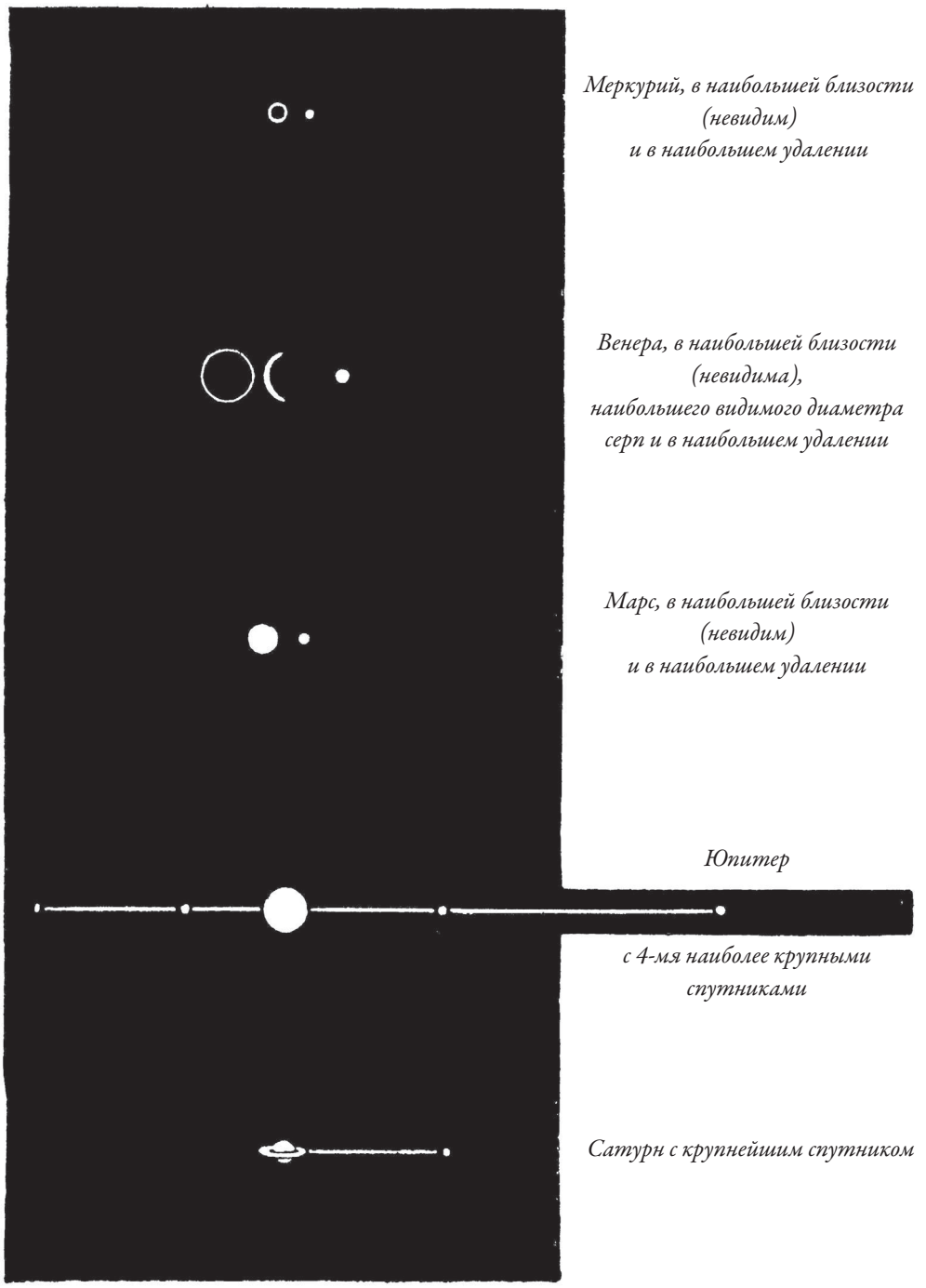


Рис. 81. Как видны Луна и планеты в трубу, увеличивающую в 100 раз



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 представятся тогда такими, какими видит их глаз, вооруженный трубой указанной силы

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 районы 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
2. Земля с Венеры
3. Земля с Меркурия
4. *Венера с Земли*
5. Венера с Марса
6. Юпитер с Марса
7. *Марс с Земли*
8. Меркурий с Венеры
9. Земля с Марса
10. *Юпитер с Земли*
11. Юпитер с Венеры
12. Юпитер с Меркурия
13. Сатурн с Юпитера.

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.

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 1½ миллиона 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 Нептуна[1] сделалось неправильным. Конечно, астрономы не могли рассчитывать, что подобная весть заинтересует мир, бóльшая часть населения которого и о существовании-то Нептуна 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 вероятиям, столкнется с Нептуном. Другие повременные издания подхватили страшную весть и пространно толковали на эту тему. Поэтому 3 января в большинстве столиц мира царило неопределенное ожидание: ждали какого-то неизбежного явления на небе. 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 сочась, 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[2] в ее самую блестящую пору. Через час после наступления полного рассвета она все еще горела.

---

[1] Нептун в пору написания рассказа считался крайней планетой нашей системы.

[2] *Вечерняя* (также *Утренняя*) *звезда* — названия Венеры (*примеч. ред.*).

Сотня обсерваторий сдержанно волновалась. Когда два отдаленных небесных тела сблизились, возбуждение астрономов едва не заставило их кричать; снуя 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, шептали 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 пыхтящими 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.

Рис. 82. «В высоте сияла звезда надвигающейся гибели...»

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. 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.

Рис. 83. «Над Японией висела большая звезда...»

Но звезда ушла, и люди под давлением голода, собрав мужество, кра́лись 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 рождениями теперь проходило сорок 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 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].

[1] В главе V, в статье «С циркулем по планетным путям» будет рассмотрен путь подобного вторгшегося в Солнечную систему небесного тела.

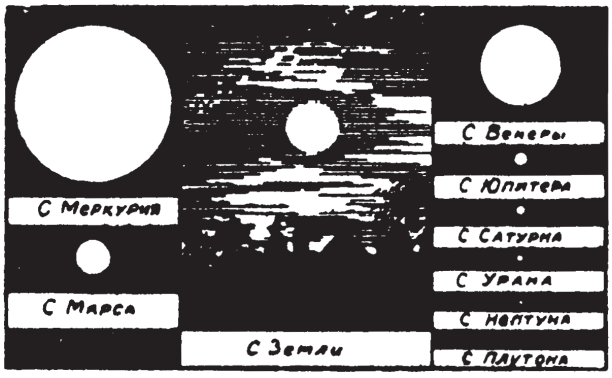
—

Приводим, наконец, ряд числовых данных, относящихся к солнечной системе. Они могут понадобиться читателю для справок.

Солнце: диаметр 1 390 700 км; объем (Земли =1) 1 301 019; масса (Земли = 1) 332 940; плотность (воды = 1) 1,41.

Луна: диаметр 3474 км; объем (Земли = 1) 0,0203; масса (Земли = 1) 0,0123; плотность (воды = 1) 3,34. Среднее расстояние от Земли 384 467 км[1].

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 вверху 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].



[1] Данные о планетах Солнечной системы см. на с. 144–145 (*примеч. ред.*).

[2] Желающим самостоятельно пополнить свои сведения о Солнечной системе можно рекомендовать подробную «Астрономию» трех американских астрономов: Рессела, Дэгана и Стюарта (есть русский перевод 1934 г.).

Концовка к этой главе изображает видимые размеры Солнца с Земли и других планет.

Планетная система в числах

Размеры. Масса. Плотность. Спутники

Названия планет	Средний поперечник			Объём (Земля=1)	Масса (Земля=1)	Плотность		Число спутников
	видимый в секундах дуги	истинный				Земля=1	вода=1	
		в *км*	Земля=1					
Меркурий	13—4,5	4 879	0,38	0,056	0,0553	0,984	5,43	—
Венера	66—9,7	12 103	0,95	0,857	0,815	0,95	5,24	—
Земля	—	12 742	1	1,000	1,000	1,00	5,52	1
Марс	25,1—3,5	6 780	0,53	0,151	0,107	0,714	3,99	2
Юпитер	50,1—29,8	139 822	10,97	1321,3	317,83	0,24	1,33	95
Сатурн	20,1—14,5	116 464	9,14	763,5	95,159	0,126	0,7	146
Уран	4,1—3,3	50 724	3,98	63,1	14,536	0,23	1,3	27
Нептун	2,4—2,2	49 244	3,86	57,7	17,147	0,31	1,76	14
Плутон	0,11—0,065	2 376	0,18	0,0066	0,0022	0,36	2	5

Продолжение

Расстояния. Обращение. Вращение. Тяжесть

Названия планет	Среднее расстояние		Эксцентриситет орбиты	Время обращения вокруг Солнца в земных годах	Средняя скорость по орбите в *км/сек*	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоск. орбиты	Напряжение силы тяжести (Земля=1)
	в астрономических единицах	в млн. *км*						
Меркурий	0,387	58	0,206	0,24	47,36	$58^{д}\,64^{ч}$	0,01	0,377
Венера	0,723	108,2	0,007	0,62	35,02	$243^{д}$	2,64	0,904
Земля	1,000	149,6	0,017	1	29,78	$23^{ч}\,56^{м}$	23,44	1
Марс	1,524	228	0,093	1,88	24	24 37	25,19	0,378
Юпитер	5,204	777,8	0,048	11,86	13	9 50	3,12	2,54
Сатурн	9,539	1429	0,056	29,46	9,6	10 32	26,73	1,06
Уран	19,191	2875	0,044	84,02	6,8	17 14	82,23	0,886
Нептун	30,071	4497	0,009	164,79	5,4	15 57	28,33	1,14
Плутон	39,5	5913	0,249	248,09	4,7	$6^{д}\,6^{ч}$	60,41	0,063

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЗВЕЗДЫ

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 только мелкие освещенные частицы в пыльном воздухе. Значит ли это, что звезды окружены далеко простирающеюся пыльной атмосферой? Конечно, нет: на столь большом расстоянии невозможно видеть, да еще простым глазам, 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.

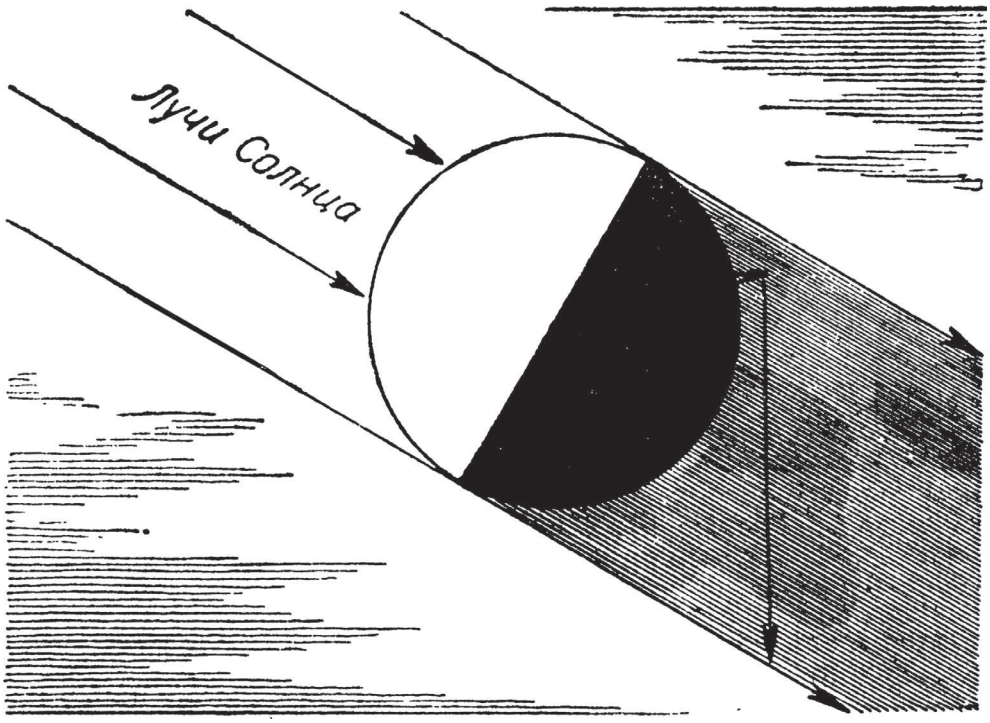


Рис. 84. Мировое пространство кругом Земли залито солнечными лучами кроме конуса земной тени. Мы не видим, однако, этого освещенного пространства: с ночной половины земного шара Вселенная кажется погруженной во мрак

«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 телескоп[1].

[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.

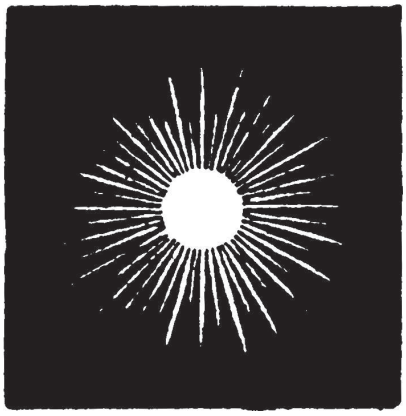


Рис. 85. Звезды кажутся лучистыми из-за волокнистой структуры глазного хрусталика

Почему звезды мерцают, а планеты сияют спокойно?

Отличить простым глазом неподвижную звезду от «блуждающей», т. е. от планеты[1], очень легко, даже не зная карты неба. Планеты сияют *спокойным* светом, звезды же непрестанно *мерцают*, как бы вспыхивают, дрожат, меняют яркость, а многие[2] еще непрестанно переливаются разными цветами. «Этот свет, — говорит Фламмарион, — 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 неспокойной 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,

[1] Первоначальный смысл слова «планета» — «блуждающая звезда».

[2] Яркие звезды невысоко над горизонтом (*примеч. ред.*).

и различной преломляемости. В подобной атмосфере словно рассеяны многочисленные оптические призмы, выпуклые и вогнутые линзы, непрестанно меняющие свое расположение. Лучи света претерпевают в них многочисленные отклонения от прямого пути, то сосредоточиваясь, 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 разных 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 длины[1]».

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.

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.

[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»).

Освещенная атмосфера Земли мешает нам их видеть, так как частицы воздуха рассеивают солнечные лучи в большем количестве, чем посылают нам звезды[1].

Несложный опыт может наглядно пояснить это померкание звезд при дневном свете. В боковой стенке картонного ящика пробивают несколько дырочек, расположенных 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.

---

[1] 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-1», находясь на высоте 21 км, отметила, что звезд не видно никаких, хотя небо там «черно-фиолетовое», согласно записям Федосеенко и Васенко.)

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. 107).

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 слыхали; 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 словом «величина» разумеют в этом случае не геометрические размеры звезды, а ее видимую *яркость*[1]. 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:

[1] В наши дни принято говорить «блеск». Ведь *яркость* — это количество света, приходящее с единицы *площади* светящегося объекта, поэтому он не применим к звездам, а только к Солнцу, Луне, планетам, кометам, туманностям. Далее в тексте термин «яркость» дается в редакции Я. П. (*примеч. ред.*).

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 (с помощью логарифмов):

$$n = \sqrt[5]{100} = 2{,}5\,.$$

Итак, звезды каждой следующей ступени светят в 2½ раза слабее звезды предыдущей ступени.

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 2½, а всего в 1½ 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 с 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)[1]:

Сириус (α Большого Пса)	–1,6
Канопус (α Киля[2])	–0,9
α Центавра	0,1
Вега (α Лиры)	0,1
Капелла (α Возничего)	0,2
Арктур (α Волопаса)	0,2
Ригель (β Ориона)	0,3
Процион (α Малого Пса)	0,5
Ахернар (α Эридана)	0,6
β Центавра	0,9
Бетельгейзе (α Ориона)	0,9
Альтаир (α Орла)	0,9
α Южного Креста	1,1
Альдебаран (α Тельца)	1,1
Поллукс (β Близнецов)	1,2
Спика (α Девы)	1,2
Антарес (α Скорпиона)	1,2
Фомальгаут (α Южной Рыбы)	1,3
Денеб (α Лебедя)	1,3
Регул (α Льва)	1,3

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

[1] В наши дни эти цифры уточнены: так, звездная величина Сириуса –1,47, Канопуса –0,72 и т. д. (*примеч. ред.*).

[2] Первоначально *Киль* был частью большого созвездия *Корабль Арго*, ныне упраздненного (*примеч. ред.*).

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 расчетами[1] 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	4000
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 1½ 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.

---

[1] Вычисления облегчаются тем, что логарифм «светового отношения» выражается очень просто: он равен 0,4.

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:

$$10+\left(10\times 3\times\frac{1}{2{,}5}\right)+\left(10\times 3^2\times\frac{1}{2{,}5^2}\right)+\ldots+\left(10\times 3^5\times\frac{1}{2{,}5^5}\right).$$

Получаем:

$$\frac{10\times\left(\frac{3}{2{,}5}\right)^6-10}{\frac{3}{2{,}5}-1}=95.$$

Итак, суммарная яркость всех звезд одного полушария, видимых простым глазом, равна приблизительно ста звездам первой величины (или одной звезде *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 равносилен сиянию 1100 звезд первой величины (или одной звезды *минус* 6,6 величины).

Глаз и телескоп

Сравним телескопическое наблюдение звезд с наблюдением их простым глазом.

Поперечник зрачка человеческого глаза[1] примем в среднем равным 7 мм. Труба с объективом в 5 см пропускает лучей больше, чем зрачок, в $\left(\frac{50}{7}\right)^2$, т. е. в 50 раз, а с поперечником 50 см — в 5000 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 которой 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

[1] При ночных наблюдениях (*примеч. ред.*).

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.

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 полной[1] Луны — *минус* 12,6. [2] 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

$$\text{в } 2{,}5^{27{,}8} \text{ раза.}$$

Луна же ярче звезды первой величины

$$\text{в } 2{,}5^{13{,}6} \text{ раза.}$$

Значит, яркость Солнца больше яркости полной Луны в

$$\frac{2{,}5^{27{,}8}}{2{,}5^{13{,}6}} = 2{,}5^{14{,}2}\,.$$

---

[1] В первой и последней четверти звездная величина Луны *минус* 9.

[2] Более точные современные данные: звездная величина Солнца –26,7, полной Луны –12,74 (*примеч. ред.*).

Вычислив эту величину (с помощью таблицы логарифмов), получаем 447 000. Вот, следовательно, правильное отношение яркостей Солнца и Луны: дневное светило в ясную погоду освещает Землю в 447 000 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 447 000 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 см^2 Земли ежеминутно не более 225 000-й доли малой калории (т. е. может нагреть 1 г воды в 1 минуту на 225 000-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

$$\frac{2,5^{13,6}}{100} = 2700.$$

Итак, в ясную безлунную ночь мы получаем от звездного неба лишь 2700-ю долю того света, какой посылает полная Луна, и в 2700 × 447 000, т. е. в 1200 миллионов раз меньше, чем дает в безоблачный день Солнце.

---

[1] Вопрос о том, может ли Луна влиять на погоду своим *притяжением*, будет рассмотрен особо в конце книги (см. статью «Луна и погода»).

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 $2{,}5^{14{,}2\,-\,12{,}6}$, 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.

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 поэтому 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 30 800 000 000 000 км. Самый расчет произвести нетрудно, если знать расстояние до звезды и принять во внимание, что яркость должна убывать пропорционально квадрату расстояния[1].

---

[1] Вычисление можно выполнить по следующей формуле, происхождение которой станет ясной читателю, когда немного позднее он познакомится ближе с «парсеком» и «параллаксом»:

$$2{,}5^{M} = 2{,}5^{m} \times \left(\frac{\pi}{0{,}1}\right)^{2}.$$

Здесь M — абсолютная яркость звезды, m — ее видимая величина, π — параллакс звезды в секундах. Последовательные преобразования таковы:

$$2{,}5^{M} = 2{,}5^{m} \times 100\pi^{2},$$

$$M \lg 2{,}5 = m \lg 2{,}5 + 2 + 2 \lg\pi,$$

$$0{,}4M = 0{,}4m + 2 + 2 \lg\pi,$$

откуда

$$M = m + 5 + 5 \lg\pi.$$

Для Сириуса, например, $m = -1{,}6$; $\pi = 0''{,}38$. Поэтому его абсолютная величина

$$M = -1{,}6 + 5 + 5 \lg 0{,}38 = 1{,}3.$$

Мы познакомим читателя с результатом лишь двух таких расчетов: для Сириуса и для нашего Солнца. *Абсолютная* яркость Сириуса +1,3, Солнца + 4,8. Это значит, что с расстояния 308 000 000 000 000 км Сириус сиял бы нам звездой 1,3 величины, а наше Солнце 4,7 величины, т. е. слабее Сириуса в

$$\frac{2,5^{3,8}}{2,5^{0,3}} = 2,5^{3,5} = 25 \text{ раз},$$

хотя *видимая* яркость Солнца в 10 миллиардов раз больше яркости Сириуса.

«В армии неба наше Солнце — простой солдат», — сказал Фламмарион. Мы сейчас убедились, что Солнце, действительно, простой солдат и даже не из правофланговых. 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 4,8, то оно ярче, нежели средняя из «соседних» звезд, в

$$\frac{2,5^{8}}{2,5^{3,8}} = 2,5^{4,2} = 50 \text{ раз}.$$

Будучи в 25 раз абсолютно тусклее Сириуса, Солнце оказывается все же в 50 раз ярче, чем *средние* из окружающих его звезд.

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 скоплению Малого Магелланова облака, расстояние которого от нас оценивается примерно в 12 000 раз больше расстояния до Сириуса. На таком огромном удалении звезда должна обладать совершенно исключительною яркостью, чтобы казаться даже 8-й величины. Сириус, заброшенный так же глубоко в пространстве, сиял бы звездой 17-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 400 000 раз ярче Солнца! При такой исключительной яркости звезда эта, будучи помещена на расстоянии Сириуса, казалась бы на 9 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.

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 в максимуме их блеска на *земном* небе. Вот табличка:

На небе Земли:

Венера	−4,3
Марс	−2,8
Юпитер	−2,5
Меркурий	−1,2
Сатурн	−0,4
Уран	+5,7
Нептун	+7,6

Просматривая ее, видим, что Венера ярче Юпитера почти на две звездные величины, т. е. в $2{,}5^{1{,}8} \approx 5$ раз, а Сириуса в $2{,}5^{2{,}7} \approx 12$ 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 »	−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 впятеро менее ярок, чем Солнце!

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
Венера с Земли	−4,3
Венера с Марса	−3,2
Юпитер с Марса	−2,8
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

Табличка показывает, что на небе главных планет самыми яркими светилами являются: Венера, наблюдаемая с Меркурия, и Земля, видимая с Венеры.

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:

«Достойно 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 8½ 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 5000 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[1], — 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

[1] *Джеймс Хопвуд Джинс* (1877–1946) — британский физик-теоретик, астроном и математик (*примеч. ред.*).

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 бóльшую 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 бессилен 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 невооруженному 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

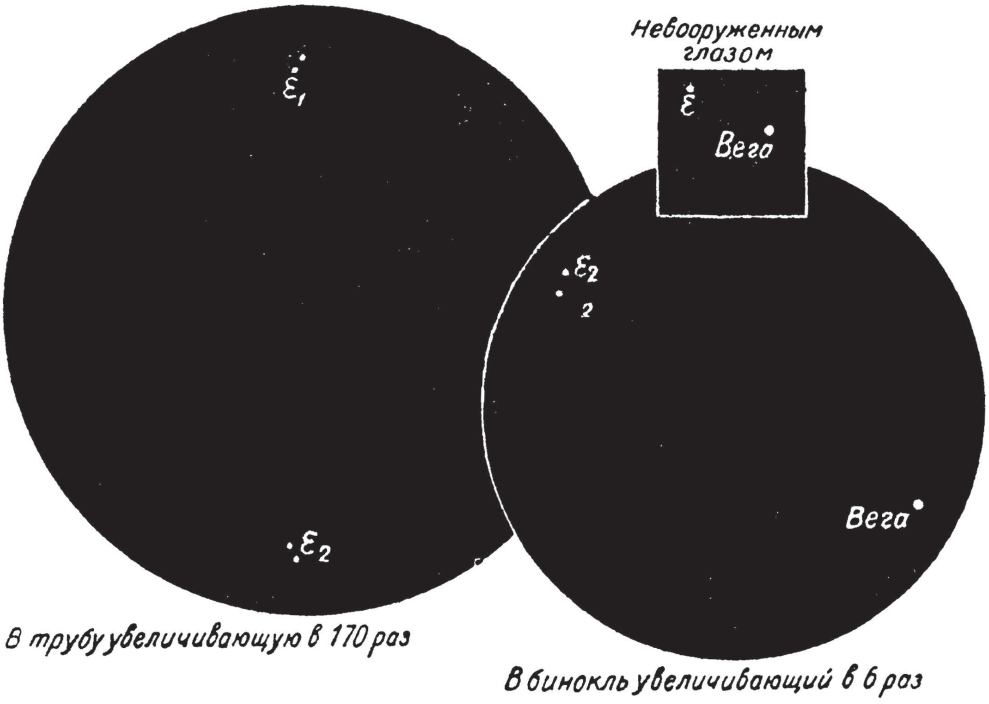


Рис. 86. Одна и та же звезда (близ Веги созвездия Лиры), как она видна простым глазом, в бинокль и в телескоп

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 поразительною точностью: современные астрономы измеряют углы величиною в 0,01 секунды. Под таким углом усматривается бронзовая копейка с расстояния 300 км или человеческий волос с расстояния 100 м!

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 диаметров звезд казалась неразрешимой.

Так обстояло дело до 1920 г., когда новые приемы и орудия исследования открыли астрономам путь к измерению истинных размеров звезд.

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. Хэля, 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, требующего 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 полоски исчезнут: присутствие их обусловлено взаимодействием двух световых пучков.

Допустим теперь, что отверстия перед объективом трубы сделаны в подвижных пластинках, так что взаимное их удаление можно изменять. По мере их раздвижения

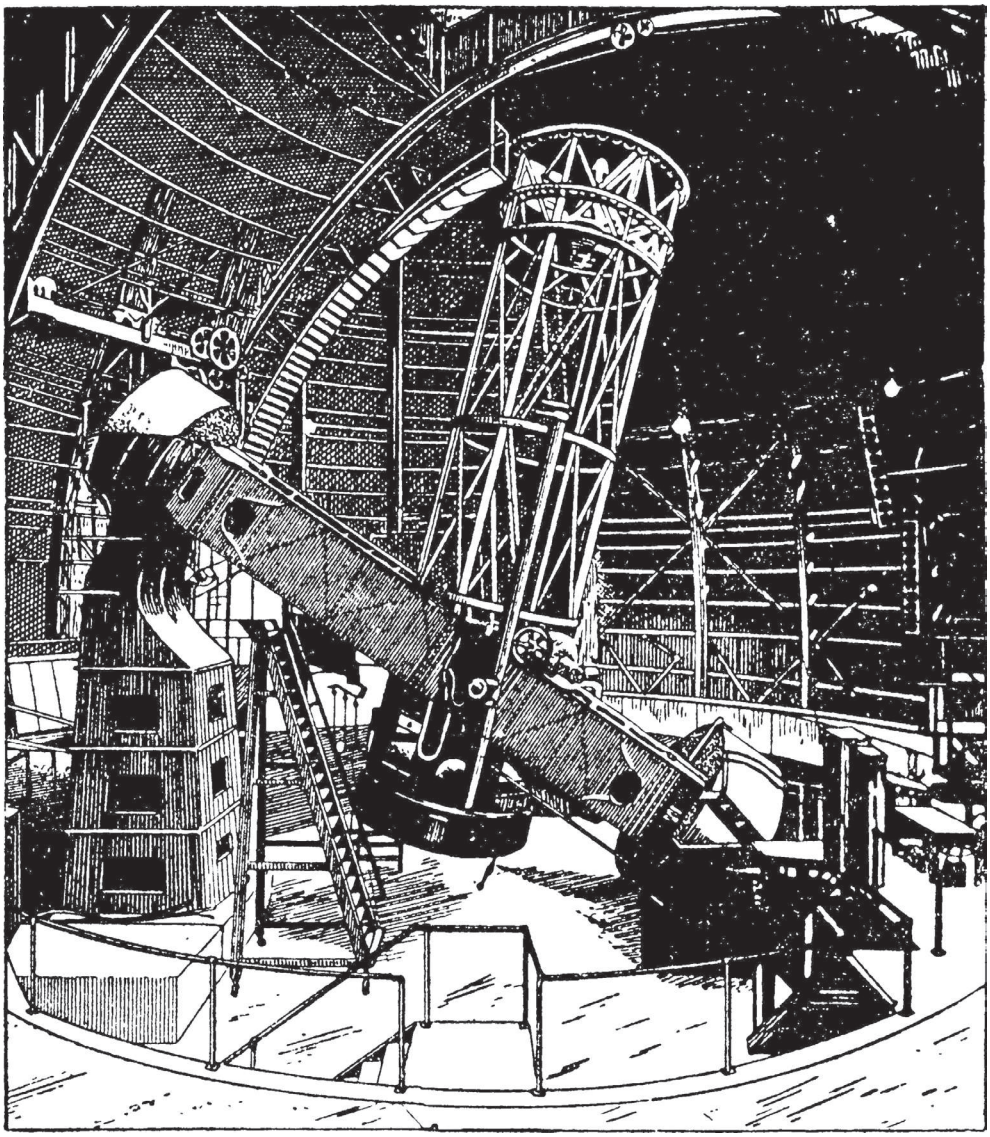


Рис. 87. Величайшим телескопом мира располагает обсерватория на горе Вильсон в США. Диаметр зеркала этого инструмента — 250 см. Сейчас сооружается в США еще больший телескоп — с зеркалом в 5 м

темные интерференционные полосы становятся все менее ясными 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 наблюдателя, 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 окольный 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 12 раз больше солнечного, Сириуса — в 3,4 раза, Полярной — в 100 раз, Веги — в 5½ раза, а спутника Сириуса составляет 0,01 солнечного.

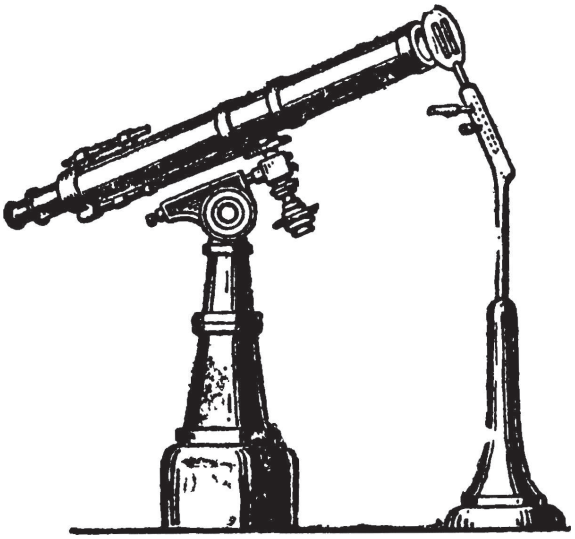


Рис. 88. Схема опыта, объясняющего устройство прибора (интерферометра) для измерения углового поперечника звезд. Впереди объектива — крышка с двумя раздвигающимися отверстиями

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 поперечник примерно в 1½ 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 400 раз больше диаметра нашего Солнца и, значит, в 1¾ раза больше поперечника земной орбиты (см. рис. стр. 146).

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».

Рис. 89. Звезда-гигант Антарес (в созвездии Скорпиона) могла бы включить в себя наше Солнце с земной орбитой

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 3000°, 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 бóльшая часть звезд, которые мы видим на небе, — молодые солнца, переживающие раннюю стадию своего жизненного пути[1].

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 яркость всех звезд, доступных телескопу, равна яркости звезды минус 6,6 величины (см. стр. 155). 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

[1] Наиболее вероятный средний возраст звезд, по новейшим исследованиям, исчисляется 5 миллионами миллионов лет.

[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 (*примеч. ред.*).]

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

$$30' : 10\,000 \approx 0'',2.$$

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 двадцатимиллиардную долю всего неба!

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.

Спутник Сириуса, — так называемый «Сириус В», — обращается около главной

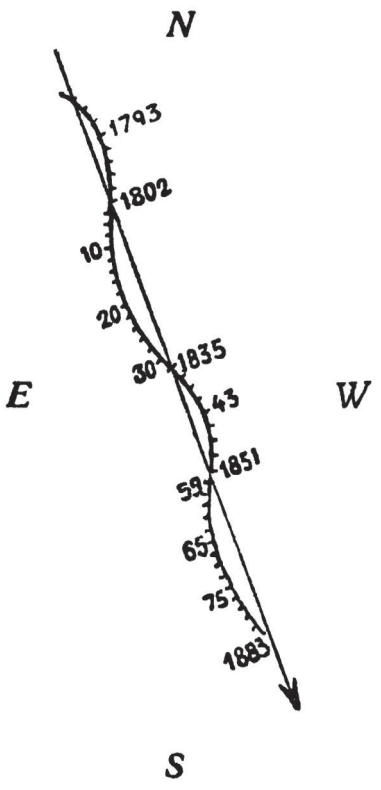


Рис. 90. Извилистый путь Сириуса среди звезд в промежуток времени с 1793 г. по 1883 г.

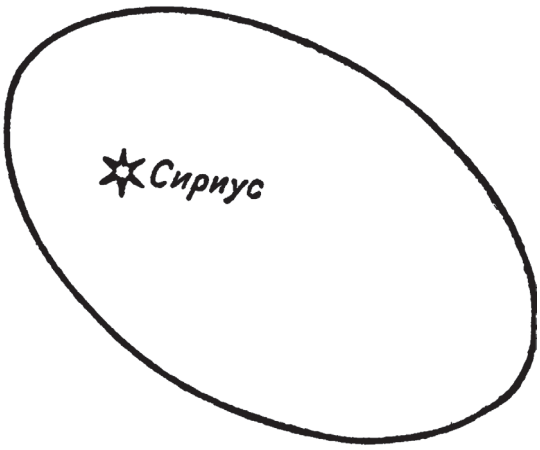


Рис. 91. Орбита спутника Сириуса по отношению к Сириусу. Спутник этой яркой звезды есть также звезда, но не столь крупная и яркая. (Сириус не занимает фокуса видимого эллипса, потому что истинный эллипс искажен проекцией — мы видим его под углом)

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 Солнца[1]. На расстоянии Сириуса наше Солнце должно было бы светить звездой 2-й или 3-й величины[2]; если бы поэтому спутник Сириуса имел поверхность, уменьшенную по сравнению с солнечной пропорционально отношению масс этих светил, то при той же температуре он должен был бы сиять, как звезда примерно 2-й величины, а не 8–9-й. Столь слабую яркость астрономы первоначально объясняли низкой температурой на поверхности этой звезды; ее рассматривали, как гаснущее солнце, покрывающееся уже твердой корой.

Но такое допущение оказалось ошибочным. Лет 25 назад[3] в Вильсоновской обсерватории (в Калифорнии) 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.

[1] Возможно, что у этого спутника есть также свой спутник — слабая звезда, обращающаяся около него в 1½ земных года. Следовательно, Сириус, может быть, тройная звезда.

[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 (*примеч. ред.*).]

[2] По уточненным данным — 1,8-й величины (*примеч. ред.*).

[3] Напоминаем, что текст написан в 1930-е гг. (*примеч. ред.*).

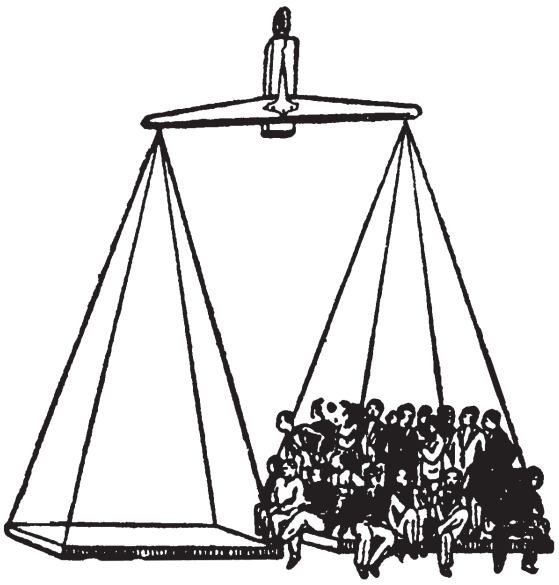


Рис. 92. Спутник Сириуса состоит из вещества, в 60 тысяч раз более плотного, чем вода. Несколько кубических сантиметров этого вещества могло бы уравновесить груз из двух десятков человек

Это совершенно меняет дело. Слабую яркость приходится, следовательно, приписать 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 $\sqrt{360}$, т. е. в 19 раз меньше солнечного. Отсюда заключаем, что объем спутника Сириуса должен составлять менее чем 6800-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.

«Навострите уши, физики: замышляется вторжение в вашу область», — приходят на память слова Кеплера, сказанные им, конечно, по другому поводу. Действительно, 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 обстоит 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;

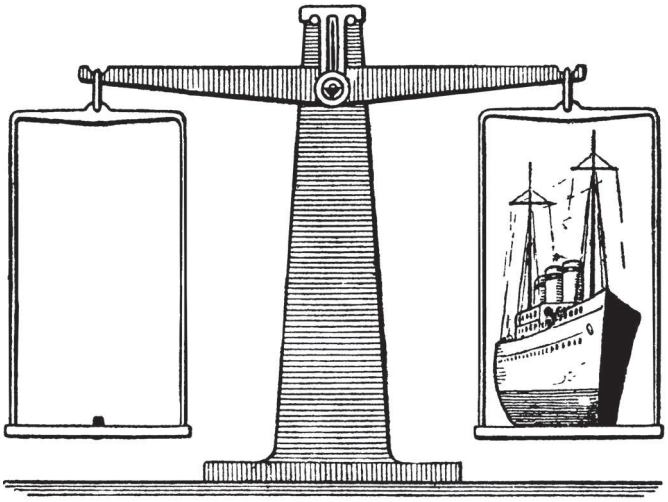


Рис. 93. Один см³ атомных ядер мог бы уравновесить океанский пароход, даже и при весьма неплотной упаковке их. Плотно же уложенные ядра весили бы в объеме 1 см³ 10 миллионов тонн!

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 Мааненом). 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 $1/10^{12}$ объема атома. 1 м³ металла содержит всего около $1/1000$ 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 оказанного 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

[1] Е. Рабинович и Э. Тило, «Периодическая система элементов», 1930. Русский перевод 1933 г.

13-й величины в созвездии Кассиопеи, открытой в конце 1935 г. в Калифорнийской обсерватории Лика. Будучи по объему не больше Марса и в 8 раз меньше земного шара, звезда эта обладает массой, почти втрое превышающей массу нашего Солнца (точнее — в 2,8 раза). В обычных единицах средняя плотность его вещества выражается числом 36 000 000 г/см^3. Это означает, что 1 см^3 такого вещества весил бы на Земле более 36 т! Вещество это, следовательно, плотнее золота почти в 2 миллиона раз[1]. 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.

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 непрестанно 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 звезды[2], 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 планет; известны звезды — их называют «летящими» — 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 миллиарды километров ежегодно, то почему не замечаем мы этого бешеного движения? Почему звездное небо представляет издавна картину величавой неподвижности?

Причину нетрудно отгадать: она кроется в невообразимой удаленности звезд. Случалось ли вам наблюдать с возвышенного пункта за поездом,

---

[1] В центральной части этой звезды плотность вещества должна достигать неимоверно большой величины, примерно миллиарда граммов в см^3!

[2] Имеются в виду звезды, входящие в состав «нашего» звездного скопления — Млечного Пути.

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

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.

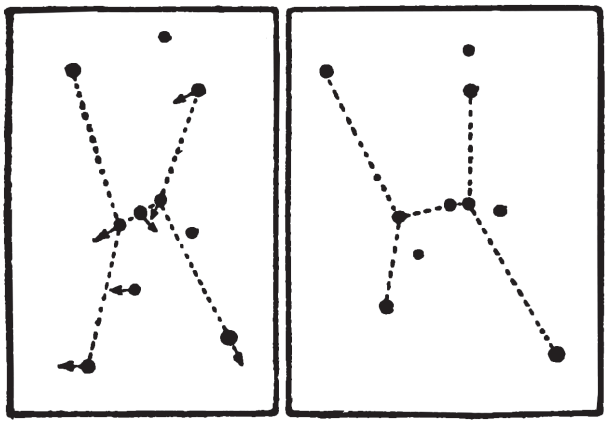


Рис. 95. В каких направлениях движутся звезды Ориона (рисунок налево) и как это движение изменит вид созвездия через 75 тысяч лет

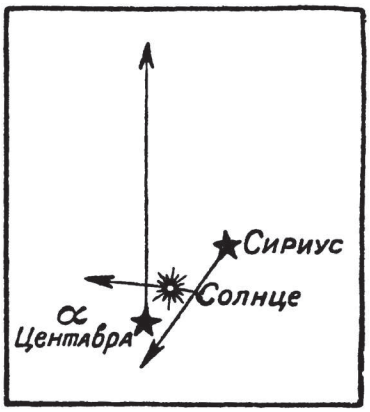


Рис. 96. Три звездных соседа — наше Солнце, альфа Центавра и Сириус — разбегающиеся в разные стороны

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 предстоит перед нами окаменевшим в своей неподвижности.

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:

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

«Допустим в воображении, что мы выбрали место в пространстве где-то недалеко от Солнца и наблюдаем, 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».

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»[1]. В таких мерах расстояние Юпитера от Солнца равно 5,2, Сатурна — 9,54, Меркурия — 0,387, и т. п.

Но для расстояний от нашего Солнца до других солнц сейчас приведенная мера слишком коротка. Например, расстояние до самой близкой к нам звезды (до так называемой Проксимы в созвездии Центавра, красноватой звездочки 11-й величины[2]) 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,

---

[1] Точное значение а. е. — 149 597 870 700 м (*примеч. ред.*).

[2] Почти рядом с этой звездой находится яркая звезда α Центавра (*примеч. ред.*).

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 9½ триллионов км.

Сложнее происхождение другой единицы звездных расстояний, к которой астрономы прибегают охотнее, — *парсека*. Парсек это расстояние, на которое надо удалиться, чтобы полудиаметр земной орбиты виден был под углом в одну угловую секунду. Угол, под каким виден со звезды полудиаметр земной орбиты, называется в астрономии «годичным параллаксом» этой звезды. От соединения слов «параллакс» и «секунда» образовано слово «парсек». Параллакс названной выше альфы Центавра — 0,76 секунды; легко сообразить, что расстояние до 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 = 30 800 000 000 000 км.

Вот расстояния до нескольких ярких звезд, выраженные в парсеках и световых годах:

	Парсек	Свет. год
Альфа Центавра	1,31	4,3
Сириус	2,67	8,7
Процион	3,39	11,0
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 биллионов раз (разумея под биллионом миллион миллионов). Однако световой год и парсек — не самые еще крупные меры, употребляемые в науке о звездах. Когда астрономы приступили к измерению 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: составился *«килопарсек»*, равный 1000 парсекам, или 30 800 триллионам км. В этих мерах, например, поперечник Млечного Пути выражается числом 30, а расстояние от нас до туманности Андромеды — 300.

Но и килопарсек вскоре оказался недостаточно большой мерой; пришлась ввести в употребление *«мегапарсек»*, содержащий *миллион* парсеков.

Итак, вот таблица звездных мер длины:

1 мегапарсек = 1 000 000 парсеков;
1 килопарсек = 1000 »
1 парсек = 206 265 астроном. единиц;
1 астр. единица = 149 500 000 км.

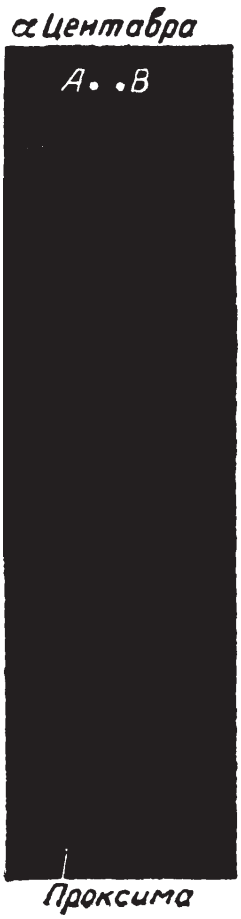
Представить себе мегапарсек наглядно нет никакой возможности. Даже если уменьшить километр до толщины волоса (0,05 мм), то мегапарсек и тогда будет превосходить силу человеческого воображения, так как сделается равным 1½ миллиардам км — 10-кратному расстоянию от Земли до Солнца.

Приведу, впрочем, одно сопоставление, которое, быть может, облегчит читателю оценку невообразимой огромности мегапарсека. Тончайшая паутинная нить, протянутая от Москвы до Ленинграда, весила бы 10 г, от Земли до Луны — не более 6 кг. Такая же нить длиною до Солнца весила бы 2,3 т. Но протянутая на длину одного мегапарсека она должна была бы весить —

500 000 000 000 тонн!

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 A и альфа Центавра B), на 3960 астрономических единиц. Вот их параллаксы:



Альфа Центавра (A и B) . . . . 0″,747
Проксима Центавра . . . . . 0″,768

Так как звезды A и B отделены друг от друга расстоянием только в 34 астрономических единицы, то вся

Рис. 98. Система ближайшей к нам звезды (после Солнца): A, B и Проксима Центавра

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 59 «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 ⅕ долю, но светит в 3 раза менее ярко; соответственно этому, и поверхностная температура ее ниже, нежели солнечная (4400°, Солнце — 6000°).

Еще холоднее Проксима: температура на ее поверхности 3000°; звезда эта красного цвета. Диаметр ее в 14 раз меньше солнечного, так что по размерам эта звездочка даже несколько меньше Юпитера и Сатурна (превосходя их, однако, по массе в сотни 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 250 раз больше, чем Плутон от Солнца, и в 1000 раз дальше, чем Сатурн, который она едва превосходит по размерам!

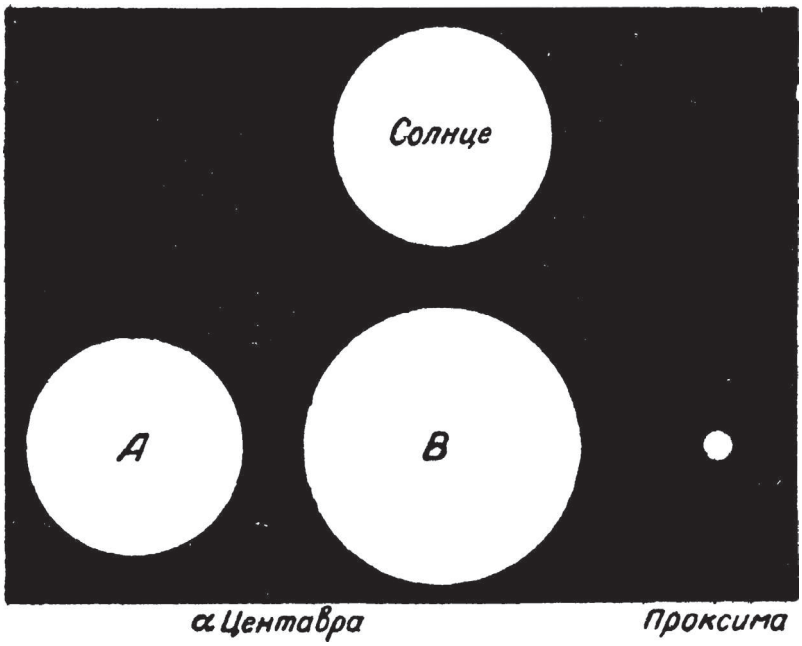


Рис. 99. Размеры звезд системы альфа Центавра по сравнению с размерами Солнца

После тройной звезды Центавра следующая близкая соседка нашего Солнца — маленькая звездочка (9,7 величины) в созвездии Змееносца, названная «Летящей звездой». Такое наименование она получила из-за чрезвычайно быстрого видимого движения, которым она наделена. Звезда эта в 1½ раза дальше от нас, чем система 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 Процион — все не одиночные, а двойные или тройные.

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 2700 км, Сириус — в 5500 км, Альтаир — в 9700 км. Этим «ближайшим» звездам даже на модели было бы тесно в Европе. Для звезд, более отдаленных, возьмем меру крупнее километра — именно, 1000 км, называемую «мегаметром» (Мм). Таких единиц всего 40 в окружности земного шара и 380 — между Землей и Луной. Вега была бы в нашей модели удалена на 17 Мм, Арктур — на 23 Мм, Капелла — на 28 Мм, Регул — на 53 Мм, Денеб (α Лебедя) — более чем на 350 Мм. Расшифруем это последнее число. 350 Мм = 350 000 км, т. е. немного меньше расстояния до 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 30 000 Мм — почти в 100 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 4000 Мм, Большое — в 5500 Мм, удалив их на 70 000 Мм от модели Млечного Пути. Модели туманности Андромеды мы должны были бы дать поперечник в 60 000 Мм и отодвинуть его от модели Млечного Пути на 500 000 Мм, т. е. почти что на действительное расстояние до Юпитера!

Самый отдаленный небесный объект, с каким имеет дело современная астрономия, открыт недавно с помощью знаменитого, величайшего в мире телескопа американской обсерватории Маунт Вильсон[1]. Это — звездная туманность[2], 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 самостоятельно 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?»

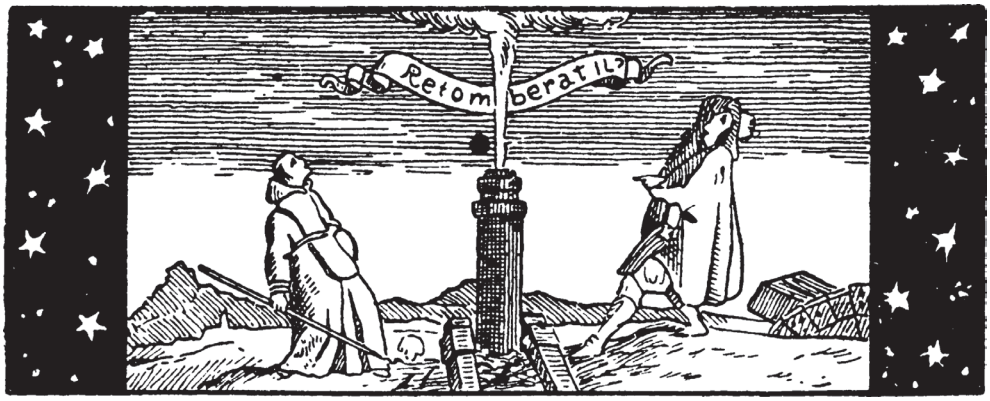
Интересующимся особенностями звезд и устройством звездной Вселенной советуем внимательно прочитать следующие книги:

Рессел, Дэган, Стюарт, «Астрономия», т. II (есть русск. пер. 1935 г.).
Джинс, «Движение миров» (русск. пер. 1932 г.).
Джинс, «Вселенная вокруг нас» (русск. пер. 1932 г.).

[1] Самый удаленный объект Вселенной (13,6 млрд световых лет от Солнца) — JADES-GS-z13-0, галактика лаймановского разрыва, обнаруженная космическим телескопом «Джеймс Уэбб» в сентябре 2022 года (*примеч. ред.*).

[2] Упомянутая сейчас отдаленнейшая туманность обладает еще одним замечательным свойством: она наделена неимоверной быстротой движения. Это звездное скопление удаляется от нас, как одно целое, со скоростью 80 000 км в секунду! Расстояние, равное поперечнику земной орбиты, туманность эта проходит примерно за один час. Более быстрого небесного объекта астрономическая наука не знает.

[Этот комментарий Я. П. нуждается в уточнении. В 2005 г. астрономами были обнаружены так называемые *гиперскоростные звезды*. Самая быстрая из них — S5-HVS1, звезда в созвездии Журавля, находящаяся в 29 000 световых лет от Солнца: она движется со скоростью 1755 км/с (*примеч. ред.*).]



ГЛАВА ПЯТАЯ

ТЯГОТЕНИЕ

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 8000 м в первую секунду; снаряд этот должен через 70 минут достичь высоты 6400 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 6400 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 4000 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. Фламмарионом 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 Фламмарион, — потому что редко можно найти пушку, хорошо калиброванную, и очень

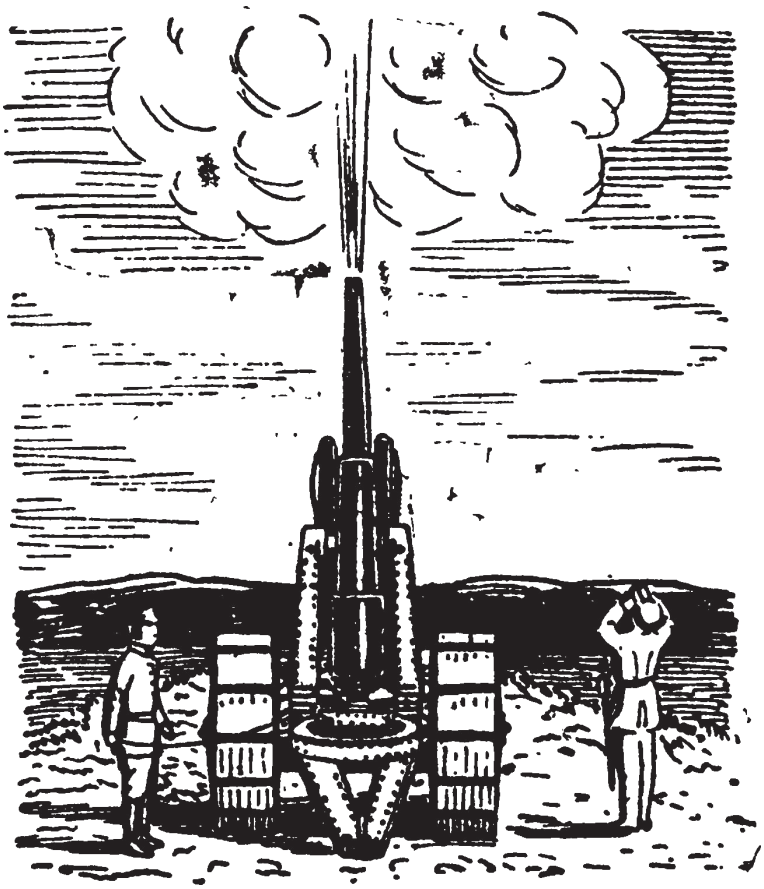


Рис. 100. Задача о пушечном ядре, брошенном отвесно

нелегко установить ее совершенно отвесно. Мерсен и Пти пытались это сделать в XVII в., но они даже и вовсе 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. 183). 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 Страсбурге ядро отыскалось 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 фламмарионово 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 математики[1]. 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

$$x = \frac{4}{3}\omega\frac{v^3}{g^2}, \qquad (1)$$

а на широте φ

$$x = \frac{4}{3}\omega\frac{v^3}{g^2}\cos\phi. \qquad (2)$$

Применяя формулу к задаче, поставленной немецким автором, имеем

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164},$$

$$v = 8000 \text{ м/сек},$$

$$g = 9{,}8 \text{ м/сек}^2.$$

[1] Для этой цели необходим специальный обстоятельный расчет, который по моей просьбе был выполнен специалистами. В подробности этого расчета я здесь входить не могу.

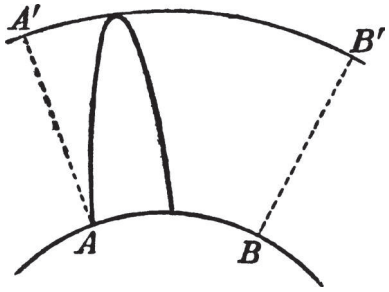


Рис. 101. Неверное решение задачи о пушечном ядре: ядро полетит по кривой линии и упадет будто бы на 4000 км к западу от места выстрела

Подставив эти величины в формулу (1), получаем $x = 520$ км: ядро упадет в 520 км к западу от пушки (а не в 4000 км, как думал немецкий автор).

Что же дает формула для случая, рассмотренного Фламмарионом? Выстрел произведен был не на экваторе, а близ Парижа на широте 48°. Начальную скорость ядра старинной пушки примем равной 300 м/с. Подставив в формулу (2)

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164},$$

$$v = 300 \text{ м/сек},$$

$$g = 9{,}8 \text{ м/сек}^2,$$

$$\varphi = 48°,$$

получаем $x = 18$ м: ядро упадет на 18 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.

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 6400 км, т. е. в месте, удаленном

от центра Земли на 2 земных радиуса, ослабевает в 4 раза по сравнению с силою 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 фантастическою скоростью 8000 м в секунду, мы приняли, что он поднимется до высоты 6400 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/сек, g =9,8 м/сек^2 получаем

$$h=\frac{8000^2}{2\times 9{,}8} = 3\ 265\ 000 \text{ м} = 3265 \text{ км}.$$

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 ослабления силы тяжести с высотой. Ясно, что если снаряд притягивается Землей слабее, он должен — при данной скорости — подняться выше.

Не следует спешить с заключением, что приводимые в учебниках формулы для вычисления высоты подъема тела, брошенного вверх, неверны. Они верны в тех границах, для которых предназначаются, и становятся неверными лишь тогда, когда вычислитель выходит с ними за указанные границы. Предназначаются же эти формулы для весьма небольших высот, где ослабление силы тяжести еще настолько незначительно, что им можно пренебречь. Так, для снаряда, брошенного вверх с начальной скоростью 300 м в секунду, ослабление силы тяжести сказывается весьма мало заметно.

Но вот интересный вопрос: ощутительно ли уменьшение силы тяжести для высот, с которыми имеет 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: ½ т на высоту 11 458 м, 1 т — на 12 100 м и 2 т 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 6400 км; поднятие на 12 км увеличивает это расстояние до 6412 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 2000 кг на 11 295 м. На этой высоте самолет находится дальше от центра земного шара, нежели при старте, в $\frac{6411{,}3}{6400}$ 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 расчета[1]), то выяснится, что груз в 2000 кг на рекордной высоте весил только 1993 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.

Еще бóльшую 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 5000 кг на высоту 8919 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 7032 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.

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.

[1] Можно пользоваться приближенными равенствами

$$(1+\alpha)^2 = 1+2\alpha \quad \text{и} \quad 1:(1+\alpha) = 1-\alpha,$$

где α — весьма малая величина. Поэтому

$$2000:\left(1+\frac{11{,}3}{6400}\right)^2 = 2000:\left(1+\frac{11{,}3}{3200}\right) = 2000-\frac{11{,}3}{1{,}6} = 2000-7.$$

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. Кружок 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.

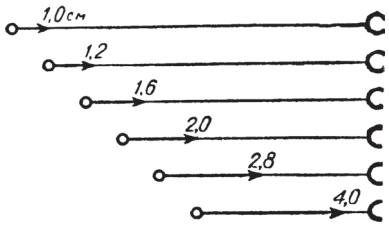


Рис. 102. Сила притяжения планеты Солнцем увеличивается с уменьшением расстояния

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 $\left(\frac{10}{9}\right)^2$, 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 тысяч км сила притяжения соответственно выразится стрелками в 2, в 2,8 и в 4 единицы длины.

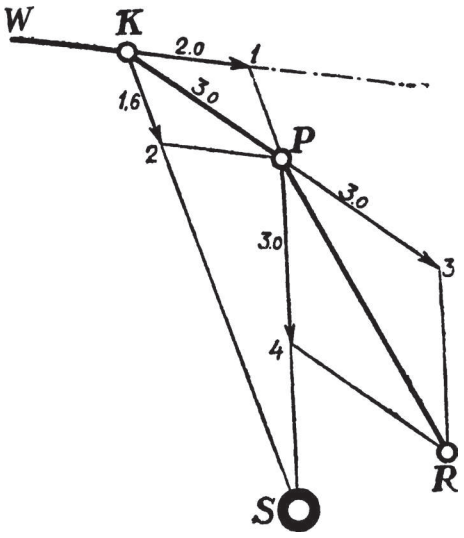


Рис. 103. Как Солнце S искривляет путь (WKPR) планеты

Можно представить себе, что те же стрелки изображают не только притягивающие силы, но и перемещения, которые тело совершает под влиянием этих сил в равные промежутки времени (перемещения пропорциональны силам). В дальнейших наших построениях мы будем пользоваться этим чертежом как готовым масштабом перемещений планеты.

Приступим теперь к построению пути планеты, обращающейся вокруг Солнца. Пусть из мирового пространства (*W*, черт. 103) вынырнула планета *K* той же массы, что и сейчас рассмотренная, очутилась в соседстве с Солнцем *S* и подпала под действие его притяжения. Когда планета окажется в расстоянии 800 000 км от Солнца, притяжение, мы знаем, будет действовать на нее с такой силою, что заставит ее в некоторый промежуток времени переместиться по направлению к Солнцу на 1,6 единицы длины; за тот же промежуток времени планета продвинется в первоначальном направлении на 2 единицы. В результате она переместится по диагонали *KP* параллелограмма, построенного на перемещениях *K*1 и *K*2; эта диагональ равна 3 единицам длины.

Очутившись в точке *P*, планета стремится двигаться дальше по направлению *KP* со скоростью 3 единиц. Но в то же время под действием притяжения Солнца в расстоянии *SP* = 5,8, она должна в другом направлении пройти путь *P*4 = 3. В результате она пройдет диагональ *PR* параллелограмма.

Дальше вести построение на том же чертеже мы не станем: масштаб слишком крупен. Понятно, что чем масштаб мельче, тем бóльшую часть пути планеты удастся нам поместить на чертеже и тем меньше будет резкость углов нарушать сходство нашей схемы с истинным путем планеты. Рис. 104 дает

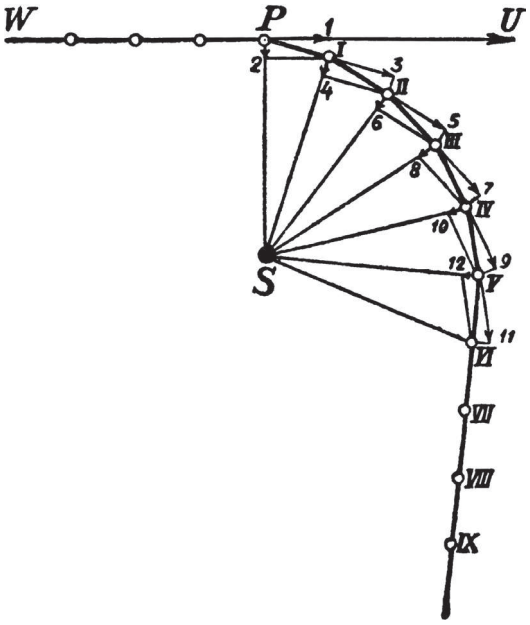
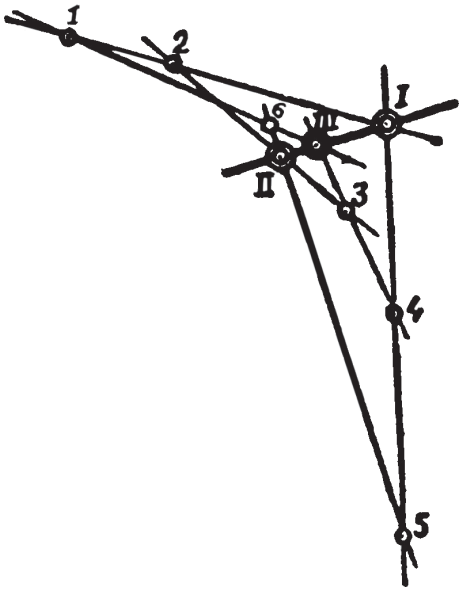


Рис. 104. Солнце S отклоняет планету P от ее первоначального прямого пути WU, заставляя ее описывать кривую линию, но в данном случае не захватывает ее: планета идет далее по пути VI–IX

ту же картину в масштабе более мелком. Здесь явно видно, как Солнце отклоняет планету от ее первоначального пути и заставляет следовать по кривой P–I–II–III–IV–V–VI; в точке VII планета вновь ускользает от власти солнечного притяжения и прямолинейно уносится в мировое пространство. Углы построенного пути здесь не так резки, и отдельные положения планеты нетрудно уже соединить плавной кривой линией.

Что же это за кривая? Ответить на этот вопрос поможет нам геометрия. Наложите на черт. 104 листок прозрачной бумаги и перенесите на нее шесть произвольно взятых точек планетного пути. Выбранные 6 точек (черт. 105) перенумеруйте в любом порядке и соедините между собою в той же последовательности прямыми отрезками. Вы получите вписанную в путь планеты шестиугольную фигуру, частью с перекрещивающимися сторонами. Продолжите теперь прямую 1–2 до пересечения с линией 4–5 в точке I. Таким же образом получите точку II на пересечении прямых 2–3 и 5–6, затем точку III — на пересечении 3–4 и 1–6. Если исследуемая нами кривая есть одно из так называемых «конических сечений», т. е. эллипс, парабола или гипербола, то три точки I, II и III должны оказаться на одной прямой линии. Такова геометрическая теорема (к сожалению, не из числа тех, что проходятся в средней школе), носящая название «шестиугольника Паскаля».

Рис. 105. Геометрическое доказательство того, что небесные светила движутся по коническим сечениям. (Подробности в тексте)



Тщательно выполненный чертеж всегда даст указанные точки пересечения на одной прямой. Это доказывает, что исследуемая кривая есть либо эллипс, либо парабола, либо гипербола. К чертежу 104 первое, очевидно, не подходит (кривая незамкнутая); значит, планета двигалась здесь по параболе или гиперболе. Соотношение первоначальной скорости и силы притяжения таково, что Солнце лишь отклоняет планету от прямолинейного пути, но не в состоянии заставить ее обращаться вокруг себя, «захватить» ее, как говорят астрономы.

Случай «захвата» мы имеем на черт. 106. Начало построения здесь

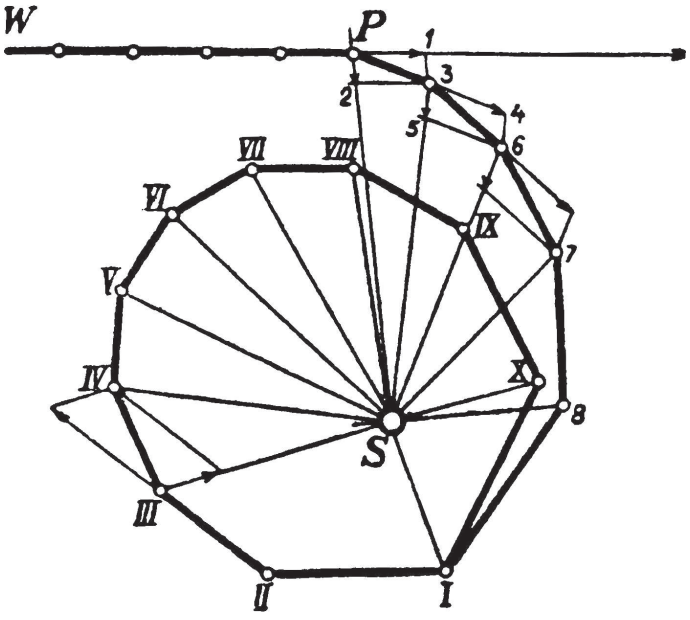


Рис. 106. Захват планеты Солнцем (S): планета начинает двигаться по замкнутой орбите

такое же, как и в предыдущем случае. Планета начинает отклоняться в точке *P*, на том же расстоянии от солнца *S*, как на черт. 104. Но так как первоначальная скорость планеты на этот раз меньше, то 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 подтверждено 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 часть кривой 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

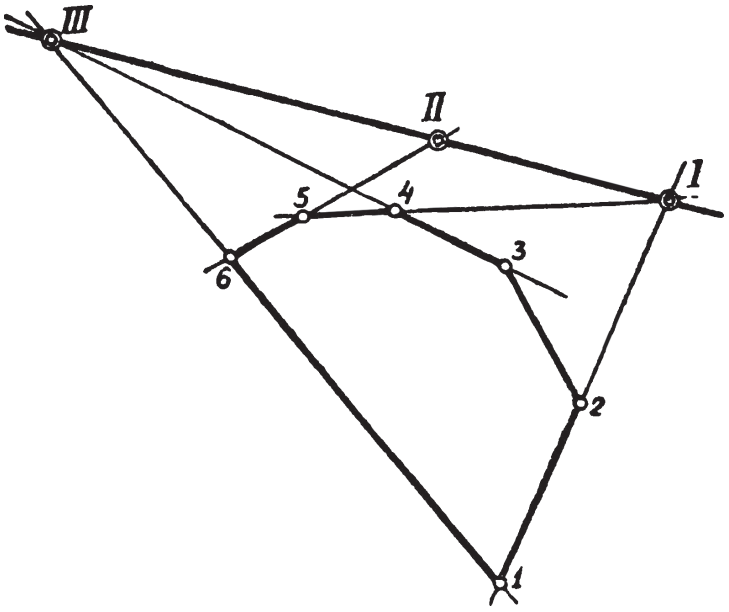


Рис. 107. Путь «захваченной» планеты есть коническое сечение.
(Арабские цифры этого чертежа отвечают римским предыдущего)

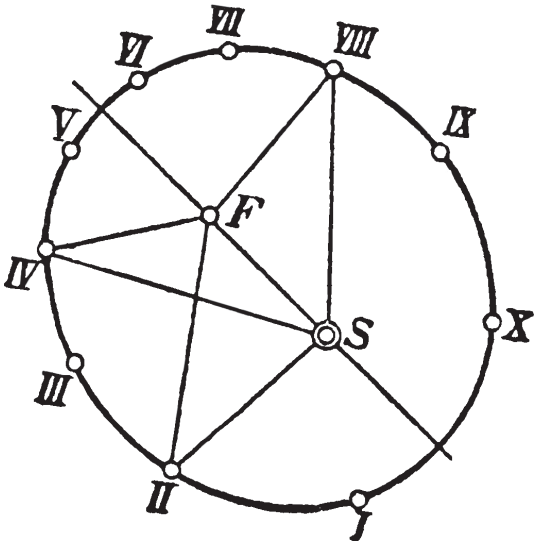


Рис. 108. Эллиптический путь планеты. F и S — фокусы. Сумма расстояний FVIII + SVIII = FIV + SIV = FII + SII = большой оси эллипса (легко убедиться измерением)

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: под действием одновременного притяжения двух центров планета-пришелец описывает петлю, увлекающую ее прямо к Солнцу. Здесь принимается, что масса Солнца вдвое больше, чем масса планеты, принадлежащей к его системе. (Случай этот к нашей Солнечной системе неприложим: 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 дальше[1], возвращается к Солнцу и падает на него.

[1] Подобный случай рассмотрен Уэллсом в его рассказе «Звезда», который мы привели в конце главы III.

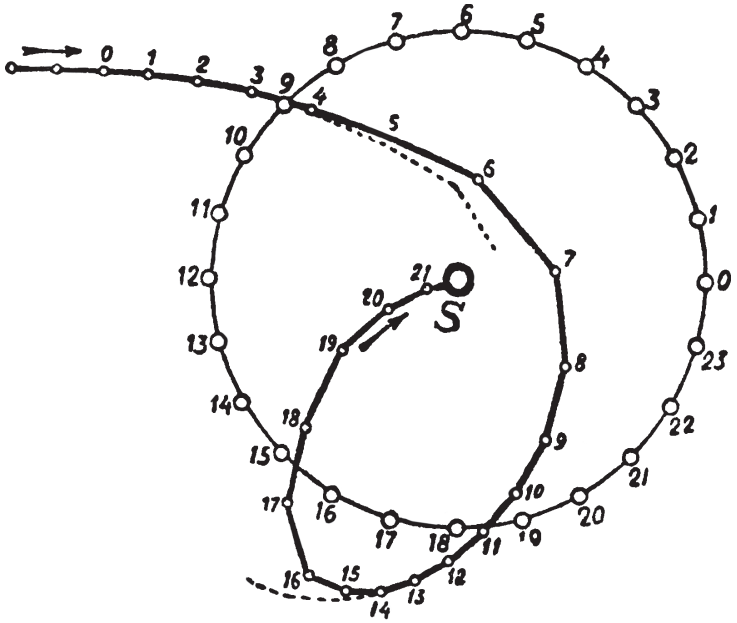


Рис. 109. Воображаемое вторжение постороннего светила в планетную систему. Одинаковыми цифрами обозначены одновременные положения вторгшегося тела и планеты на ее орбите. S — Солнце

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»[1].

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.

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 нетрудно вычислить, что переход энергии ее движения в теплоту породит чудовищный

[1] Задача трех тел в общем случае не имеет решения в виде конечных аналитических выражений (*примеч. ред.*).

жар, который мгновенно превратит наш мир в исполинское облако раскаленных газов...

Но если бы даже Земля при внезапной остановке избегла 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 черепашьей 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 больших полуосей их орбит.

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:

$$\frac{(\text{период обращения Земли})^2}{(\text{период обращения кометы})^2} = \frac{(\text{б. полуось орбиты Земли})^3}{(\text{б. полуось орбиты кометы})^3}.$$

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:

$$\frac{365^2}{(\text{период обращения кометы})^2} = \frac{1}{(0{,}5)^3},$$

откуда

$$(\text{период обращения кометы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8}.$$

Следовательно,

$$\text{период обращения кометы} = 365 \times \frac{1}{\sqrt{8}} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

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:

$$\frac{365}{\sqrt{8}}:2=\frac{365}{2\sqrt{8}}=\frac{365}{\sqrt{32}}=\frac{365}{5{,}65}.$$

Значит, чтобы узнать, во сколько времени Земля упала бы на Солнце, нужно продолжительность года разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,65. Это составит круглым счетом 65 дней.

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 5,65.

Поэтому, например, Меркурий, — самая близкая к Солнцу планета, — обращающийся в 88 дней, упал бы на Солнце в 15½ дней. Нептун, один «год» которого равняется 165 нашим годам, падал бы на Солнце 29 лет, а Плутон — 44 года.

Во сколько времени упала бы на Землю Луна, если бы внезапно остановился ее бег? Делим время обращения Луны — 27,3 дня — на 5,65; 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].

Наковальня Вулкана

Сейчас выведенным правилом воспользуемся для решения любопытной задачи из области мифологии. 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, где обитают боги; ведь с вершины Хеопсовой пирамиды наковальня долетела бы до земли всего в 5 секунд!

---

[1] Расчеты приведены в моей книге «Межпланетные путешествия».

[См. с. 538 настоящего издания (*примеч. ред.*).]

Нетрудно, 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. Намного 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: 9×5,65 = 51 суткам. Применим теперь к Луне и к нашему воображаемому спутнику-наковальне третий Кеплеров закон.

Составим пропорцию:

$$\frac{(\text{период обращения Луны})^2}{(\text{период обращения наковальни})^2} = \frac{(\text{расстояние Луны})^3}{(\text{расстояние наковальни})^3}.$$

Подставив числа, имеем:

$$\frac{27{,}3^2}{51^2} = \frac{380\,000^3}{(\text{расстояние наковальни})^3}.$$

Отсюда неизвестное расстояние наковальни от Земли нетрудно вычислить:

$$\text{расст. наковальни} = \sqrt[3]{\frac{51^2 \times 380\,000^3}{27{,}3^2}} = 380\,000\sqrt[3]{\frac{51^2}{27{,}3^2}}.$$

Вычисление дает следующий результат: 580 000 км.

Итак, вот как мизерно было на взгляд современного астронома расстояние до неба древних греков: всего в 1½ раза больше расстояния Луны. Мир древних кончался примерно там, где, по нашим представлениям, он только начинается.

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

$$x + 1\,800\,000 = 2 \times 150\,000\,000 \times \sqrt[3]{776^2}\,.$$

И, следовательно,

$$x = 25\,318\,000\,000 \text{ км}.$$

Мы видим, что рассматриваемые кометы должны уходить почти в 182 раза далее от Солнца, чем Земля, и значит, вчетверо дальше, чем последняя из известных нам планет — Плутон.

Ошибка в романе Жюля 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:

$$\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x+820)^3}{2^3 \times 150^3},$$

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 — 2 года — не могла бы уходить от Солнца так далеко, как указано в романе Жюля Верна.

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 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 нисколько ведь не интересует сила, с какою этот сахар давит на опору или натягивает нить привеса. Подобные свойства товара важны для нас, например, при покупке дроби для блочной лампы[1]. 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.

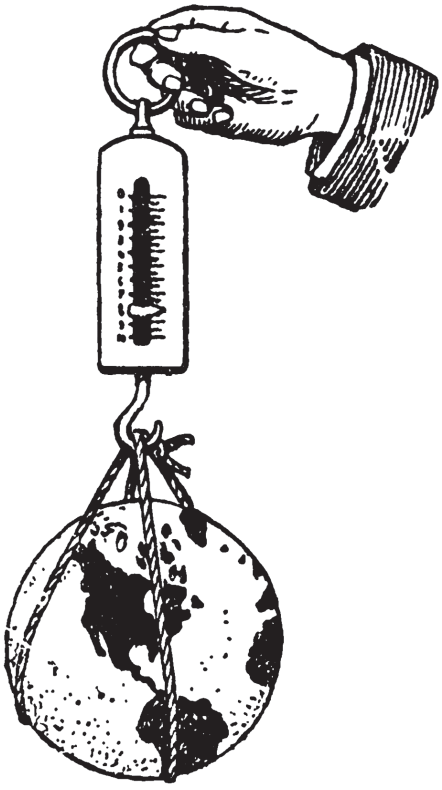


Рис. 110. На каких весах могли взвесить Землю?

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 какой силой 1 кг притягивается телом, масса которого известна. Затем определяют, с какой силой 1 кг притягивался бы

[1] Имеется в виду популярная до середины XX в. керосиновая лампа, подвешиваемая на цепях к потолку, с противовесом, в который для регулировки высоты насыпалась дробь (*примеч. ред.*).

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.

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 A, 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 A, 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 $A + x$, гири же на чашке 4 — с силою $Q - x$. Так как весы в равновесии, то

$$A + x = Q - x,$$

откуда

$$A = Q - 2x.$$

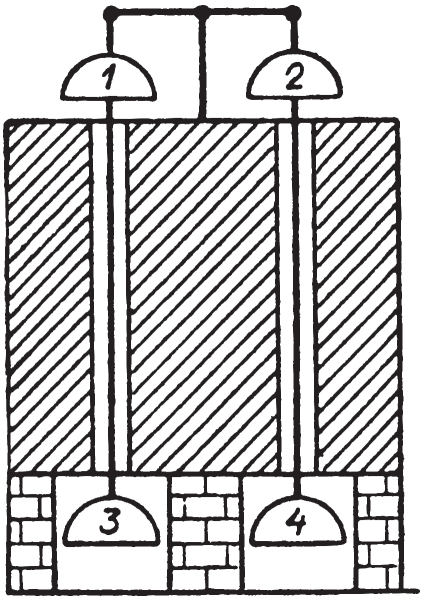


Рис. 111. Один из способов «взвесить» земной шар: весы профессора Рихарца

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 A будет на $2x$ меньше веса уравновешивающих его новых гирь Q_1. 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 A.

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 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 $6\,370\,000^2$ 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

$$\frac{6\,370\,000^2 \times 1\,000\,000}{0{,}721} \text{ раз.}$$

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:

$$6 \times 10^{24} \text{ кг.}$$ [1]

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.

[1] Современное, уточненное значение массы земного шара — $5{,}9726 \times 10^{24}$ кг (*примеч. ред.*).

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 оболочка[1] и ничего не известно о том, из каких веществ состоит остальная, значительно бóльшая часть ее объема.

Мы уже знаем, что дело происходило наоборот: определение массы земного шара предшествовало определению его средней плотности. Она оказалась равной 5,5 г на 1 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 масс[2].

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 кг и 1 кг на расстоянии 1 м притягиваются с силою 0,721 мг, можно вычислить, что 1 г притягивает 1 г на расстоянии 1 см с силою $\frac{1}{150\,000\,000}$ миллиграммов. Взаимное притяжение f двух тел с массою M и m на расстоянии D выразится, согласно Ньютонову закону всемирного тяготения, так:

$$f = \frac{1}{15\,000\,000} \times \frac{Mm}{D^2} \text{ миллиграммов.}$$

---

[1] Минералы земной коры исследованы только до глубины 25 км; расчет показывает, что в минералогическом отношении изучена всего $\frac{1}{83}$ 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 (*примеч. ред.*).

Если M — масса Солнца (в граммах), m — масса Земли, D — расстояние между ними, равное 150 000 000 км, то взаимное их притяжение в миллиграммах равно

$$\frac{1}{15\,000\,000}\times\frac{Mm}{15\,000\,000\,000\,000^2}$$ мг. [1]

С другой стороны, эта сила притяжения есть та центростремительная сила, которая удерживает нашу планету на ее орбите и которая по правилам механики равна (тоже в миллиграммах): $\frac{mv^2}{D}$, где m — масса Земли (в граммах), v — ее круговая скорость, равная 30 км/сек = 3 000 000 см/сек, а D — расстояние от Земли до Солнца. Следовательно,

$$\frac{1}{15\,000\,000}\times\frac{Mm}{D^2}=m\times\frac{3\,000\,000^2}{D}.$$

Из этого уравнения определяется неизвестное M (выраженное, как сказано, в граммах):

$$M = 2\times10^{33}\text{ г} = 2\times10^{27}\,m.$$

Разделив эту массу на массу земного шара, т. е. вычислив

$$\frac{2\times10^{27}}{6\times10^{21}},$$

получаем ⅓ 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 Нептун, 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

---

[1] Точнее, дин; дина = 0,98 мг.

[*Дина* — единица силы в системе единиц СГС.

СГС (CGS , «абсолютная физическая система единиц») — система единиц измерения, в которой основными единицами являются сантиметр, грамм и секунда. Была предложена немецким ученым Гауссом в 1832 г. Широко использовалась в науке вплоть до принятия в 1960 г. Международной системы единиц (СИ); в наши дни все еще продолжает использоваться в теоретической физике и в астрофизике (*примеч. ред.*).]

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 ⅛₁ массы Земли.

Зная диаметр Луны, вычисляем ее объем, он в 49 раз меньше объема Земли. Поэтому средняя плотность нашего спутника составляет:

$$\frac{49}{81} = 0{,}6$$ плотности Земли.

Значит, Луна в среднем состоит из более рыхлого вещества, нежели Земля, хотя и не столь малоплотного, как Солнце.

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 приравниваем 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:

$$\frac{mv^2}{D} = \frac{kmM}{D^2},$$

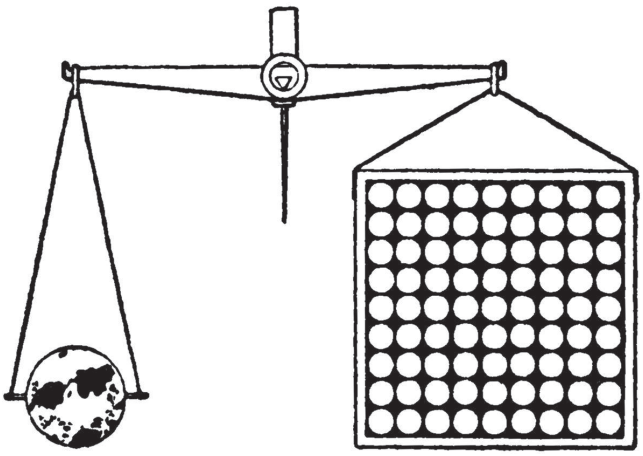


Рис. 112. Земной шар «весит» в 81 раз больше Луны

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	0,98
Венера	0,95
Земля	1,0
Марс	0,71
Юпитер	0,24
Сатурн	0,12
Уран	0,23
Нептун	0,31

Мы видим, что наша Земля — самая плотная из всех планет нашей системы. А исполин Сатурн — наиболее рыхлая: вещество его в среднем даже легче воды.

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 нетрудно 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[1] 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. 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 $\left(\frac{100}{27}\right)^2$ раз. Значит, в конечном итоге напряжение тяжести на поверхности Луны составляет

$$\frac{100^2}{27^2 \times 81} \text{ или } \approx \frac{1}{6} \text{ земного.}$$

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 с 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 водою 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	0,37
» Венере	0,90
» Земле	1,00
» Марсе	0,38
» Юпитере	2,54
» Сатурне	1,06
» Уране	0,89
» Нептуне	1,14
» Плутоне	0,06

Наша Земля занимает по силе тяжести 4-е место в Солнечной системе, после Юпитера, Сатурна и Нептуна[2].

[1] Здесь в очередной раз имеется в виду сила тяжести (*примеч. ред.*).

[2] Желающие подробнее познакомиться с проявлениями тяготения во Вселенной найдут много полезных сведений в общепонятно написанной книжечке проф. К. Л. Баева «Всемирное тяготение» (1936 г.).

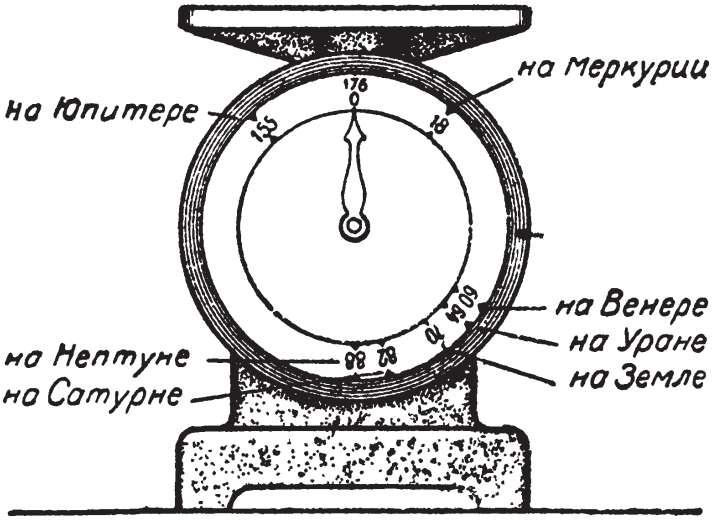


Рис. 113. Сколько весил бы человек на разных планетах [1]

Рекордная тяжесть

Самой большой величины достигает тяжесть на поверхности тех «белых карликов» типа Сириуса B, 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

$$2{,}8 \times 300\,000 \times 2^2 = 3\,700\,000 \text{ раз.}$$

1 см^3 воды, весящий на земле 1 г, весил бы на поверхности этой звезды почти 3¾ т! 1 см^3 вещества самой звезды (которое в 36 000 000 раз плотнее воды) должен в этом парадоксальном мире иметь чудовищный вес:

$$3\,700\,000 \times 36\,000\,000 = 133\,200\,000\,000\,000 \text{ г.}$$

Наперсток вещества, весящий сотню миллиардов тонн — вот диковинка, о существовании которой во Вселенной не помышляли еще недавно самые смелые фантасты.

---

[1] Рисунок из книги 1938 г., не учитывающий современных уточненных данных о тяжести на иных планетах по сравнению с земной (см. табличку на предыдущей странице) (*примеч. ред.*).

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»[1]. Чтобы не повторять сказанного там, замечу лишь следующее.

В небесной механике доказывается, что тела́, 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).

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 $\left(\frac{R}{r}\right)^2$ раз и одновременно ослабеть в $\left(\frac{R}{r}\right)$ раз (так как притягивающая часть планеты уменьшилась в указанное число раз). В конечном итоге сила притяжения должна *ослабеть* в

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 : \left(\frac{R}{r}\right)^2, \text{ т. е. в } \frac{R}{r} \text{ раз.}$$

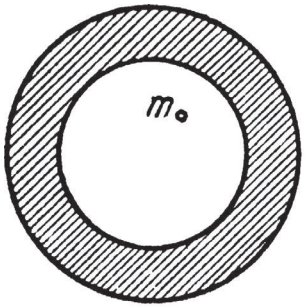


Рис. 114. Тело внутри шаровой оболочки не имеет веса

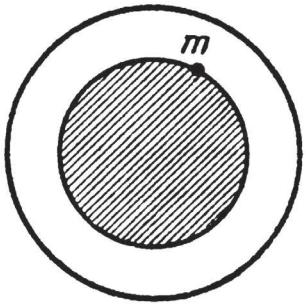


Рис. 115. От чего зависит вес тела в недрах планеты

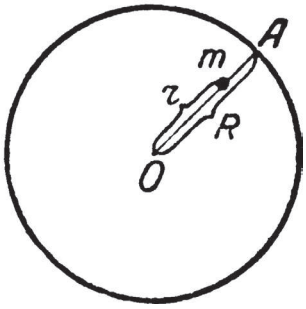


Рис. 116. Изменение веса с приближением к центру планеты

[1] См. «Занимательную физику. Книгу первую», главу «Где вещи тяжелее?» (*примеч. ред.*).

Значит, в глубине планет вес тела должен *уменьшиться* во столько же раз, во сколько раз уменьшилось расстояние до *центра*. Для планеты таких размеров, как наша Земля, имеющей радиус в 6400 км, углубление на 3200 км должно сопровождаться уменьшением веса вдвое; углубление на 5600 км — уменьшением веса в

$$\frac{6400}{6400-5600}$$, т. е. в 8 раз.

В самом центре планеты тело должно потерять свой вес полностью, так как

$$\frac{6400-6400}{6400}=0.$$

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 отступает от сейчас установленного: до некоторой (сравнительно небольшой) глубины притяжение возрастает и лишь при дальнейшем углублении начинает убывать.

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 пароход, 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.

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.

Рис. 117. Действие лунного притяжения на частицы земного шара

Сила, с какою притягивается Луной пароход в точке *A* (т. е. в лунную ночь), равна

$$\frac{kMm}{(D-r)^2},$$

где $k=\frac{1}{15\,000\,000}$. В точке *B* (в безлунную ночь) тот же пароход притягивается Луной с силою

$$\frac{kMm}{(D+r)^2}.$$

Разность обоих притяжений равна

$$kMm\times\frac{4r}{D^3\left[1-\left(\frac{r}{D}\right)^2\right]^2}.$$

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:

$$kMm\times\frac{4r}{D^3}.$$

Преобразуем его так:

$$\frac{kMm}{D^2}\times\frac{4r}{D}=\frac{kMm}{D^2}\times\frac{1}{15}.$$

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 $\frac{m}{6}$. На расстоянии *D* от Луны он весит $\frac{m}{6D^2}$. Так как *D* = 220 лунным радиусам, то

$$\frac{kMm}{D^2}=\frac{m}{6\times220^2}\approx\frac{m}{300\,000}.$$

Возвращаясь теперь к разности притяжений, имеем:

$$\frac{kMm}{D^2}\times\frac{1}{15}=\frac{m}{300\,000}\times\frac{1}{15}=\frac{m}{4\,500\,000}.$$

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.

Лунные и солнечные приливы

Сейчас рассмотренная задача помогает уяснить основную причину приливов и отливов. Не следует думать, что приливная волна поднимается просто оттого, 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 — на столько 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 вода[1].

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 × 81 раз. Расстояние от Солнца до Земли равно 23 400 земных радиусов, а от Луны до Земли — 60 земных

[1] Здесь отмечена лишь основная причина приливов и отливов; в целом явление это сложнее и обусловливается 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».

радиусов. Значит, притяжение Земли Солнцем относится к притяжению ее Луною, как

$$\frac{330\,000\times 81}{23\,400^2}:\frac{1}{60^2}\approx 170.$$

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

$$\frac{2kM_Cr}{D_C{}^3}:\frac{2kM_Lr}{D_L{}^3}=\frac{M_C}{M_L}\times\frac{D_L{}^3}{D_C{}^3}.$$

Будем считать массу Луны известной: $\frac{1}{81}$ массы Земли. Тогда, зная, что Солнце в 400 раз дальше Луны, имеем

$$\frac{M_C}{M_L}\times\frac{D_L{}^3}{D_C{}^3}=330\,000\times 81\times\frac{1}{400^3}=0{,}42\,.$$

Значит, приливы, порождаемые Солнцем, должны быть примерно в 2½ 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

$$\frac{x+y}{x-\text{y}}=\frac{100}{42},$$

откуда

$$\frac{x}{\text{y}}=\frac{71}{29}.$$

Значит, пользуясь прежде выведенной формулой,

$$\frac{M_C}{M_L}\times\frac{D_L{}^3}{D_C{}^3}=\frac{29}{71},$$

или

$$\frac{M_C}{M_L}\times\frac{1}{64\,000\,000}=\frac{29}{71}.$$

Так как масса M_C Солнца = 330 000 $M_З$, где $M_З$ — масса Земли, то из последнего равенства легко найти

$$\frac{M_З}{M_L}=80,$$

т. е. масса Луны составляет $\frac{1}{80}$ долю земной. Более точный расчет[1] дает для массы Луны величину 0,0123 (земной массы).

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 тысячу раз легче воды; почему же лунное притяжение не поднимает его на тысячекратную высоту? Однако это 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.

---

[1] В частности, связанный с измерениями периодических колебаний долгот планет и Солнца, происходящих вследствие движения земного шара вокруг барицентра — центра масс Земли и Луны (*примеч. ред.*).

Сказанное подготовляет 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 заключает в себе только массы Луны и Земли, радиус земного шара и расстояние от Земли и Луны. Ни плотность поднимаемой жидкости, ни глубина океана в эту формулу не входят. Заменив 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 ½ м, и только очертания берегов и дна, стесняя приливную волну, повышают ее в отдельных пунктах до десяти и более метров[1].

В безбрежном же воздушном океане ничто не может нарушать теоретической картины лунного прилива 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

$$\sqrt[4]{\frac{160}{10}} = 2 .$$

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН.

ДАЛЕКИЕ МИРЫ

В первом издании (1914 г.) эта книга была

Признана заслуживающей внимания для ученич. библ. ср. учебных завед. постановлениями Учен. Комитетов М. Н. Пр. и Главн. Упр. Землеустр. и Земледел.

Рекомендована для школьных библиотек Отделом Реформы Школы Народн. Комиссариата по Просвещ. и для школ грамотности Петр. Окр. Комисс. по Военным Делам.

Меры длины и веса в тексте — *метрические*. Читатель, не привыкший еще к этим мерам, должен иметь в виду, что

метр — почти полсажени; *километр* (1000 метров) — почти верста; *килограмм* — почти 2½ фунта.

В подписях под рисунками сохранены русские меры.

Текст и иллюстрации воспроизводятся по изданию:

Перельман Я. И. Далекие миры : Физ. описание планет. — 2-е изд. — Пг. : 4-я Гос. тип., 1919.

I. Далекие солнца и далекие миры

В необъятном море ярких точек, усеивающих звездное небо, есть светила, которые в миллионы раз ближе к нам и имеют совершенно иную природу, нежели все остальные звезды. Для беглого взгляда они теряются среди тысяч других; лишь иногда яркость некоторых из них и спокойный, почти не мерцающий свет привлекает наше внимание. И если, заметивши такие звезды, мы станем следить за ними изо дня в день, запоминая положение среди соседних, то вскоре обнаружим у них существенную особенность. В то время как все звезды от восхода до захода плывут по небу в стройном единении друг с другом, не изменяя очертаний своих причудливых фигур (созвездий), — эти немногие светила постоянно нарушают согласное шествие небесного воинства: порою они движутся медленнее остальных, словно отставая от общего течения, порою, напротив, забегают вперед, постепенно меняя свое положение среди неизменных узоров звездного неба.

Загадочная особенность этих звезд замечена была уже в глубокой древности. Человечество давно выделило их из тысяч других, присвоив им общее наименование «планет», т. е. (по-гречески) «странствующих» или «блуждающих» светил. Каждая планета получила имя одного из древних божеств; мифологические названия — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн — еще и теперь сохранились за планетами на языках всех образованных народов.

Но истинную природу «странствующих звезд» человечество постигло сравнительно лишь недавно. Всего три столетия прошло[1] с тех пор, как бессмертный Галилей, первый человек, направивший на небо зрительную трубу, мог воочию убедиться, что планеты — не самосветящиеся тела, а огромные темные шары, небесные сестры нашей Земли, лишь озаренные Солнцем. Они — такие же миры, как и обитаемый нами земной шар, только рассматриваемые с огромного расстояния. В столь страшном отдалении наша холодная Земля, залитая лучами Солнца, казалась бы тоже светящейся точкой. Эти далекие миры составляют вместе одну систему, одну широко раскинувшуюся планетную семью, в которой Солнце занимает срединное и первенствующее положение. А далеко за последней планетой нашей системы, в бездонных глубинах небесного пространства, горят и светят другие раскаленные солнца — звезды. Вокруг них, быть может, тоже кружат согреваемые ими планеты, — но мы ничего об этом не знаем. Могущественные телескопы, в тысячи раз усиливающие зоркость естественного зрения, не в состоянии показать

[1] Напоминаем, что текст написан в 1910-е гг., когда многие астрономические открытия еще не были сделаны, а уже полученные цифры и понятия нуждались в серьезной корректировке. Тем не менее при переиздании данной книги мы не будем исправлять автора — читатель, уже знакомый с «Занимательной астрономией», без труда определит, какие представления Я. П. оказались со временем ошибочными (*примеч. ред.*).

нам тех звездных планет. Не будем удивляться этому: ведь расстояние звезд так непостижимо велико, что видимость их самих уже является почти чудом: ближайшая звезда — ближайшая! — в 300 000 раз далее от нас, чем Солнце...

Мы можем изучать пока лишь те далекие миры планет, которые кружатся вокруг нашего собственного Солнца. Об этих небесных сестрах нашей Земли и будет идти речь в этой книжке.

Древние, не знавшие телескопа, насчитывали всего пять планет[1], так как невооруженным глазом нельзя было заметить больше. Телескоп значительно обогатил нашу планетную систему: теперь нам известны 7 крупных, главных планет с их лунами-спутниками и целые сотни мелких. Все члены этой многочисленной небесной семьи, подчиняясь могучему притяжению огромного Солнца, безостановочно движутся вокруг него по замкнутым путям, которые астрономы называют *орбитами*.

II. План и масштаб Солнечной системы

В пустом пространстве Вселенной планетные пути не отмечены, конечно, никакими вещественными знаками; но силы, которые управляют движением небесных тел, действуют с таким постоянством и с такою правильностью, что орбита каждой планеты неизменно сохраняет свою форму и свое положение, словно бы миры скользили по невидимым небесным рельсам. При том, пути всех главнейших планет расположены почти в одной плоскости, и потому возможно изобразить на чертеже наглядный план нашей планетной системы.

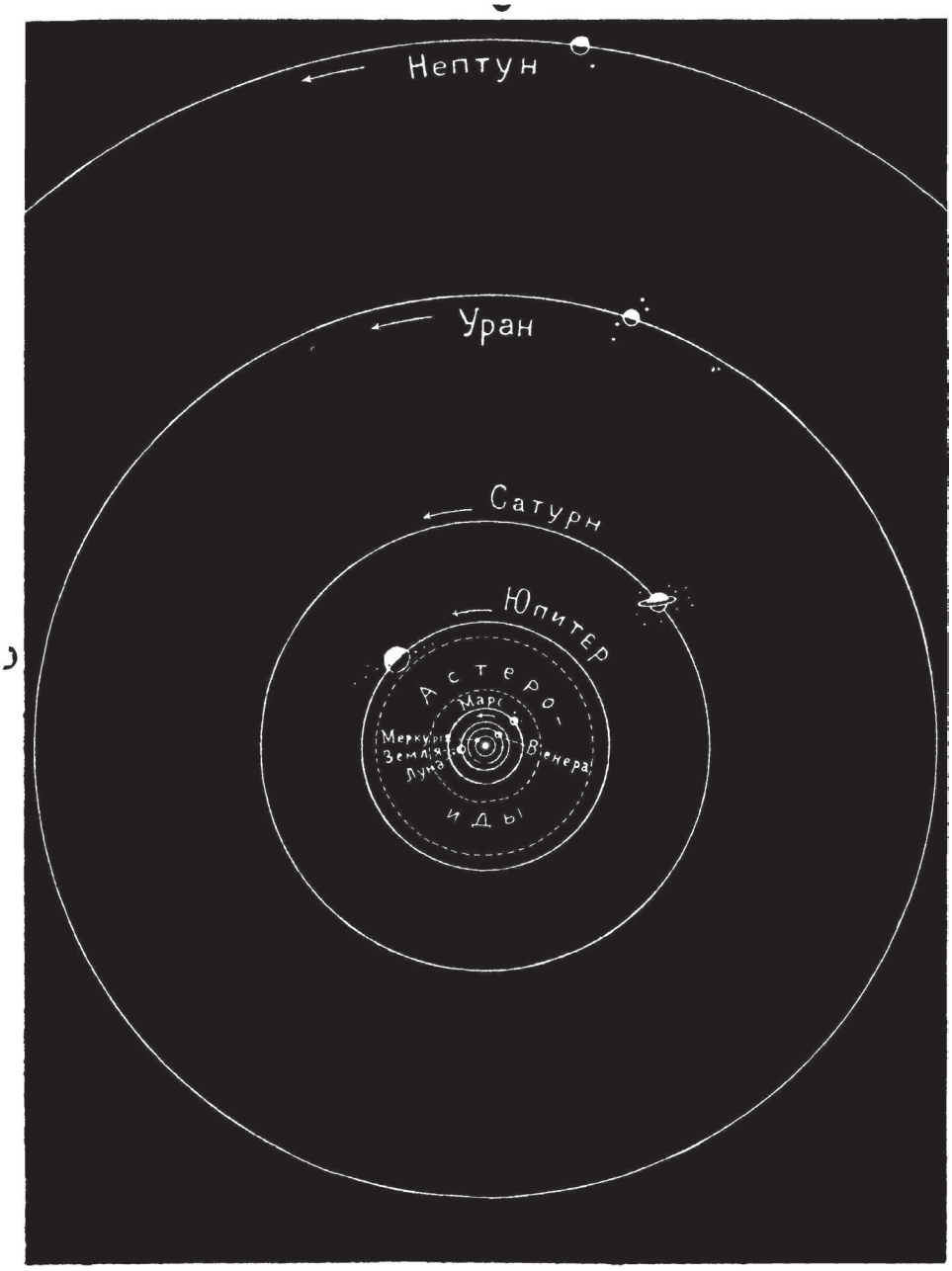
На рисунке стр. 219 начерчены постоянные пути главнейших планет Солнечной системы. На этом плане самая маленькая орбита есть путь Меркурия — планеты, ближайшей к Солнцу. Одна за другой эту орбиту охватывают орбиты следующих планет, и нетрудно заметить, что промежутки между ними все возрастают по мере того, как мы переходим к отдаленным планетам. Второй круг, считая от центра, изображает орбиту Венеры, третий — нашей Земли, четвертый — Марса. Затем следует круговая полоса тесно сближенных орбит множества мелких планет, «планетоидов», или «астероидов» (полоса эта отмечена пунктиром). Ее охватывают орбиты Юпитера, затем — Сатурна, Урана и, наконец, Нептуна.

Ради простоты мы изобразили все орбиты в форме кругов. Но в действительности планетные орбиты немного сжаты, овальны, и Солнце находится не в срединной точке каждого овала, а несколько сбоку от центра. Отсюда происходит, между прочим, то, что, обращаясь вокруг Солнца, каждая планета не отстоит от него все время на одинаковом расстоянии, а то приближается к нему, то удаляется, в зависимости от того, насколько вытянута ее овальная орбита.

---

[1] Если не считать Солнца и Луны, которые древние также называли планетами.

ПЛАН СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

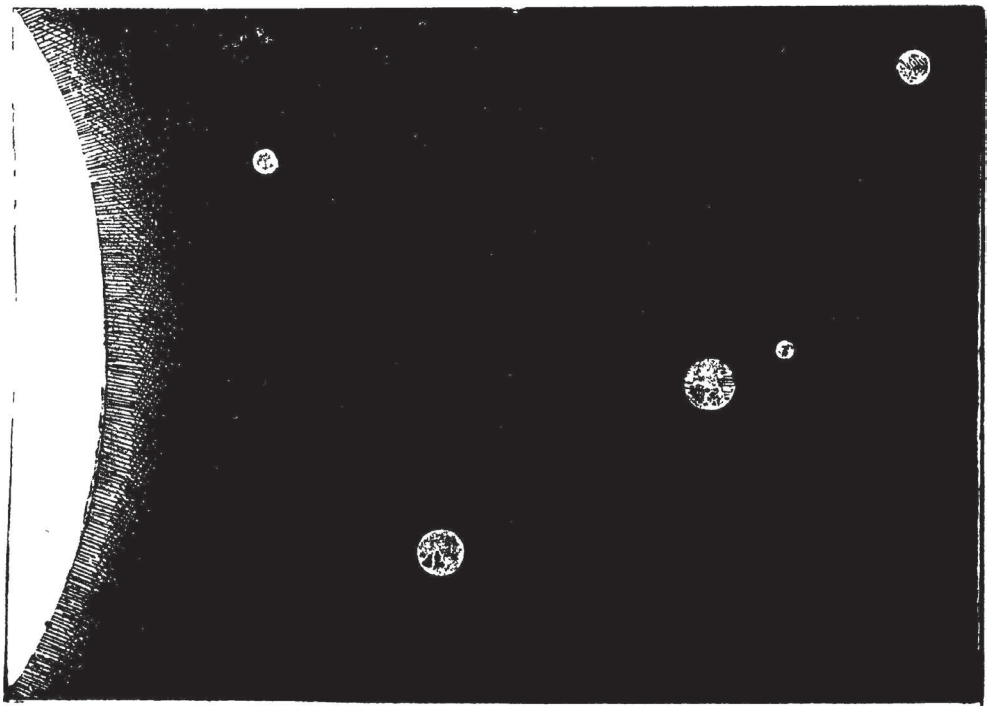


План нашей планетной системы.

Величины самих планет на этом чертеже показаны ради наглядности несоразмерно крупнее по сравнению с величиною их орбит.

Если бы купол Исаакиевскаго собора в Петрограде изображал Солнце, то наш земной шар должен был бы иметь соответственно 4 вершка в поперечнике и обращался бы на расстоянии около 3 верст; а путь Нептуна лежал бы в 80 верстах от Петрограда

Нетрудно было изобразить в уменьшении план Солнечной системы; но как составить себе правильное представление о ее истинных размерах? Легко сказать, что расстояние Земли от Солнца равно 150 000 000 километров, — но эти цифры мало помогают уяснению действительного масштаба солнечного царства. Попробуем осветить это огромное число наглядными сопоставлениями. Земной шар имеет в поперечнике 13 тысяч километров, и хотя гигантские размеры его уже превосходят силу нашего воображения, самые длинные земные расстояния в сотни тысяч раз меньше, чем взаимные расстояния планет и Солнца. На прямой линии от Земли до Солнца можно бы выстроить бок о бок цепь из 11½ тысяч таких шаров, как земной. Если бы на этих исполинских устоях был проложен рельсовый путь, то знаете ли, во сколько времени мы доехали бы до Солнца, безостановочно мчась в курьерском поезде? Да мы бы и вовсе не доехали до него, не дожили бы до конца путешествия, ибо оно длилось бы не менее 200 лет! Только внуки наших внуков, родившиеся в поезде во время пути и никогда не видевшие Земли, — добрались бы до конечной станции этой небесной дороги.



Солнце и ближайшие к нему планеты. — Их сравнительная величина.
У левого края — часть огромного солнечного диска. Близ него вверху — Меркурий. Внизу — Венера. Правее их — наша Земля с Луной. В углу направо — Марс. Из четырех ближайших к Солнцу планет наша Земля — самая крупная; Венера — немного меньше ее; Марс — в 7 раз меньше Земли по объему, Меркурий — в 20 раз

Теперь, когда 150 000 000 километров, измеряющие радиус земной орбиты, уже кое-что говорят воображению, — поступим так, как поступают астрономы: примем средний радиус земной орбиты за основную единицу и перемерим этим исполинским небесным аршином все остальные небесные расстояния. Тогда уже не придется выписывать длинных рядов цифр. Расстояние Меркурия и Венеры от Солнца выразится приблизительно ½ и ¾ нашей новой единицы длины; Марс окажется на расстоянии 1½ единиц от Солнца, Юпитер — на расстоянии 5, Сатурн — 10, Уран — 20; наконец, Нептун, кружащийся на самой окраине всей нашей планетной системы, закинут от Солнца в 30 раз дальше Земли. Числа эти, конечно, закруглены, чтобы легче было удержать в памяти соотношение частей солнечного царства.

Попытаемся теперь мысленно создать крошечное подобие нашей планетной системы. Пусть обыкновенная горошина изображает в уменьшении земной шар. Как далеко от нее надо поместить Солнце? 11½ тысяч горошин, нанизанных вплотную на тонкую прямую проволоку, составят 120 метров: на этом расстоянии, значит, и надо поместить шар (полметра в поперечнике), изображающий Солнце. В 600 метрах от этого «солнца» следует поместить самую большую планету — Юпитер: в соответствии с горошиной-Землей ей надо будет придать размеры апельсина. А Нептун (величиной с вишню) придется отодвинуть уже на 3½ километра! Следовательно, обитаемый нами мир по сравнению с пространством всей Солнечной системы так же ничтожен, как ничтожна горошина на круглой равнине площадью более 30 квадратных километров...

Заодно постараемся также уяснить, как страшно уединено в пространстве наше Солнце с его планетами от остальных далеких Солнц Вселенной. На нашем примере, где Земля — горошина, а поперечник всей планетной системы равен 7 километрам, ближайшая звезда оказалась бы на расстоянии 30 000 километров: для нее не нашлось бы места в пределах одного полушария Земли. Значит, межзвездные пустыни, отделяющие во Вселенной одну солнечную систему от другой, во столько же раз превосходят самые далекие земные расстояния, во сколько раз поперечник Земли больше ширины горошины!

Людям, привыкшим думать, что для измерения какого-либо пространства непременно надо пройти по нему с аршином в руках, все приведенные выше цифры, естественно, должны казаться гадательными. Но геометрия освобождает нас от кропотливой и далеко не точной работы непосредственного измерения. Чтобы определить расстояние от Петербурга до Москвы, землемеры вовсе не шли по нему с мерною цепью — нет, они прибегли к другим, более быстрым и более совершенным приемам измерения. Сходные приемы, только гораздо более сложные, употребляют и астрономы для небесных измерений. Однако мы не станем описывать здесь, как именно астрономы измеряют бездны мирового пространства и с величайшей точностью определяют небесные расстояния с помощью вычислений.

В последний раз расстояние между Землей и Солнцем было вновь перемерено в 1900–1901 гг. посредством наблюдений маленькой планетки *Эрос*, весьма близко подошедшей тогда к Земле. Астрономы всех стран на 180 обсерваториях земного шара с величайшей тщательностью измерили тогда положение этой планетки, игравшей роль своего рода небесной вехи на звездном небе. Обработка полученных данных привела к результату (149 481 000 километров), в котором ошибка не может превышать 170 000 км., т. е. $\frac{1}{1600}$ доли. Это все равно, что отмерить аршин сукна с точностью до сотой доли вершка. Какой портной мог бы поручиться за подобную точность измерения?

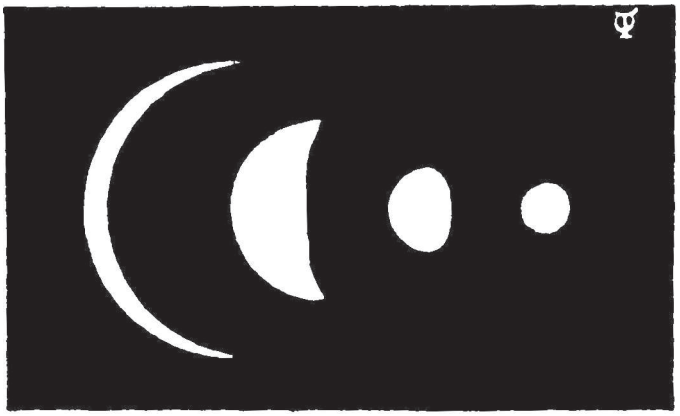
Миры не только измерены — они также и взвешены. Здесь слишком долго пришлось бы объяснять, каким именно способом планетные миры были взвешены на невидимых весах небесной механики, — но мы смело можем положиться на безукоризненную точность этого взвешивания.

Итак, мы познакомились с общим планом Солнечной системы. Отправимся же теперь мысленно в необъятное небесное пространство и посетим один за другим далекие миры нашей планетной семьи.

III. Венера — мир тропического зноя

Направившись от Земли к Солнцу, мы прежде всего (см. план) пересекли бы орбиту Венеры, лежащую в 40 миллионах километров 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 миллионов километров — 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 миллионов километров. А соответственно удалению меняется, конечно, яркость и видимые размеры планеты.

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,



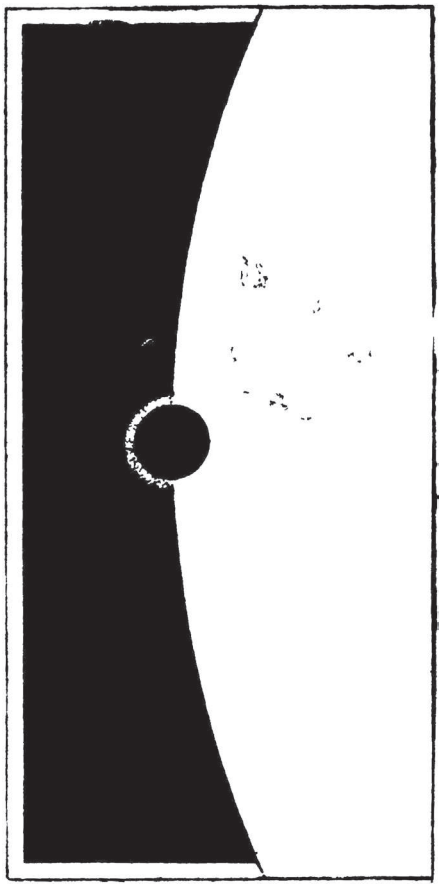
Главные фазы Венеры.
Они видны только в трубу, хотя бы и слабую.
Различие в размерах фаз объясняется тем, что Венера удалена от нас неодинаково при различном положении относительно Солнца: в фазе полного диска эта планета на 200 миллионов верст дальше от нас, нежели в фазе узкого серпа

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 не 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.).

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, 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 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?

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 1882 году; ближайшее предстоит в 2004 году. Астрономы подстерегают эти моменты, чтобы перемерить расстояние между Землей в Солнцем, пользуясь Венерой, как вехой в небесном пространстве

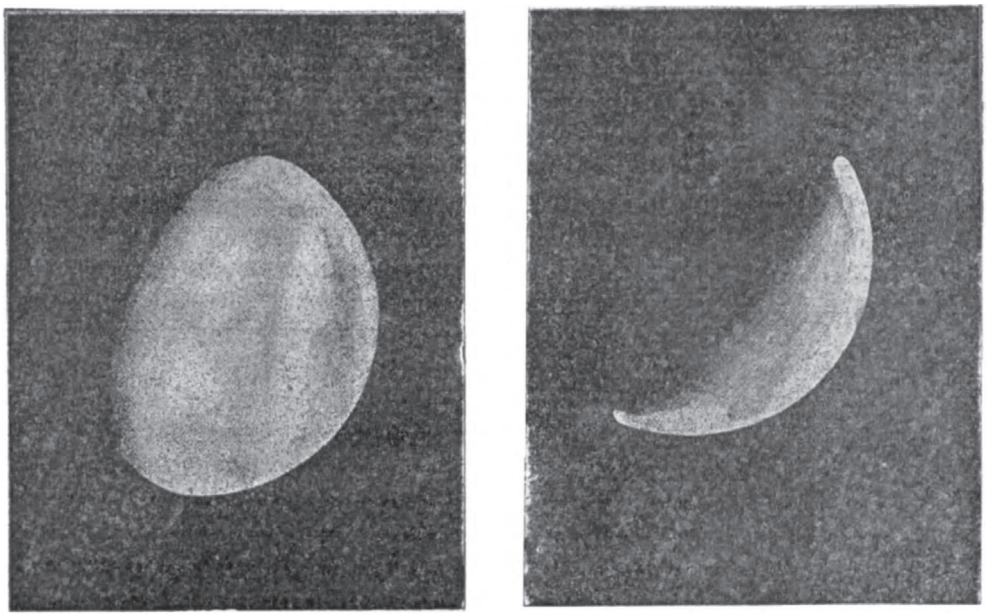
С такими вопросами приступает астроном к исследованию всякой планеты, но далеко не на все вопросы удается ему получить ответ из бездн мирового пространства. О Венере мы с достоверностью знаем лишь одно: в этом мире есть атмосфера, которая в 1½–2 раза выше и плотнее, чем земная. Гениальный Ломоносов первый 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.

В сущности, этому обстоятельству звездная царица наших вечеров и обязана своим ярким блеском: густые облака отражают солнечный свет почти так же хорошо, как и свежевыпавший 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, застилая лик Венеры, не позволяет нам решить вопрос о том, как чередуются в этом мире дни и ночи. Окончательно еще не установлено, в какой срок шар Венеры совершает полный оборот вокруг своей оси. Вполне понятно, почему так трудно узнать это: вспомним, что в телескоп не видно твердой поверхности Венеры, и, следовательно, нет никаких постоянных отметин, по которым можно было бы судить о вращении планеты. И до сих пор среди астрономов царит резкое разногласие по вопросу о величине «суток» Венеры. Одни (Скиапарелли, а в новейшее время — Ловелл) полагают, что Венера вращается чрезвычайно медленно, именно, что ее сутки равны ее году — т. е. в 225 раз длиннее земных. Если это действительно так, то Венера должна быть вечно обращена одной и той же стороной к Солнцу, между тем как другое ее полушарие погружено в вечный мрак и холод (такие именно условия царят на ближайшей к Солнцу планете — Меркурии). Однако тонкие измерения пулковского астронома Белопольского показали,



Вид Венеры в телескоп средней силы.
Плотная атмосфера, окутывающая эту планету, отражает так сильно солнечные лучи, что сквозь нее не удается различить почти никаких подробностей самой почвы Венеры. Поэтому трудно подметить, во сколько времени эта планета обращается вокруг своей оси

что вращение Венеры совершается гораздо быстрее и что «сутки» этой планеты немногим отличаются от земных. Надо думать, что этот результат ближе к истине: иначе трудно было бы объяснить присутствие облаков и водяных паров на Венере, да и существование самой ее атмосферы: по законам физики, все газы планеты должны были бы собраться на ее ночной стороне и здесь замерзнуть, если бы Венера не обогревалась со всех сторон, последовательно подставляя обе свои половины лучам Солнца.

Достоверные сведения о ближайшем к нам мире, как видит читатель, довольно скудны. Ничего не известно о его материках; мы не знаем даже, существуют ли на нем вообще моря, горы, реки. А о климатических условиях можем только строить догадки. Если Венера вращается вокруг оси в короткий срок — в одни или несколько суток, — то на всей планете должен царить очень жаркий, влажный, ровный климат, мало изменяющийся в течение года и от дня к ночи. Солнце светит вдвое ярче, чем у нас, но ясных дней почти не бывает. Плотный слой облаков без просвета застилает весь небесный свод, и если бы мы родились на Венере, мы никогда не узнали бы, что существует величественная картина звездного неба.

Ровный, влажный и теплый, как в оранжерее, климат Конго или центральной Бразилии может дать некоторое представление о климатических условиях, которые существуют на Венере. Некогда, в отдаленные геологические времена, в так называемую *каменноугольную* эпоху, на всем земном шаре господствовал такой же климат, какой царит теперь, вероятно, на всей поверхности Венеры. И вот каким рисует нам климат Венеры выдающийся шведский знаток неба, проф. Сванте Аррениус:

«Вечно облачное небо; сильная влажность, даже в период бездождия; незначительная разница в температуре на полюсах и на экваторе, летом и зимой, днем и ночью, — благодаря защите поверхности густыми облаками; сильные ливни в период дождей, сопровождаемые, вероятно, страшными грозами... Воздух недвижим, температура понижается незначительно. На планете царит морской климат, одинаковый повсюду. Между полюсами и экватором разница весьма невелика... Кора Венеры еще очень тонка, и когда происходят движения коры, на поверхности планеты должны совершаться резкие изменения»...

На нашем земном шаре в каменноугольную эпоху при сходных климатических условиях уже пышно цвела растительная и отчасти животная жизнь: густо росли гигантские хвощи, плауны, мхи, а между стеблями их, во влажной полутьме, жили насекомые исполинских размеров. Возможно, что подобная жизнь развилась в настоящее время и на Венере. Но возможно и обратное, — что облачный покров этой планеты недостаточно умеряет жгучесть солнечных лучей, и температура на Венере никогда не падает ниже той точки (65°), при которой уже свертываются белковые вещества. При подобных условиях жизнь — по крайней мере в том виде, в каком мы ее знаем — была бы на Венере невозможна. Разумеется, никто не в состоянии сказать, в какие еще формы может отлиться жизнь в далеких мирах Вселенной, — но это уже область вопросов, перед которыми современная наука хранит пока глубокое молчание.

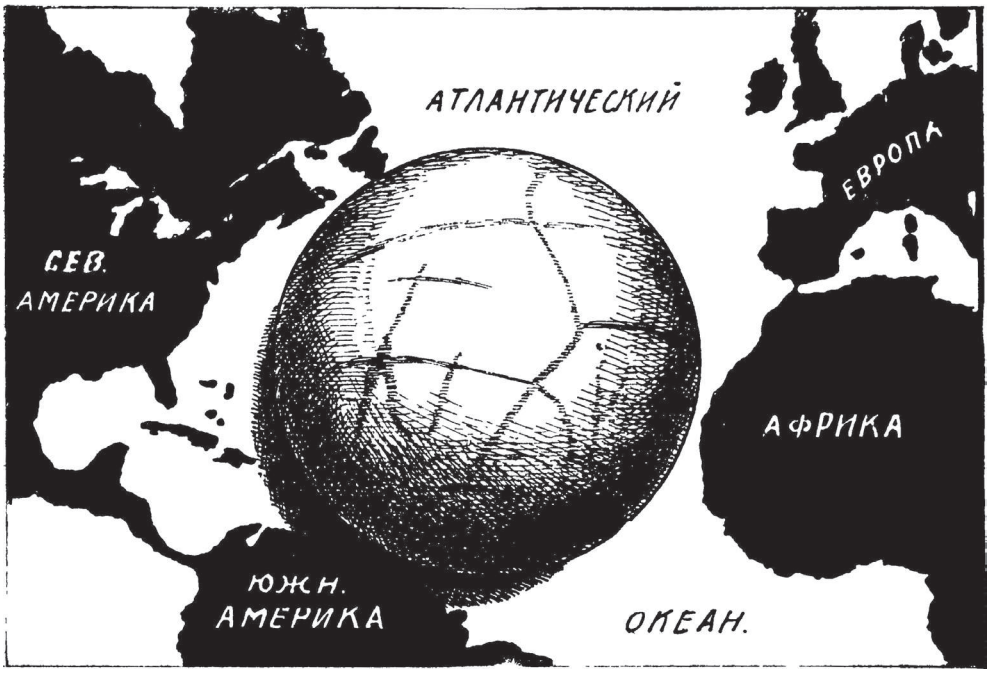
IV. Меркурий — мир величайших крайностей

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

счатливее 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 круга; 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 втрое 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



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

мир упал на Землю, то мог бы целиком поместиться в Атлантическом океане, втиснутый между Европой и Северной Америкой.

Маленький Меркурий, по-видимому, лишен атмосферы, 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 отвращающую 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 беспрерывная, 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 умеряемый ни ветрами, ни облаками. Солнце не восходит здесь и не заходит: огромным пылающим диском висит оно почти неподвижно[1] 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 вечного холода. Согласно законам физики, на этой холодной стороне давно должна была собраться и замерзнуть газообразная оболочка всей планеты; неудивительно, что Меркурий лишен атмосферы.

Правда, на границе дневной и ночной областей этой планеты расположены промежуточные полосы (шириною примерно в одну восьмую окружности), в которых бывает смена дня и ночи — однажды в течение 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 развиться жизнь. Ближайший сосед живительного Солнца, надо думать, не знает и никогда не знал органической жизни...

---

[1] 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 градусов.

Чтобы покончить с описанием Меркурия, нам остается добавить немного. Как и у Венеры, у него нет ни одной луны. Плотность его несколько превышает плотность Земли. Зато тяжесть на его поверхности в 2½ раза слабее, чем у нас: земная гиря в 1 килограмм 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.

V. 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 противоположную 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[1], 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 весьма сильно отражает свет в пространство и, следовательно, рассматриваемая извне, должна походить на Венеру, сияя ярким голубоватым светом. «Земля — пишет пулковский астроном Г. А. Тихов, специально изучавший этот вопрос, — имеет цвет сильно белесоватого неба. Смотря на Землю из пространства, мы

[1] *Иван Тихонович Посошков* (ок. 1652–1726) — первый русский экономист-теоретик, публицист и изобретатель, автор социально-экономического трактата «Книга о скудости и богатстве» (*примеч. ред.*).

увидели бы диск указанного цвета и едва ли различили бы какие-либо подробности самой земной поверхности».

Но если бы даже мы и могли различить очертания светлых и серых пятен на земном шаре, то истинное значение этих пятен оставалось бы для нас загадкой. Вероятно, мы не знали бы даже, где на Земле материки и где — океаны, какая жидкость наполняет впадины этого шара и каков состав его атмосферы... Еще более загадочными казались бы нам яркие белые пятна на полюсах Земли и периодические изменения окраски материков, которые зимою, покрытые снегом, заметно светлее, нежели летом.

Вот как скудны были бы наши сведения о мире, полном жизни и кипучей деятельности сотен миллионов разумных существ! Не так ли ничтожны и нынешние наши знания о небесных сестрах Земли? Увы, почти так... Однако будем признательны науке и за эти скромные, но достоверные сведения, которые хоть немного приближают нас к истине, рассеивая туман старинных предрассудков и беспочвенных догадок.

VI. 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 одинаково отстоят друг от друга. Там, где обе орбиты всего теснее сближены, расстояние между ними равно 55 миллионам километров. Значит, ближе чем на 55 миллионов километров 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 90 миллионов верст. 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 немного 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: поперечник их равен нескольким десяткам

верст, 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: одна удалена от центра планеты всего на 9 тысяч километров, другая — на 23 тысячи. Свои маленькие орбиты они описывают чрезвычайно быстро — ближайший спутник всего в 7 часов. 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 60 миллиметров, т. е. стоял бы раз в 12 ниже, чем обычно у нас. Под таким слабым давлением вода должна кипеть не при 100° (Цельсия), а всего лишь при 45°, и испаряться гораздо быстрее, чем обычно на Земле. Удалось установить, что неплотная атмосфера Марса содержит весьма небольшое количество водяных паров и что в ней почти никогда не бывает облаков. 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 скупо льет на него свои лучи, а легкая, неплотная атмосфера этой планеты слабо удерживает теплоту, накопляемую ее поверхностью. Вычисления показывают, что *средняя* температура Марса должна быть гораздо ниже земной, достигая, вероятно, *минус* 30 или 40 градусов. Зной наших летних дней на Марсе совершенно неизвестен: только в самые теплые часы самых теплых дней термометр поднимается там над нулем. Это мир суровых морозов, сковывающих всю поверхность планеты и превращающих воду в камень, в твердую горную породу: жидкая вода на Марсе не правило, а лишь исключение.

* *
*

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.

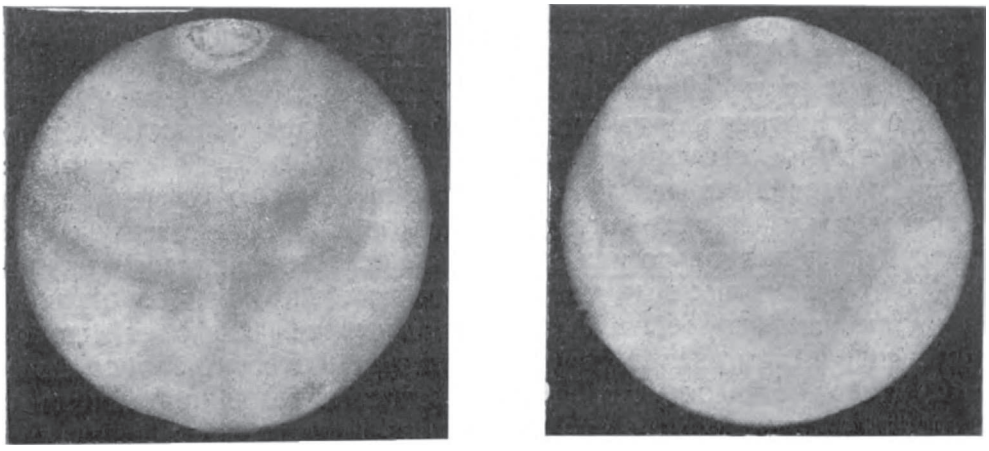
Но планетная карта совсем не то, что мы привыкли обычно разуметь под словом «карта». Карта какой-нибудь страны на земном шаре составлена на

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 зарисовывая все, что удается 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 нелегко 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 отвращено 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



Вид планеты Марс в телескоп.
(По фотографиям проф. Геля 24 сентября и 5 октября 1909 г.).
Полярная белая «шапка» Марса успела в течение немногих дней заметно уменьшиться

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. Без сомнения, белые пятна на Марсе и представляют собой нечто в этом роде, с тою лишь разницей, что слой снега или льда[1] должен быть здесь очень тонок, — иначе слабые лучи Солнца не успевали бы растопить его в такой короткий срок. Вероятнее всего это — налет инея, быстро осаждающийся при морозе и столь же быстро тающий и испаряющийся в лучах Солнца. Слишком мало свободной влаги на Марсе, чтобы там могли быстро образовываться мощные ледяные поля. Издали же поверхность, покрытая тонким слоем инея, имеет тот же вид, что и толстый ледяной покров.

2. Относительно природы *красноватых* пятен, занимающих бóльшую часть поверхности Марса и сообщающих 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 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.

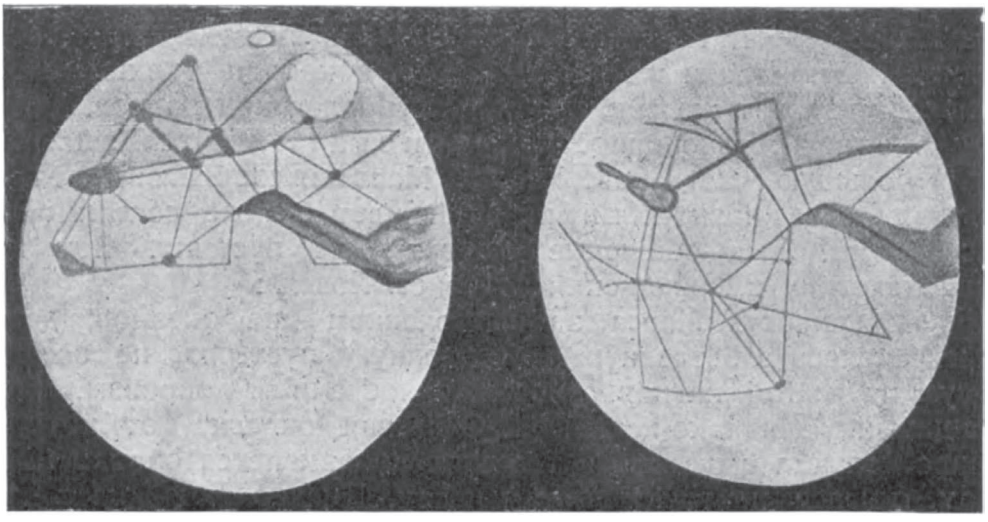
---

[1] Как доказал пулковский астроном Г. А. Тихов, полярные пятна Марса — скорее ледяные, нежели снеговые образования.

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».

Какое из этих противоположных мнений ближе к истине, — должны решить дальнейшие изыскания...

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 направлениям. Впервые заметил их в 1877 г. итальянский астроном Скиапарелли (ныне покойный), и так как полоски 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 образований еще далеко



Сеть «каналов» Марса,
по рисунку проф. Ловелла, насчитывающего на этой планете около 400 таких каналов

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

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; густою сетью прорезают они не только материки 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... По-видимому, 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 тающих полярных снегов. Густою сетью 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. Мы не будем излагать здесь других догадок о происхождении этих таинственных образований. Преждевременно объяснять явление, самая реальность которого еще недостаточно твердо установлена. Разрешение загадки марсовых каналов, как и других загадок этого мира, целиком лежит в будущем.

VII. Миры-карлики между Марсом и Юпитером

В первый день прошлого столетия итальянскому астроному Пиацци посчастливилось открыть новую, дотоле неизвестную маленькую планету Цереру — кружащуюся между орбитами Марса и Юпитера.

Нахождение этого нового члена планетной семьи было случайностью, но не было неожиданностью. Огромный *пустой* промежуток между орбитами Марса и Юпитера давно уже заставлял подозревать существование здесь

неизвестной планеты. Об этом писал еще Кеплер в XVII веке, и догадка его стала особенно вероятной с тех пор, как астроном Боде сто лет спустя подметил весьма любопытную закономерность в расстояниях планет от Солнца. Вот в чем состоит это так называемое «правило Боде». Напишите ряд чисел:

3, 6, 12, 24, 48, 96, 192,

в котором каждое вдвое больше предыдущего. Прибавьте к числам этого ряда по 4 и напишите число 4 также впереди ряда. Составится новый ряд:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196.

Теперь разделите все эти числа на 10, — и у вас получатся довольно точно расстояния планет от Солнца, если считать расстояние Земли за единицу:

Меркурий	Венера	Земля	Марс		Юпитер	Сатурн	Уран
0,4	0,7	1	1,6	2,8	5,2	10	19,6

Как видите, только одно место в этом ряду оставалось не заполненным — то, которое отвечает числу 2,8. И вот, когда Пиацци открыл планету, расстояние которой от Солнца как раз в 2,8 раз больше расстояния Земли, этот пробел и оказался заполненным.

Однако, сверх всех ожиданий, дело этим не ограничилось. Менее чем через два года открыта была вторая планета (Паллада), также отвечающая числу 2,8 в ряду Боде. Обе планеты движутся по самостоятельным орбитам, весьма близким друг к другу. Прошло несколько лет — и открыты были еще две планетки (*Юнона* и *Веста*) той же самой группы. Все четыре новых члена планетной семьи оказались телами очень небольшими, не больше 800 километров в поперечнике. Затем, после 40 лет перерыва, найдена была в том же поясе 5-я планетка (*Астрея*). Тогда стало очевидно, что в указанной полосе Солнечной системы кружится целый рой мелких планеток, и усердные наблюдатели неба начали пристально выслеживать их. Американский астроном Ньюком (ныне умерший) так описывает эту небесную охоту:

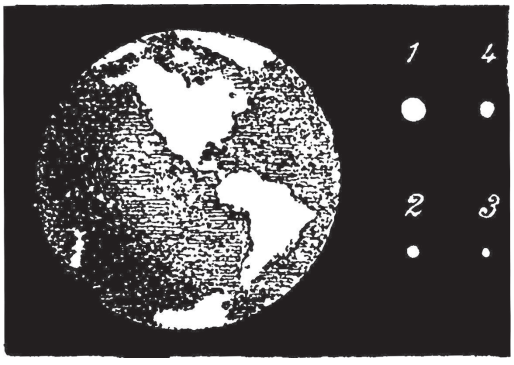
«Ловили мелкие светила, как охотник ловит дичь. Наблюдатели ставили, так сказать, западни, нанося на карту множество слабых звездочек какой-нибудь небольшой области неба вблизи эклиптики, знакомились хорошо с их расположением и поджидали гостей. Если гость появлялся, то он был членом группы малых планет — и охотник клал его себе в сумку. Появился целый ряд охотников за планетами, из которых некоторые мало известны какими-либо другими астрономическими трудами».

До 1890 года удалось уловить таким образом около 300 мелких планеток, получивших общее название *планетоидов*. С этого года «охота» пошла гораздо успешнее благодаря применению фотографической пластинки, которая

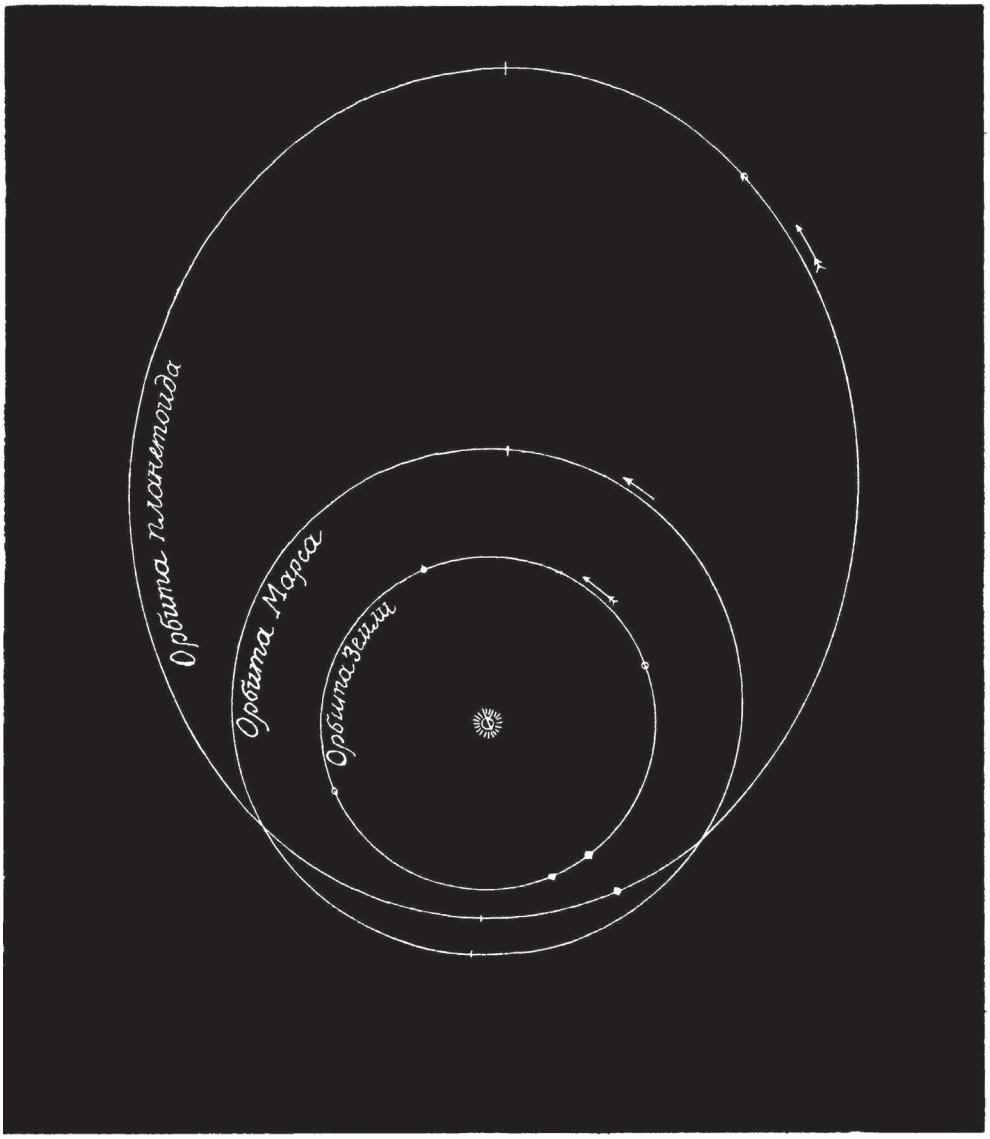
среди тысяч звездочек сама указывает планету: движущийся по небу планетоид оставляет на пластинке след в виде черточки, а не точки, как неподвижные звезды. В настоящее время число пойманных планетоидов уже превышает 800.

Все это — очень мелкие небесные тела. Даже самые крупные из них (Церера) значительно меньше Луны, а у большинства поперечник не превышает нескольких десятков верст. Совокупный объем всех этих 800 планет-карликов во много раз меньше объема нашей Луны. Да и то еще нам видимы только наиболее крупные из планетоидов, а надо думать, что рой их состоит из огромного множества гораздо более мелких телец, недоступных наблюдению: нельзя же считать пределы нашего зрения за пределы самой природы! За исключением трех крупных планетоидов, все они даже в сильнейшие телескопы кажутся просто светлыми точками. Нечего и мечтать о том, чтобы разглядеть на них какие-либо подробности. По всей вероятности, планетоиды лишены всякой атмосферы, так как притяжение столь небольших тел недостаточно для удержания вокруг них воздушной оболочки.

Огромный пустой промежуток между Марсом и Юпитером, так изумлявший Кеплера, теперь заполнен с избытком. Планетоидов оказалось гораздо больше, чем требовал «закон Боде». Среднее расстояние их от Солнца уже нельзя теперь выражать числом 2,8, так как лишь немногие из них ровно в 2,8 раза дальше от Солнца, нежели Земля. Все 800 планеток вместе занимают своими орбитами широкий пояс, который не только заполняет весь пробел между Марсом и Юпитером, но отчасти даже заходит в обе стороны за пределы этого промежутка. Последнее особенно любопытно: мы знаем 5 планетоидов, среднее расстояние которых от Солнца равно и даже больше расстояния Юпитера; в некоторых частях своих очень овальных орбит эти планетки



Земля и четыре крупнейших планетоида:
1 — Церера, 2 — Веста, 3 — Юнона, 4 — Паллада.
Объем всех известных нам планетоидов, вместе взятых,
в несколько тысяч раз меньше объема земного шара



Положение орбиты планетоида Альберта по отношению к орбитам Земли и Марса. В некоторых частях своего овального пути этот крошечный «мир» подходит к Земле ближе всех прочих членов нашей планетной системы; в противоположных же частях он заходит за орбиту Юпитера

заходят на десятки миллионов верст по ту сторону орбиты Юпитера. Чтобы подчеркнуть столь замечательную особенность, астрономы дали таким планетоидам мужские имена (*Ахилл, Патрокл, Гектор, Нестор, Альберт*), в отличие от прочих, носящих женские имена.

Еще интереснее для нас те планетоиды, овальные орбиты которых частью заходят *внутрь орбиты Марса*; эти маленькие планетки при своем движении могут, следовательно, подойти к Земле ближе, нежели Марс. Известны пока два таких планетоида: *Эрос* и сейчас упомянутый *Альберт*, заходящий за орбиту Юпитера. После Луны это — ближайшие к нам миры. Эрос, например, орбита которого наполовину лежит внутри орбиты Марса, в пору наибольшей близости находится от нас всего в 22 миллионах километров, т. е. вдвое ближе Венеры. Надо заметить, впрочем, что так как размеры этих ближайших наших соседей крайне незначительны — поперечник Эроса не превосходит 20 километров, — то название «миров» к ним мало подходит. Это просто глыбы вещества, вероятно, даже и не шарообразной формы, небесные пылинки, кружащиеся в пустынях мирового пространства.

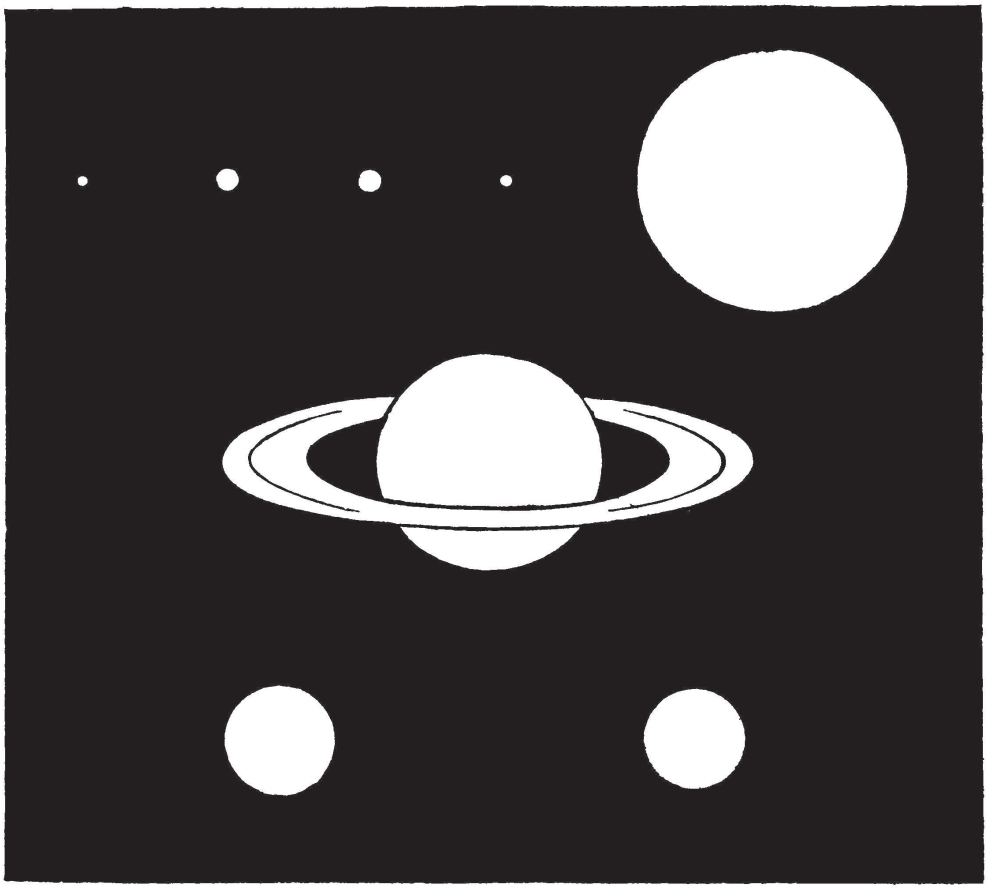
Итак, вот к каким неожиданным результатам привела усердная «охота за планетоидами»; она открыла целый рой очень мелких светил, целое широкое кольцо небесных странников. Марс и Юпитер оказываются не вне, а внутри этого кольца, ближайшая граница которого лежит от Солнца на расстояни 1½ радиусов земной орбиты, а дальнейшая — на расстоянии 5½. По мнению одного авторитетного астронома (проф. Баушингера), маленький Марс можно тоже считать за один из планетоидов, — правда, наиболее крупный. Если так, то правильнее говорить, что пояс миров-карликов кружится не между Марсом и Юпитером, а между *Землею* и Юпитером. Крошечные луны Марса, как и столь же мелкие крайние спутники Юпитера, вероятно, тоже не что иное, как бывшие планетоиды, захваченные притяжением этих двух планет. Отдельные, весьма мелкие планетоиды, быть может, подходят к Земле гораздо ближе, чем случайно открытые Эрос и Альберт. Нет ничего невозможного и в том, что иные из них, подчиняясь притяжению земного шара, начинают кружиться около него в виде крошечных лун, незаметных в наши телескопы, — или даже падают на его поверхность в виде болидов. И кто знает, не хранятся ли уже в наших музеях такие захваченные Землею планетоиды?..

VIII. Миры-великаны — Юпитер и Сатурн, полузастывшие солнца

В мысленных странствованиях по далеким мирам Солнечной системы мы до сих пор не встречали еще мира, который по размерам превышал бы нашу Землю. По сравнению с Меркурием, Венерой, Марсом и планетоидами не только земной шар, но даже Луна — довольно крупные небесные тела. Но наше странствование лишь началось: взглянув на план Солнечной системы, вы убедитесь, что, в сущности, мы едва только успели отойти от Солнца

и еще купаемся в его лучах, меж тем как бóльшая часть неисследованного планетного архипелага расстилается далеко кругом нас. Почти 9/10 пути остается нам до видимых границ солнечного царства. Последние четыре планеты раскинуты на невообразимо огромном пространстве и отделены друг от друга такими безднами пустынь, что взаимные расстояния знакомых уже нам планет должны по сравнению с ними казаться поистине миниатюрными.

Здесь начинается царство гигантов, рядом с которыми предыдущие планеты — настоящие карлики. Словно для контраста, природа сразу же после самых мелких планеток всей системы поместила исполина *Юпитера*, величайшую из планет солнечного царства. Заброшенный 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



Размеры Меркурия, Венеры, Земли и Марса по сравнению с мирами-гигантами: Юпитером, Сатурном, Нептуном и Ураном

в промежутке между Землей и орбитой Луны можно было бы уместить только три таких шара, как Юпитер. Лента длиною 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.

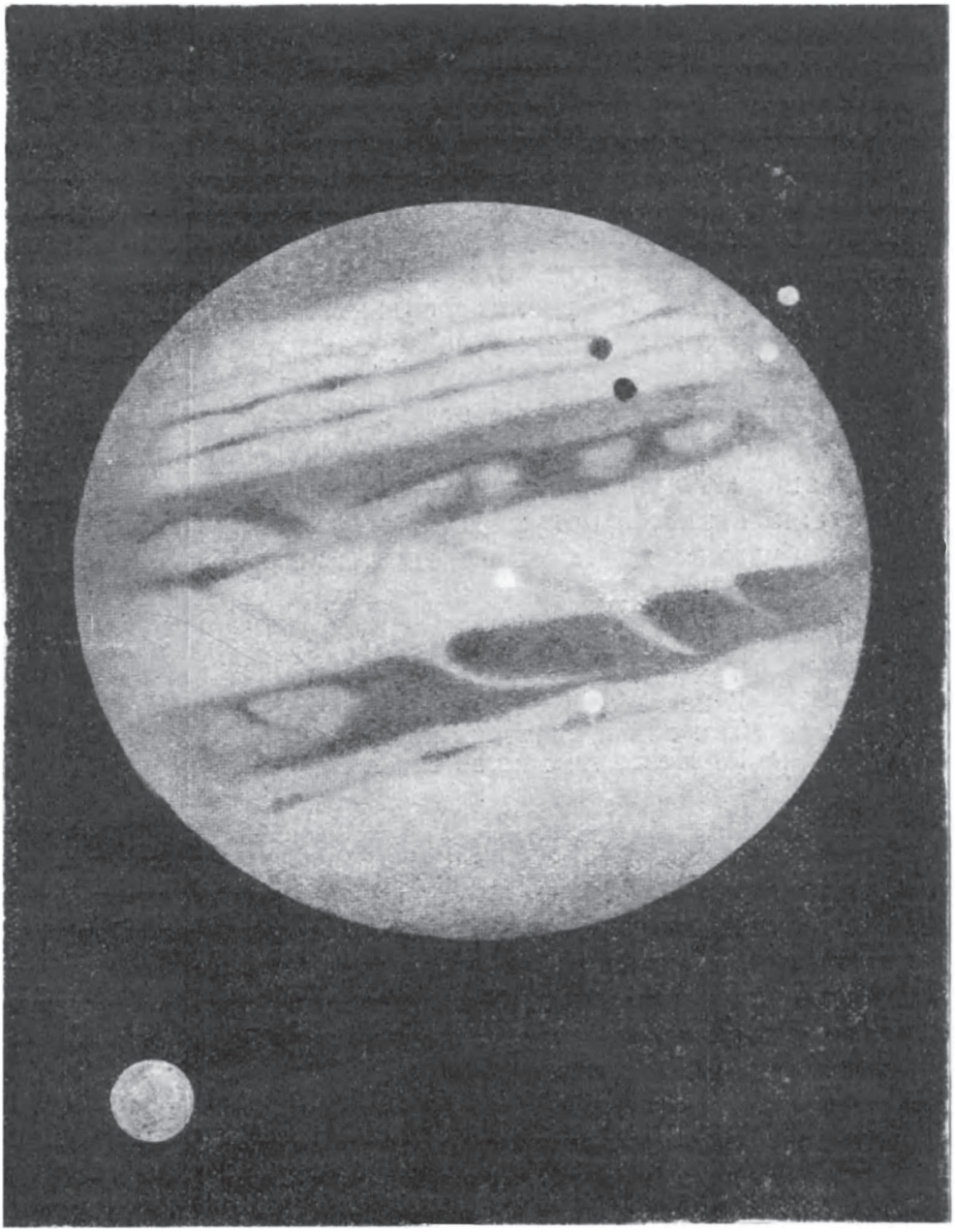
Любопытно, что и по физическому своему строению эта исполинская планета скорее походит на Солнце, нежели на известных уже нам меньших сестер ее. В этом отношении замечательна прежде всего весьма небольшая плотность Юпитера. Превышая Землю *по объему* в 1300 раз, он всего в 310 раз тяжелее ее; значит, 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 сдавлено и уплотнено под действием огромной притягательной силы, то чтобы средняя плотность Юпитера была столь незначительна, приходится допустить, что самые внешние части юпитерова шара состоят из вещества весьма неплотного — скорее всего, находящегося в газообразном состоянии.

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.

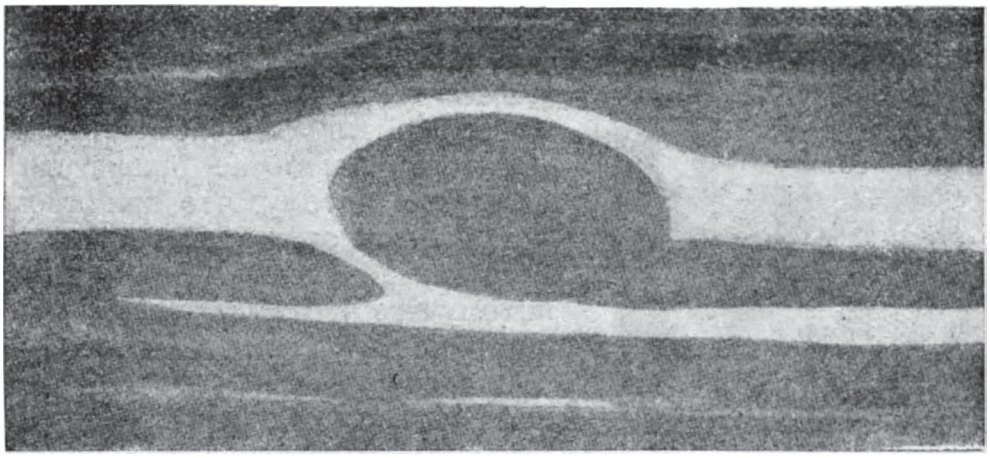
На этой гигантской планете нет, по-видимому, ничего устойчивого. Напрасно искали бы мы в этом мире чего-либо напоминающего наши материки и моря — здесь расстилается безграничный океан вязких, полужидких масс или горячих газов, охваченный бурным, хаотическим движением. Не менее, чем к Солнцу, применимы к Юпитеру знаменитые строки ломоносовской оды:

Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенны крутятся,
Борющись множество веков...

В густой и высокой атмосфере, окружающей внутреннее, более плотное и, вероятно, раскаленное ядро планеты, по-видимому, носятся густые, непрозрачные облака каких-то газов, придающие лицу планеты характерный полосатый вид. На мысль о том, что полосы эти — именно облачные



Юпитер и два из его спутников — по сравнению с размерами земного шара (внизу, налево). Один из спутников проходит впереди Юпитера, бросая на его поверхность свою тень. — Рис. Маджини

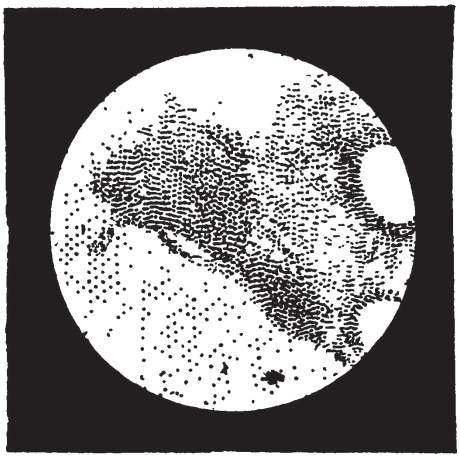


«Большое красное пятно» Юпитера,
как оно видно было в 1889 г. в телескоп Ликовской обсерватории. (Рис. Килера.)
Это загадочное образование, впервые замеченное в 1878 г., становилось с тех пор то резче, то слабее. В настоящее время оно почти слилось с окружающим его фоном

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 крупная подробность, остававшаяся сравнительно неизменной: это так наз. «красное пятно» — овальный 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 может, 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



Вид третьего спутника Юпитера в сильный телескоп

по общему 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 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 более 11 верст 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 2½ раза больше, чем на Земле. Если бы на крючок пружинных весов мы повесили какую-нибудь гирю и перенеслись с нею на Юпитер, то оказалось бы, что здесь она весит в 2½ 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.

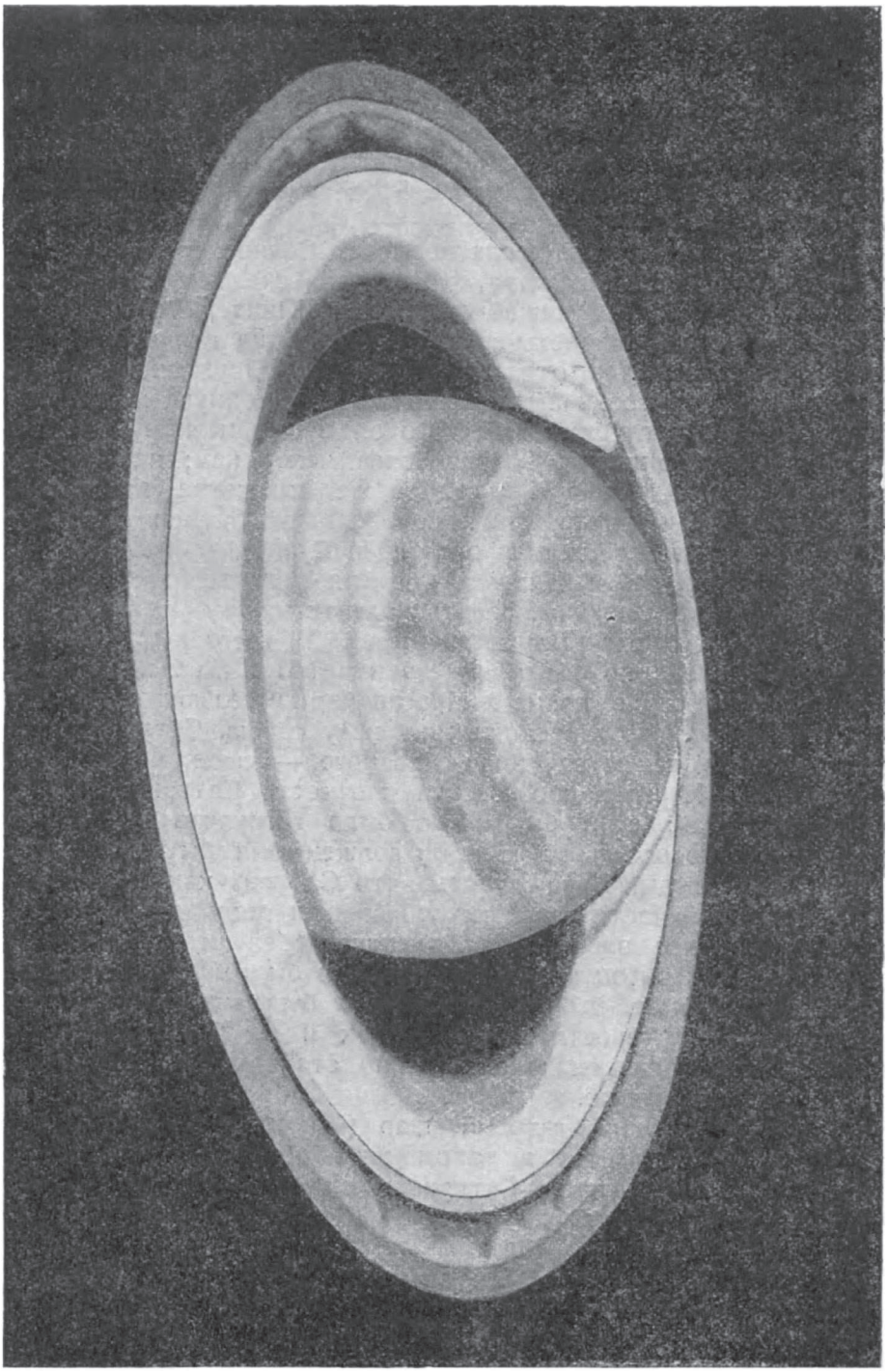
Быстро вращаясь вокруг оси, Юпитер кружится вокруг Солнца медленнее Земли и употребляет около 12 наших лет, чтобы замкнуть свой путь. Этот долгий «год» состоит более чем из 10 000 юпитеровых дней и такого же числа ночей. Любопытно еще, что день и ночь на всех пунктах исполинской планеты всегда равны 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 скупо 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 впятеро больше, чем Земля, должен получать тепла и света в 5 × 5, т. е. в 25 раз меньше.

—

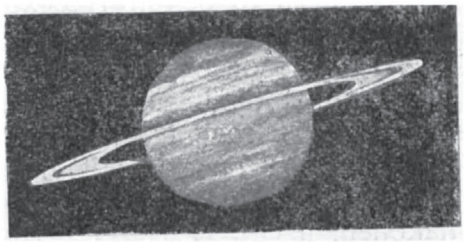
Еще меньше света и тепла посылает Солнце в те отдаленные окраины своего царства, где движется следующая планета — *Сатурн*. Этот «ближайший» сосед Юпитера (по ту сторону) отдален от планеты-великана почти на столько же, на сколько сам Юпитер отдален от Солнца. Другими словами, орбита Сатурна сразу переносит 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 99/100 дневного светила заслонено Луной.

Но Сатурн, как и Юпитер, — не холодное тело: его еще с бóльшим правом можно назвать полузастывшим уменьшенным солнцем. Это тоже гигант среди миров. Он всего в 1½–2 раза меньше Юпитера по объему и занимает по огромности второе место в семье планет. Многие черты делают обе величайшие планеты весьма сходными между собою. Сатурн также составлен из вещества малоплотного, — 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 сгустилось 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.

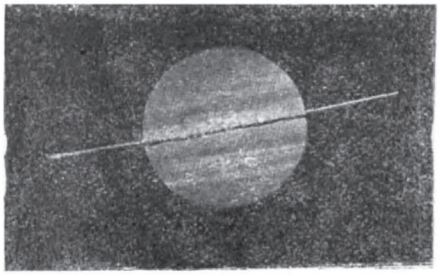


Сатурн с его кольцами, видимый в сильный телескоп.
Рис. итальянского астронома Маджини, 1913 г.

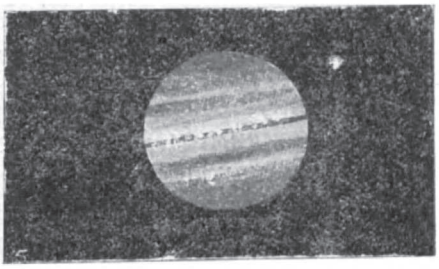
Сатурн отбрасывает тень на свои кольца



Кольца Сатурна при малом раскрытии



Кольца, видимые с ребра



Кольца в момент исчезновения

Сатурн и его кольца в различных положениях относительно Солнца и Земли

Огромный горячий газовый шар Сатурна — полу-планеты, 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 10¼ часам. Зато «год» Сатурна страшно долог: он измеряется 29½ 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 (на ⅒) и, насколько удается рассмотреть, 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 10 лун, раскинутых на различных расстояниях от центральной планеты и обращающихся в самые разнообразные сроки — от одних наших суток до 1½ 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 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, протекшие 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, вроде камешков или пылинок, быстро движущихся вокруг планеты, подобно тому, как обращается вокруг Солнца пояс планетоидов. Но, в отличие от последнего, крупинки в сатурновом кольце расположены гораздо теснее, гуще, так что издали собрание их производит впечатление сплошного тела и даже отбрасывает тень на поверхность планеты. Обломки распределены в этом кольце неравномерно: 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 нерезко 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.

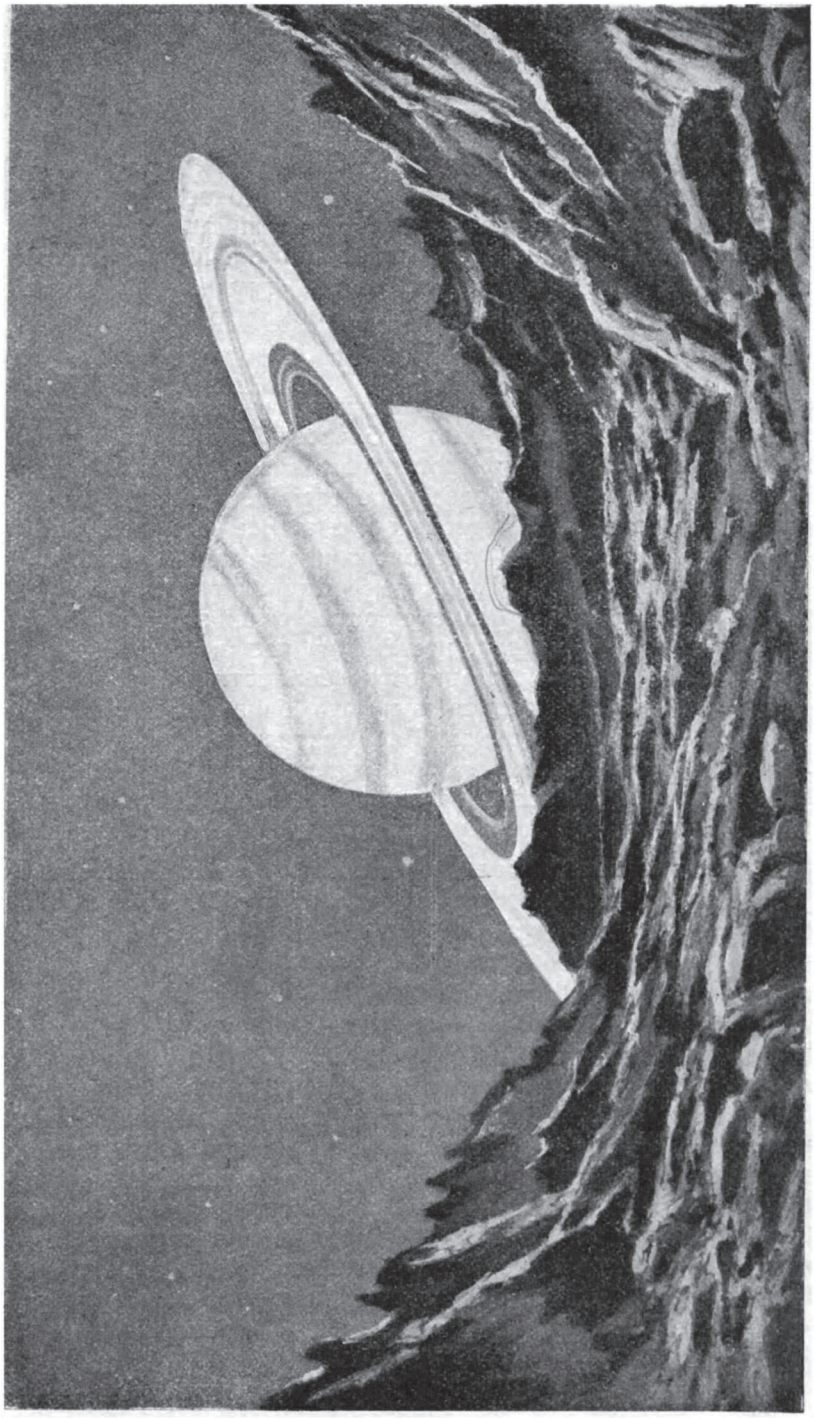
Несколько цифр дадут более определенное представление о размерах и положении сатурновых колец. Все четыре кольца — три светлых и темное — расположены в одной плоскости, под углом около трети прямого угла к орбите Сатурна. Между кольцом и самой планетой остается прозор всего в два земных поперечника. 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.

IX. 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 году знаменитый астроном Вильям 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 скупо 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



Воображаемый ландшафт на одном из спутников Сатурна. — Планета с ее кольцами восходит над горизонтом

всего в 1½ раза превышает плотность воды; в этом отношении Уран вполне походит на Юпитер.

При страшной удаленности Урана едва удается 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.

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 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 четыре. 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 стрелок на стенных часах; то, наконец, система Урана представляется нам под бóльшим 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 планетоидов) 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 северо-южном.

X. Нептун — отдаленнейшая из планет

Самый далекий из известных нам миров солнечного царства — *Нептун*, открыт всего лет 70 тому назад. С того времени, как люди узнали о его существовании, эта крайняя планета нашей системы не успела пройти и половины своего огромного пути вокруг Солнца. Удаленный от дневного светила в 30 раз больше, нежели Земля, Нептун требует 165 лет для одного полного оборота, несмотря на то, что он безостановочно мчится впятеро быстрее пушечного ядра. Два человеческих поколения сменилось с тех пор, как мы узнали

о существовании этой отдаленнейшей планеты, — а на ней самой за то же время не протекло, можно сказать, еще и полугода!

Нептун по объему раза в полтора больше Урана. О физических особенностях этого мира нам неизвестно почти ничего. Некоторые частности в движении его единственного спутника заставляют предполагать, что Нептун — слегка сплюснутый шар, быстро вращающийся вокруг оси. На диске его, едва различимом в сильнейшие телескопы, удалось недавно заметить полосатость, какая видима и на Уране. Полагают, что поверхность этой планеты изменчива — на ней то появляются, то исчезают пятна, вызывающие по временам правильное усиление и ослабление яркости Нептуна. Внимательное изучение этого периодического изменения блеска планеты заставляет подозревать, что Нептун вращается вокруг оси, совершая полный оборот почти в 8 часов. Если это действительно так, то сутки Нептуна — самые короткие во всей нашей планетной системе.

Возможна ли жизнь в этом далеком полутемном мире, где диск Солнца не превышает величины Венеры на нашем небе и где лучи «дневного» светила в 900 раз слабее, чем на Земле? Отвергать такой возможности мы не вправе. Как ни тускло светит Солнце на этой планете, все же свет его в сотни раз ярче, чем у нас сияние полной луны. А внутренний источник тепла под тонкой корой (если только Нептун покрыт уже корой), быть может, греет вполне достаточно, чтобы в сырой атмосфере дать возможность развиться нетребовательным к свету растениям. Средства природы неистощимы, и нет ничего невозможного в том, что, перенесясь на поверхность Нептуна, мы увидели бы при сумеречном освещении крошечного Солнца вовсе не холодную мертвую пустыню, а степь густой растительности, выросшей на полуостывшей почве этого огромного мира... Конечно, это не более чем догадка, проверить которую науке, быть может, не удастся никогда.

Впрочем, кто решится ставить границы могуществу науки? Сама 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.

Вот как произошло это поразительное открытие, в котором перья математиков оказались более зоркими, чем самые сильные телескопы. В первой половине прошлого века, когда никто и не думал о возможности существования какой-либо планеты за Ураном, замечены были странные неправильности в движении самого Урана. Это-то и навело астрономов на мысль: не находится ли далее, за орбитой Урана, еще одна планета, которая своим притяжением 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 точку 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 расстояние Нептуна, — так теперь целый ряд астрономов-математиков работает над вычислениями невидимых занептуновских планет. Но здесь задача несравненно более трудная и менее определенная, а оттого и результаты получаются весьма разноречивые. Астроном Григулль 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 занептуновских 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 Нептуном существует планета, обращающаяся вокруг Солнца в период около 300 лет.

Но при нынешних телескопах нельзя надеяться проверить прямым наблюдением все эти догадки и воочию увидеть эти миры. Нептун, надо думать, долго еще останется последней *видимой* планетой нашей системы, и занептуновские планеты не скоро еще будут вызваны земными астрономами из мрака отдаленнейших глубин неба[1].

—

[1] Таблица на соседней странице приведена без корректировки — так, как она была опубликована в издании 1919 г. Любознательный читатель может самостоятельно определить, как представляла себе нашу Солнечную систему передовая научная мысль того времени и какие изменения внесли в эти данные сто лет астрономических наблюдений, вооруженных современными научными и техническими средствами. См. также таблицы на с. 144 и 145, данные в которых приведены в соответствие с современными достижениями (*примеч. ред.*).

Главные особенности планет.

ПЛАНЕТЫ	Среднее расстояние от Солнца в миллионах килом.	Длина поперечника планеты по сравнению с земным.	Об'ем по сравнению с Землею.	Во сколько времени совершает оборот вокруг Солнца.	Во сколько времени совершает оборот вокруг своей оси.	Число спутников.	Когда была открыта планета.
Меркурий	58	около $^1/_3$	в 20 раз меньше.	88 земн. сут.	88 сут.	нет.	известны с глубокой древности.
Венера	108	немного менее земного.	на одну десятую менее земного	225 суток.	неизвестно.	нет.	
Земля	150	(12700 килом.)	—	1 год.	24 часа.	Луна.	
Марс	227	около ½ земного.	в 7 раз меньше.	1 год 322 сут	24 ч. 37 м.	2	
Планетоиды . . (их известно свыше 800).	от 170 до 900	у самого крупного составляет $^1/_{20}$.	все вместе в 1000 раз меньше Земли.	от 2 до 11¾ лет.	неизвестно.	—	в течение XIX и XX столетий.
Юпитер	780	в 11 раз больше.	в 1300 раз больше.	11 лет 315 сут.	9 час. 56 м.	9	известны с глубокой древности.
Сатурн	1400	в 9½ раз больше.	в 820 раз больше.	29½ лет.	10 час. 14 м.	10	
Уран	2900	в 4 раза больше.	в 55 раз больше.	84 года.	около 11 ч.	4	в 1781 г.
Нептун	4500	в 4½ раза больше.	в 85 раз больше.	165 лет.	около 8 ч.	1	в 1846 г.

Наше обозрение далеких миров солнечной системы закончено. Мимолетное и беглое, оно все же дает представление о царящих в нашей планетной семье разнообразии и пестроте. По одному неизменному закону движутся и плотный одинокий Меркурий, и полугазовый Сатурн с многочисленной свитой спутников и колец. Вокруг одного Солнца обращаются и вечно знойный мир Венеры, и погруженный в беспросветный сумрак мир Нептуна. Небесные пылинки — планетоиды граничат с планетой-исполином — Юпитером. Мы видели дни, длящиеся четверть года, и мелькающие в несколько часов; наблюдали годы, сменяющиеся в четыре месяца и растягивающиеся на полтора века... Если в пределах одной лишь нашей планетной системы мы встречаем уже столько разнообразия, — то как непостижимо многообразны должны быть те неведомые нам *звездные* планеты, которые незримо кружат около сотни миллионов остальных солнц Вселенной!

Великий Ньютон, законодатель Вселенной, сравнивал себя с ребенком, собирающим камешки на морском берегу, между тем как безграничный океан глубоко скрывает истину от его глаз. Перед лицом Мироздания все человечество с изумительными завоеваниями его науки уподобляется этому беспечному ребенку на берегу неисчерпаемого Океана Тайн...

Я.И.ПЕРЕЛЬМАН

РАКЕТОЙ НА ЛУНУ

ОГИЗ·ДЕТГИЗ
1935

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?

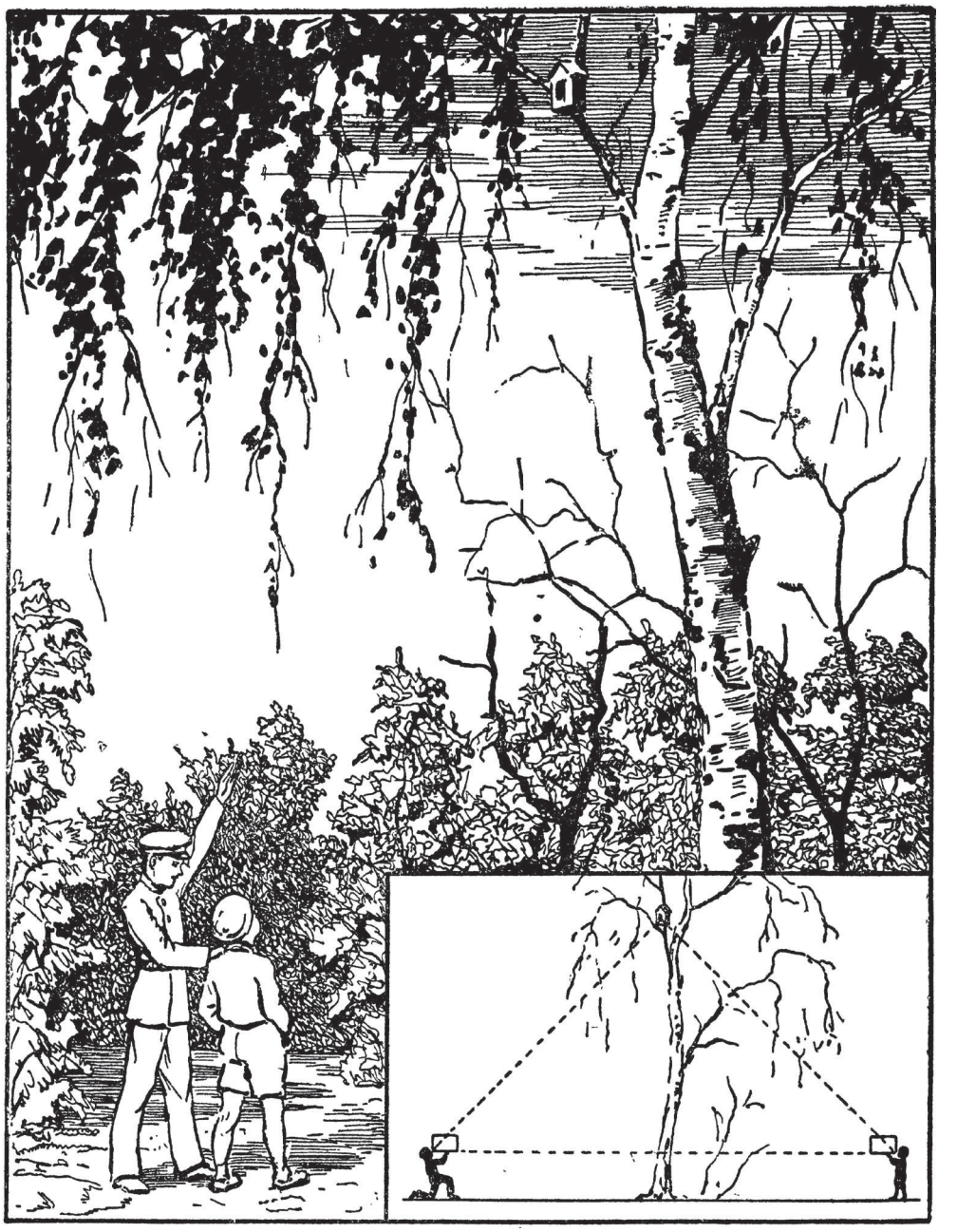
— Измерить расстояние до луны можно и не забираясь на нее, а оставаясь на земле. Хочешь, я объясню тебе завтра, как делаются такие измерения?

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?

Текст и иллюстрации Ю. Д. Скалдина воспроизводятся по изданию:

Перельман Я. И. Ракетой на луну. — 4-е изд., доп. — Москва : Детгиз, 1935 («Образцовая» тип.).



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

— 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. 261.

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?

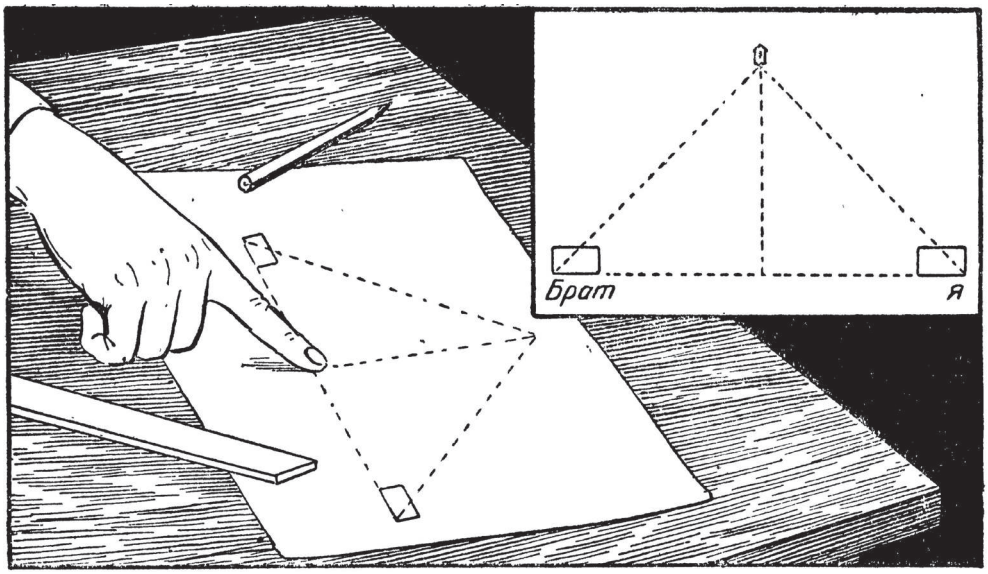
С интересом ждал я, что он станет делать дома.

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 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.



Как брат закончил дома измерение высоты скворечницы

— 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 высотою 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 верхушку, 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 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.

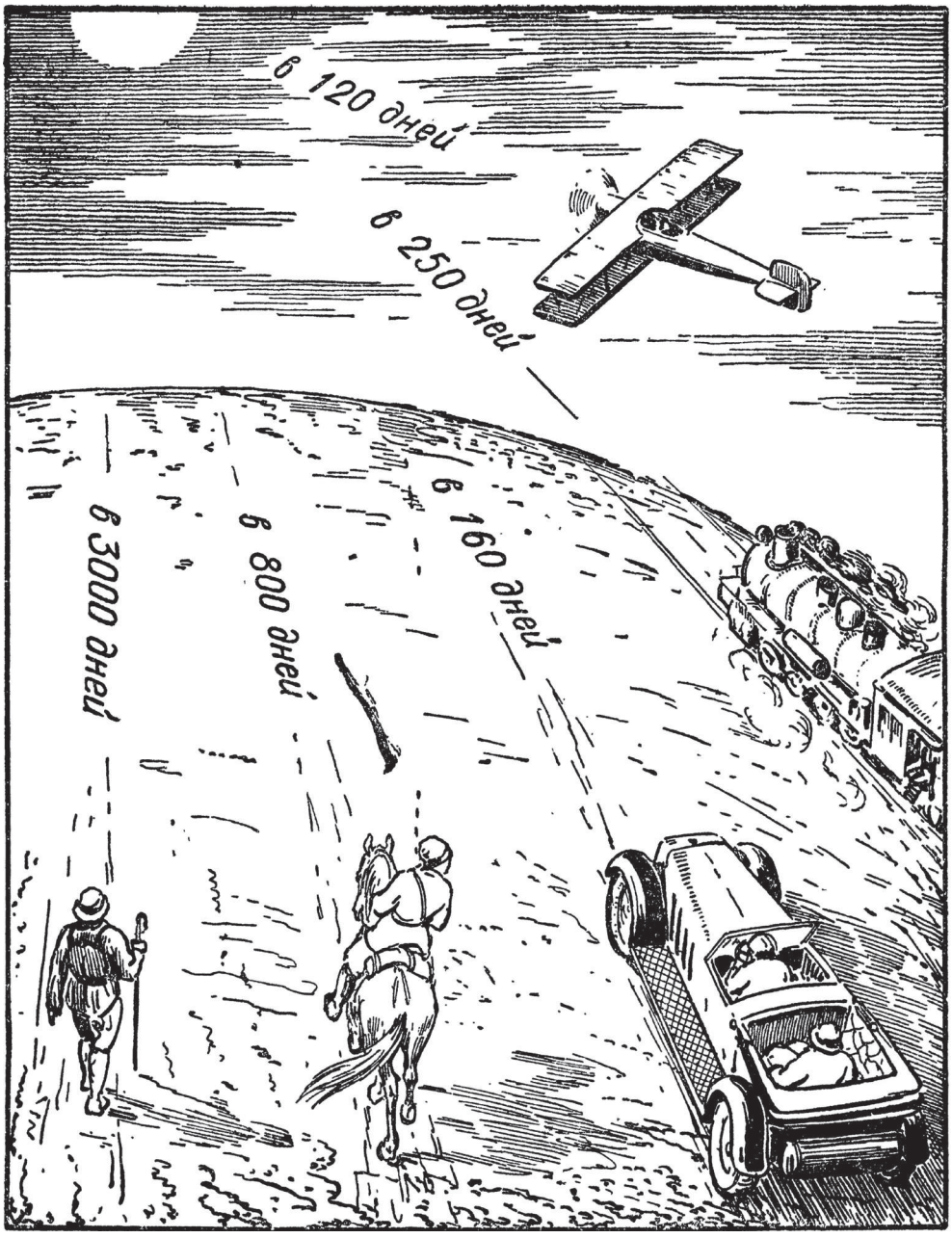
Какой величины Луна

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.



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

— А если дойти до горизонта?

— До него дойти никак нельзя. Сколько бы ты ни 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.

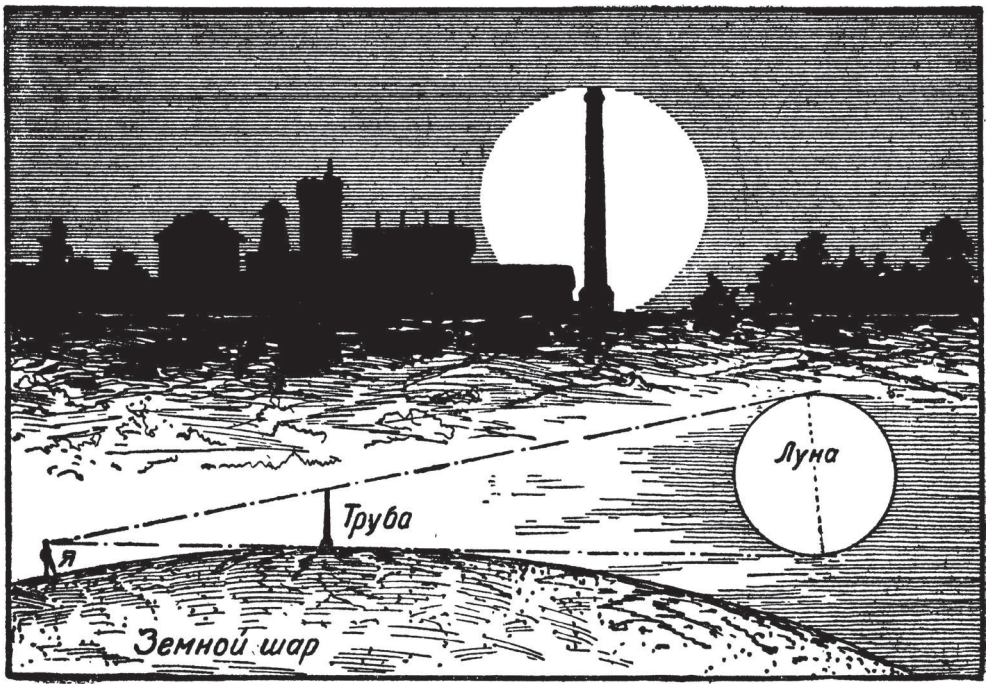
— А для меня?

— Я рассчитал, что при твоем росте ты должен видеть горизонт на расстоянии четырех километров. Завод виден тебе как раз на горизонте — значит, от нас до него четыре километра. Если я пригнусь до одной высоты 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.

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



Как можно измерить величину Луны, пользуясь заводской трубой

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

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.

— 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.

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

— 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 половиною 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.

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 такою, какою видна она простому глазу с расстояния нескольких сотен километров. Много ли с такого удаления различишь?

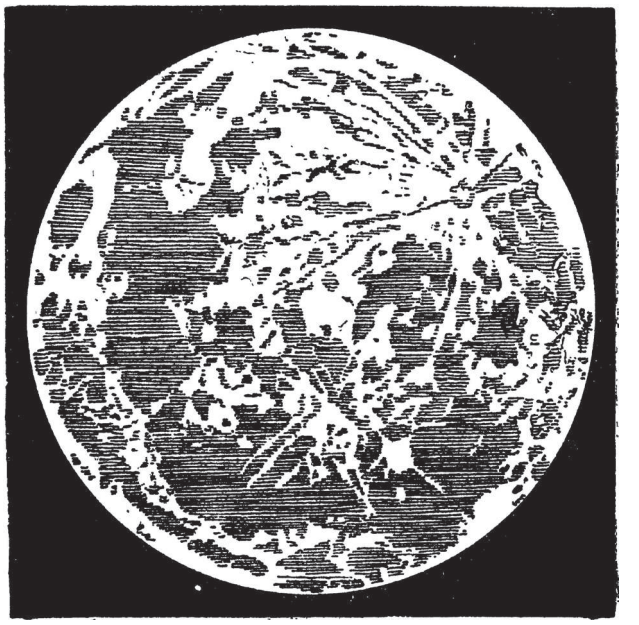
— Что же там все-таки увидели ученые?

— 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, полтораста 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.

— А что такое те серые пятна, которые я вижу сейчас на Луне?



Что можно различить на Луне в трубу

— Обширные темные пространства. Старинные ученые назвали 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 гирю 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.

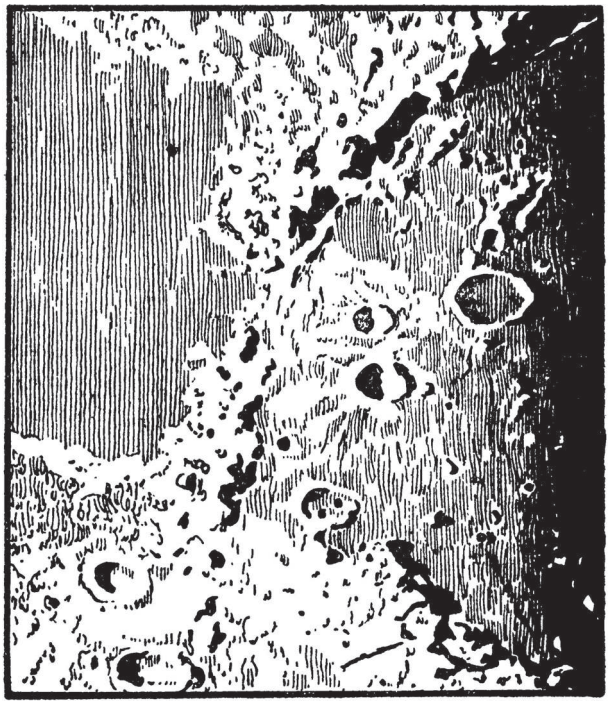
— Кроме гор и равнин что еще заметили на Луне?

— Заметили глубокие трещины в почве, шириною 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



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

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 сделается 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. Луна 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.

Завоевать небо

Такие разговоры вели мы с 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.

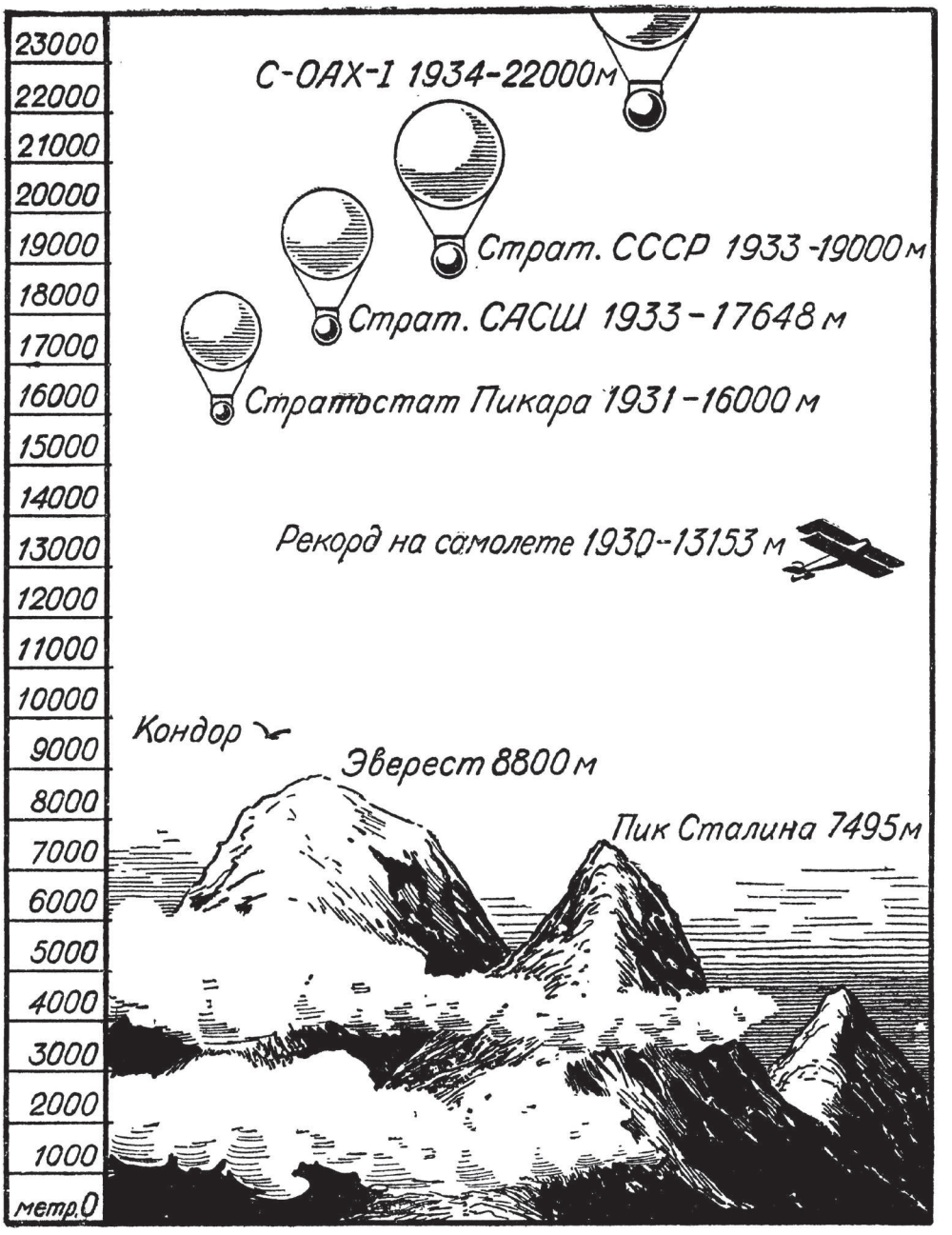
Но мир — не один лишь земной шар. Мир — это все, что окружает нас на Земле и на небе. Далеко в небесном пространстве есть и другие огромные шары, другие Земли. Ближе всех — Луна, подальше — планеты. Их тоже надо исследовать. До сих пор люди изучали Луну и планеты только с помощью зрительных труб. Этого 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



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

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

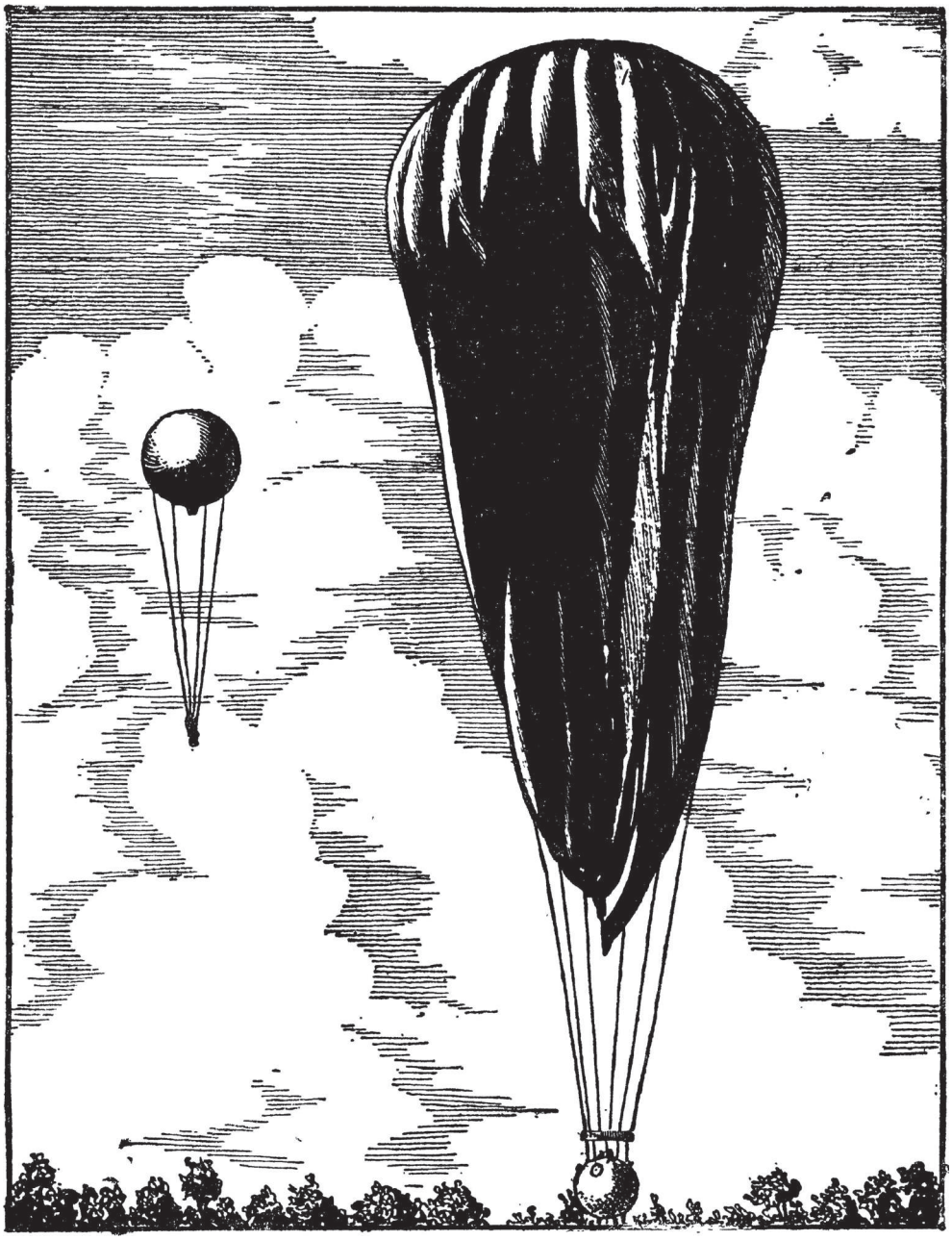
В этом еще не все различие между тропосферой и стратосферой. Другое отличие в том, что туманы, облака, дождь, снег, бури бывают только в нижнем этаже воздушного океана; в стратосфере же небо всегда ясно, всегда безоблачно; дождей, снега, бурь не бывает там вовсе.

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[1].

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 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 теперь, 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.

---

[1] *Хауторн Чарльз Грей* (1889–1927) — американский летчик, достигший высоты 12 944 м в открытой гондоле; погиб от недостатка кислорода (*примеч. ред.*).



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

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.

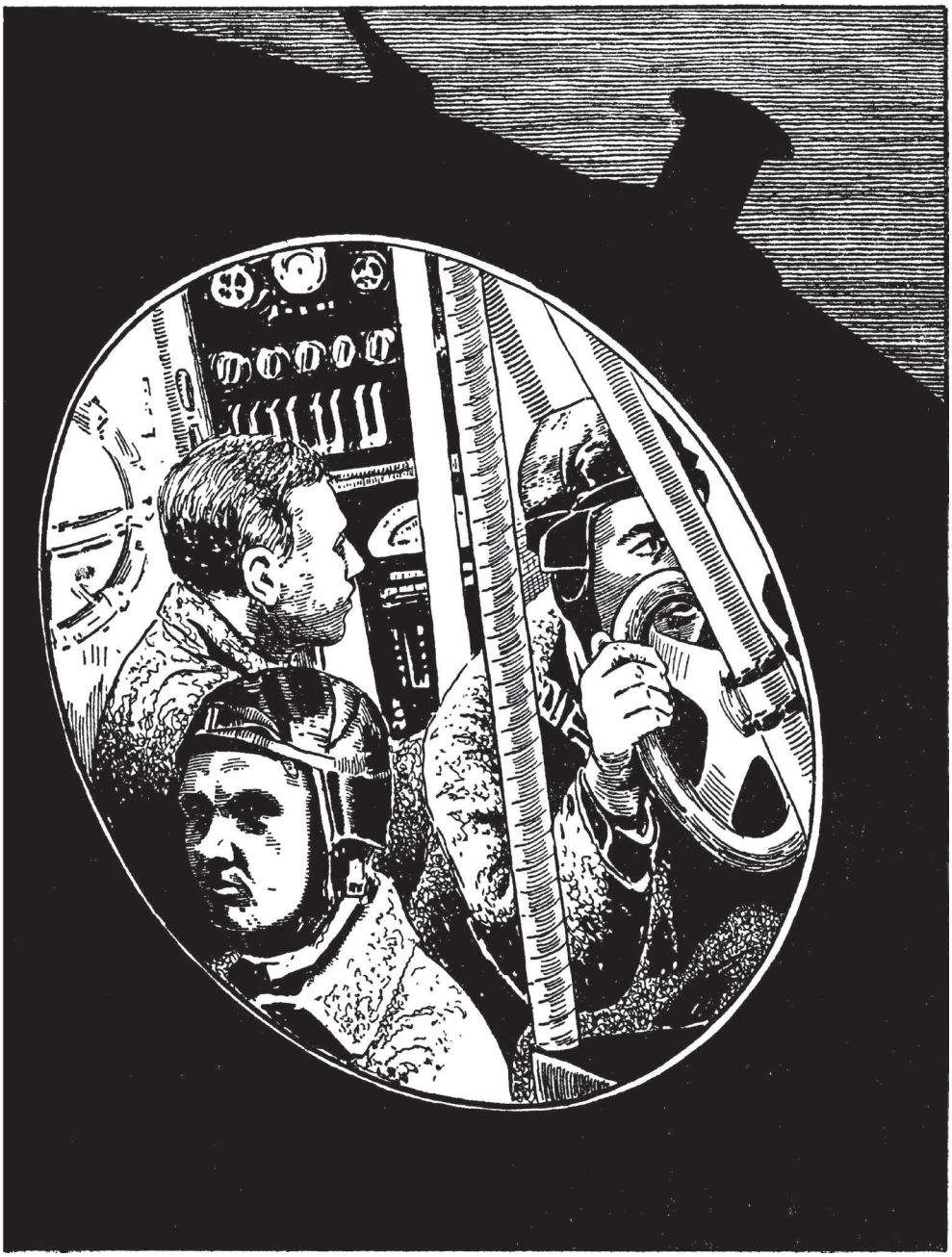
Первым поднялся на стратостате бельгийский ученый, профессор Пикар. Он сделал в 1931 и 1932 гг. два полета, достигнув небывалой до него высоты: около 16 км. Но недолго числился он единственным человеком, так высоко забравшимся в стратосферу. Советские воздухоплаватели подняли флаг нашей страны еще на бóльшую 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 гондоле мертвыми. Гибель их, однако, не устрашила других исследователей, и сейчас работники Осоавиахима 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 подвязанными к ним легкими инструментами. Инструменты эти устроены так, что они сами на перематывающейся ленте отмечают температуру воздуха и выполняют другие измерения. Шары эти, называемые шарами-зондами[1],

[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.



Внутренность гондолы стратостата «СССР», видимая через окошко

удавалось запускать до высоты 36 км. Выше разреженный воздух не может их 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.

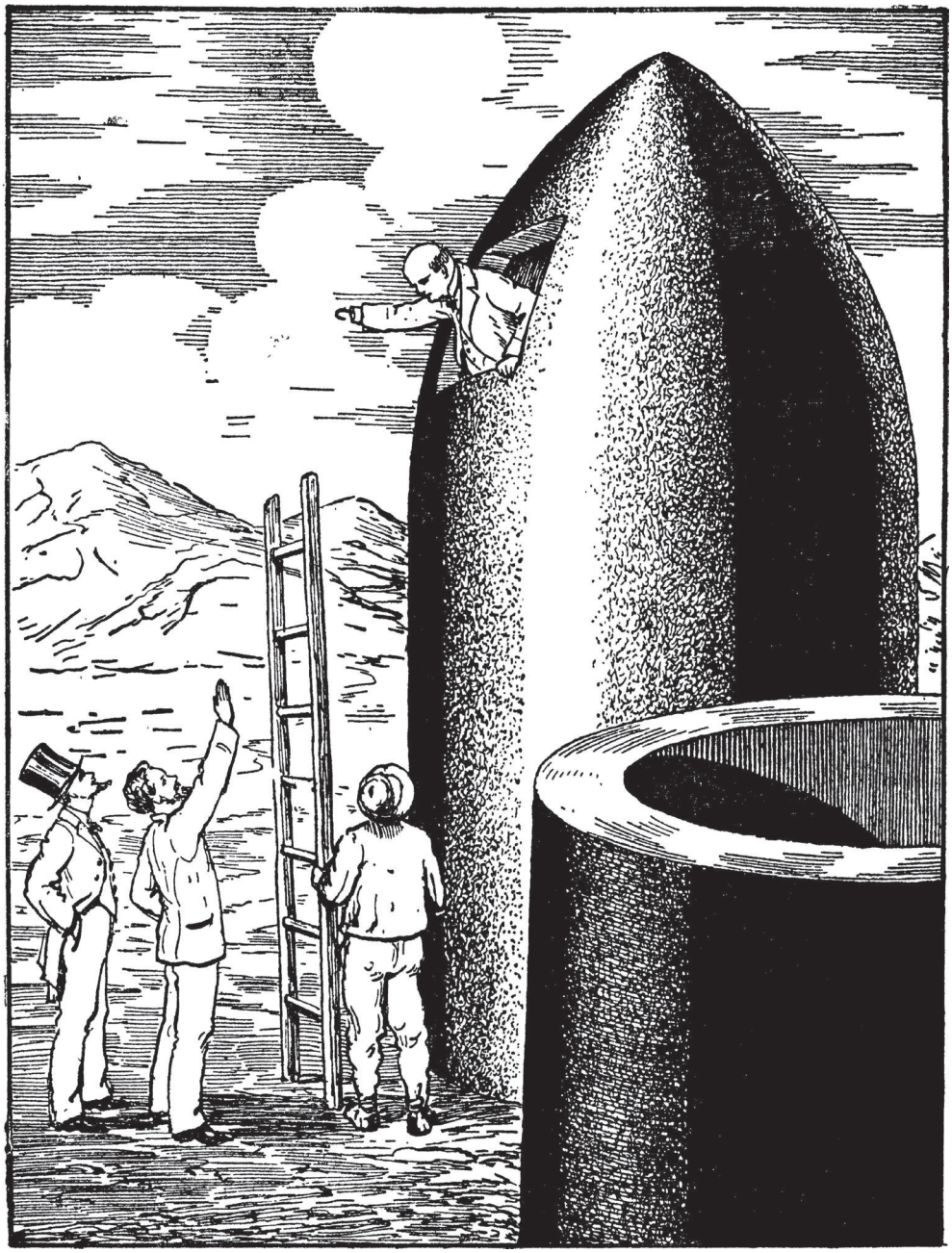
Послушайте, что придумал для этого лет пятьдесят назад французский писатель Жюль Верн.

Из пушки на Луну

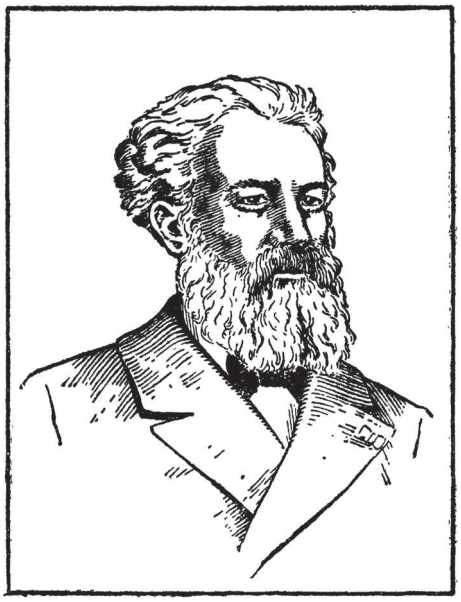
То, что придумал Жюль Верн, приходило, быть может, в голову и иному из вас. Надо, говорил он, устроить огромную пушку и зарядить ее таким большим снарядом, чтобы внутри его могли поместиться люди. Пушка выстрелит, и если ее хорошо направить, то ядро с путешественниками долетит до Луны.

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 толщиною. 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. Смельчаки попрощались с друзьями и плотно заперлись внутри снаряда. Осторожно, особыми машинами, опустили



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



Французский писатель Жюль Верн, автор романа «Из пушки на Луну»

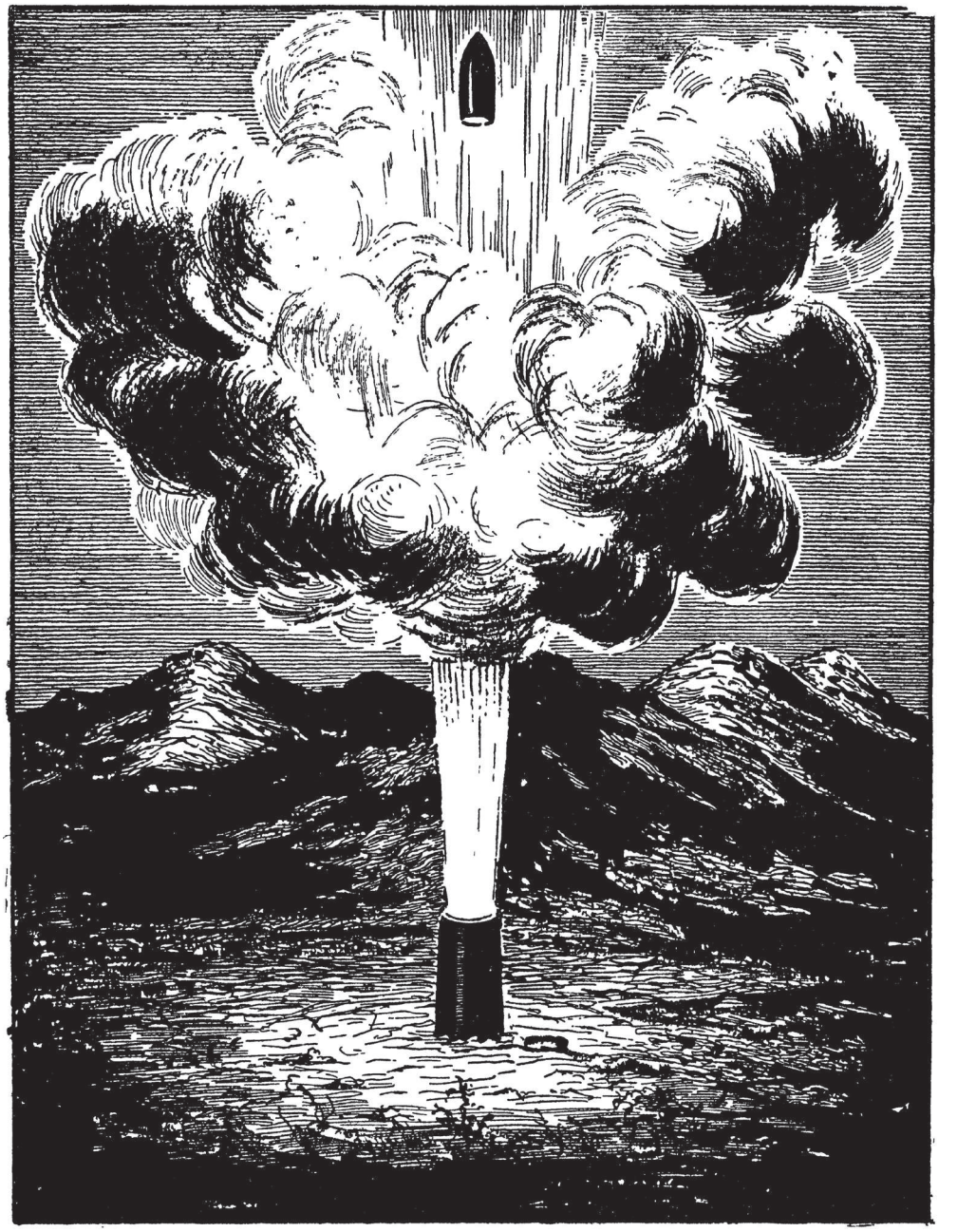
снаряд на дно пушки, где уже приготовлен был огромный заряд пороха. Нажали кнопку — электрическая искра воспламенила порох. Раздался страшный грохот, и ядро с пассажирами ринулось сквозь атмосферу в пустоту небесного пространства. Скорость снаряда была громадная — двенадцать километров в секунду. От 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, несся 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 Жюля 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, получилось бы совсем иное. Сейчас вам станет ясно, что именно должно при этом произойти.



Как началось путешествие на Луну героев Жюля Верна...
(См. стр. 280)

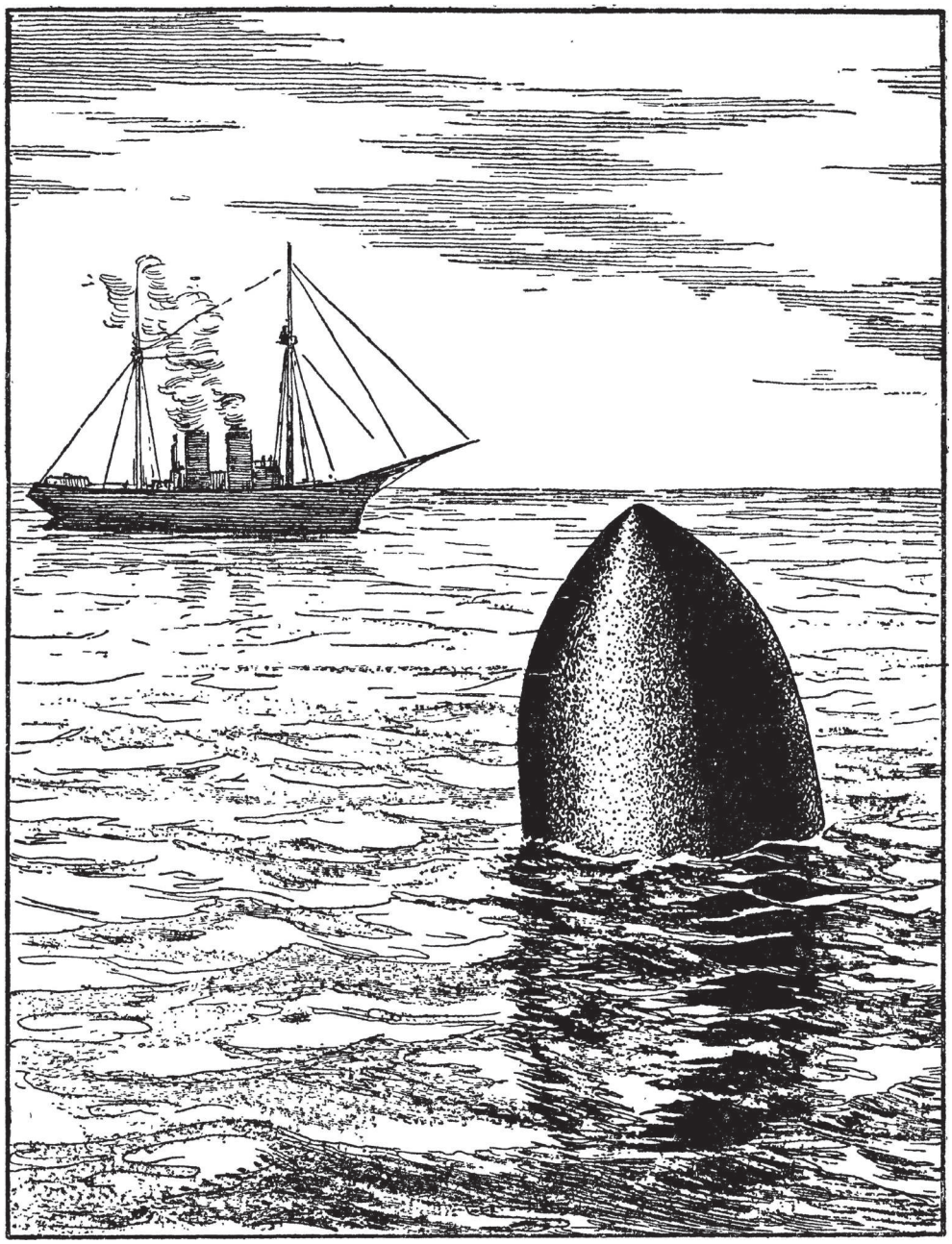
Представьте себе, что на высокой горе поставлена пушка, которую направили вдоль земной поверхности. На рисунке (стр. 285) вы видите такую пушку. Поверхность земли нарисована (в верхней части рисунка) кривой; вы понимаете, почему: ведь Земля — шар, и, значит, поверхность ее кривая. Снаряды, выстреливаемые 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 пролету 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 своим 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 обежит 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 б 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.



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

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 избегнуть ее невозможно. Сотрясение при выстреле безусловно гибельно 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.

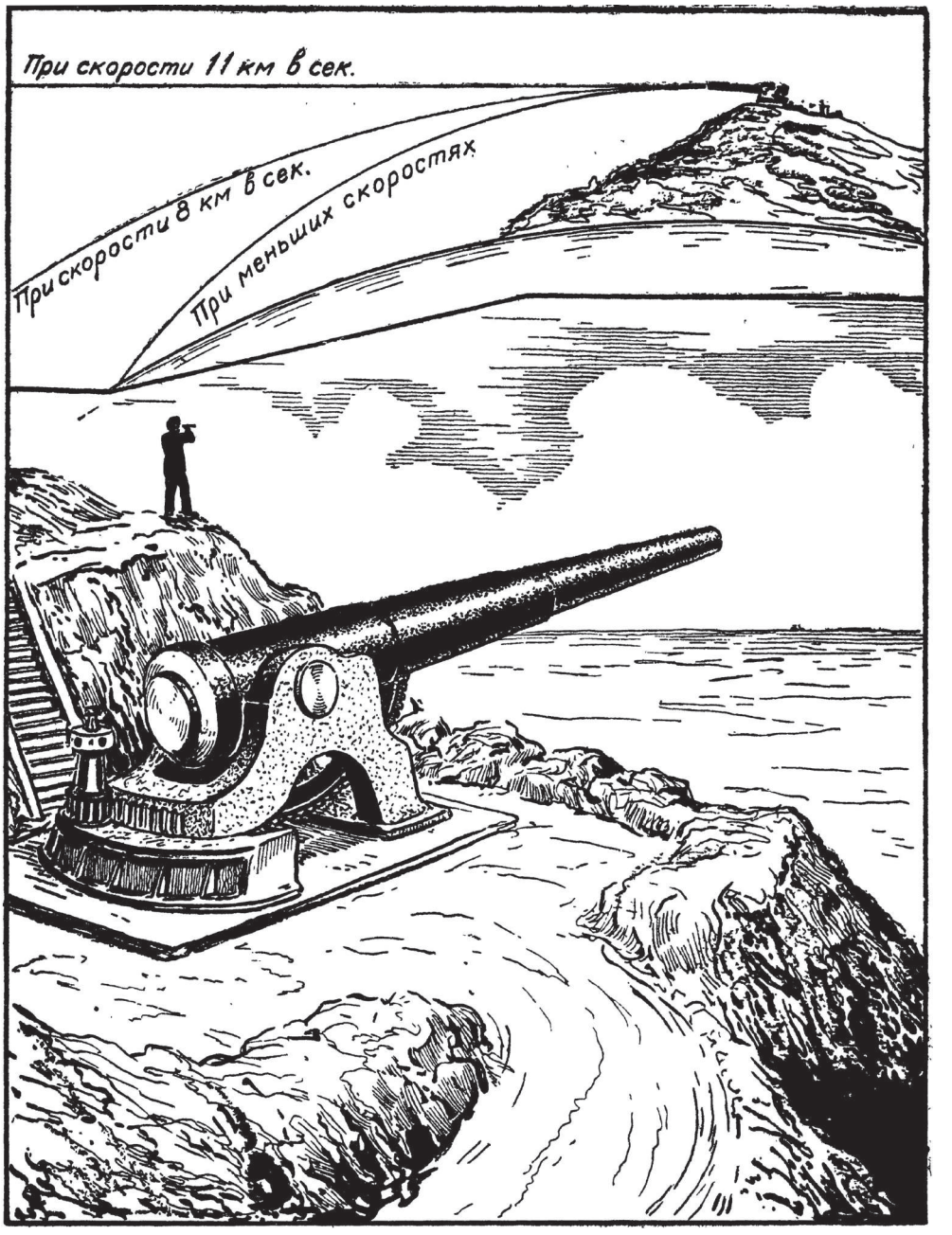
Что же годится для полета на Луну? Какая летательная машина сможет вынести путешественников невредимыми из земной атмосферы в пустое небесное пространство, доставить на Луну и возвратить потом снова на родную Землю?

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

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. 289) показано устройство небольшой ракеты — из тех, что 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. С 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



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

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 приниматься 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 зажигание и пуск. Люди, делающие опыты с большими ракетами, следят за ними не прямо, а через маленькое окошечко в толстой дощатой 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; заснятое 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 ее, 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, накопляющийся 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 уравновешивается напором влево; напор вперед уравновешивается напором назад. А напор вверх уравновешивается 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 заключается *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

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

лучше, чем в воздухе, потому что ей не приходится тогда рассекать 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 распору; впереди же нет стенки, там ствол заложен пулей, и газ стремительно выталкивает эту пулю из ствола. Но тот же газ напирает 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 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;

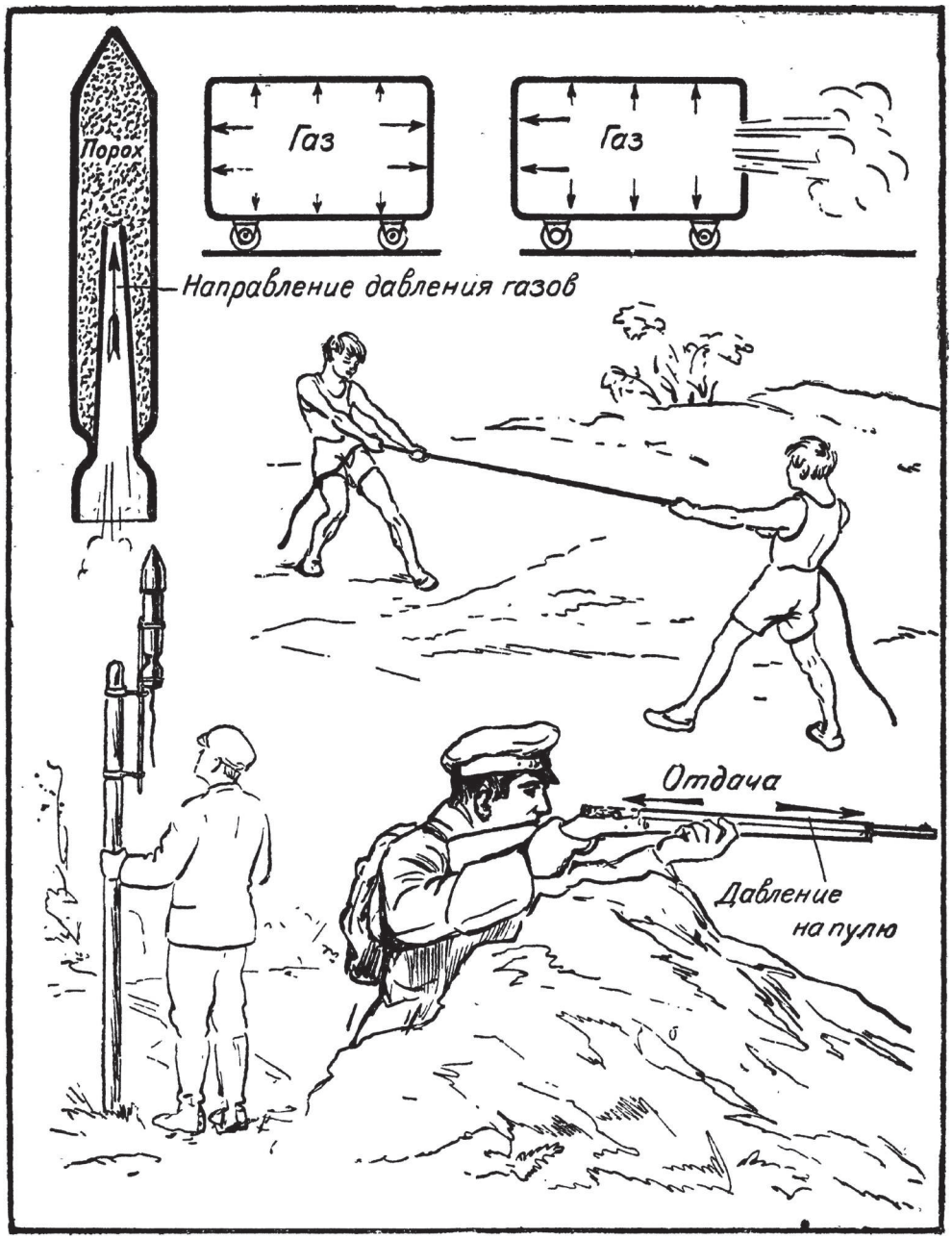
2) ракета при полете не опирается о воздух;

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.



Как устроена ракета и почему она летит.

Коробка с сжатым газом откатывается назад, когда открывают переднюю стенку. Почему?

Когда двое натягивают веревку и один выпускает свой конец, то другой человек падает. Почему?

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 уменье изготовлять крупные боевые ракеты. Английская армия снабжалась ракетами весом до двадцати килограммов; такими ракетами перекидывались бомбы на расстояние нескольких километров.

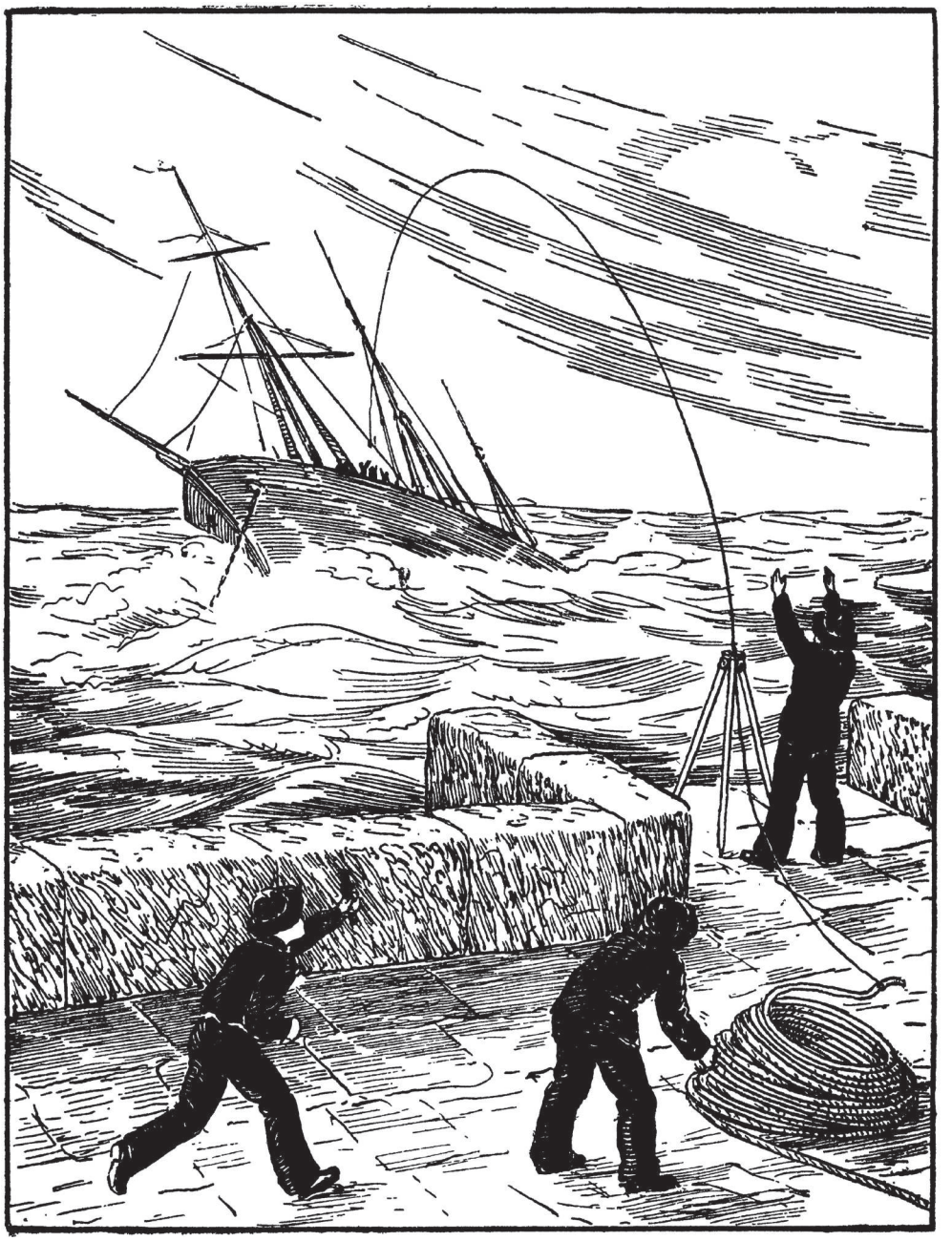
Вслед за англичанами начали пользоваться ракетными бомбами австрийцы и немцы. Боевые ракеты во многих случаях были удобнее пушек, потому что, пользуясь ими, не надо было возить с собой тяжелых орудий. Но затем пушечное дело улучшилось настолько, что для переброски бомб не имело уже смысла применять ракеты;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



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

Наконец, есть еще полезное применение ракет в мирной жизни: они служат для борьбы с градом. Особенно широко употребляются 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.

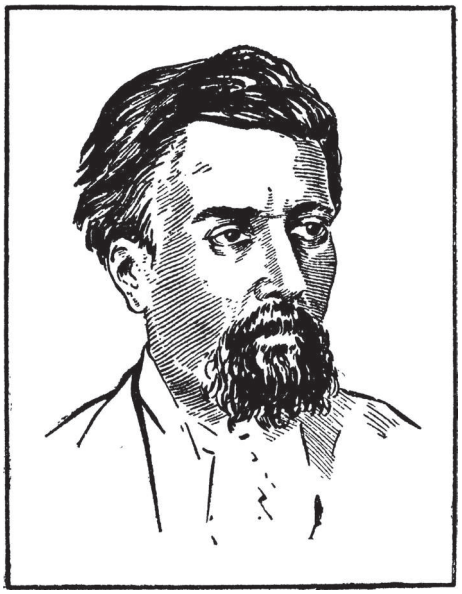
Летательная машина революционера Кибальчича

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 искусный 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 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».

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



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

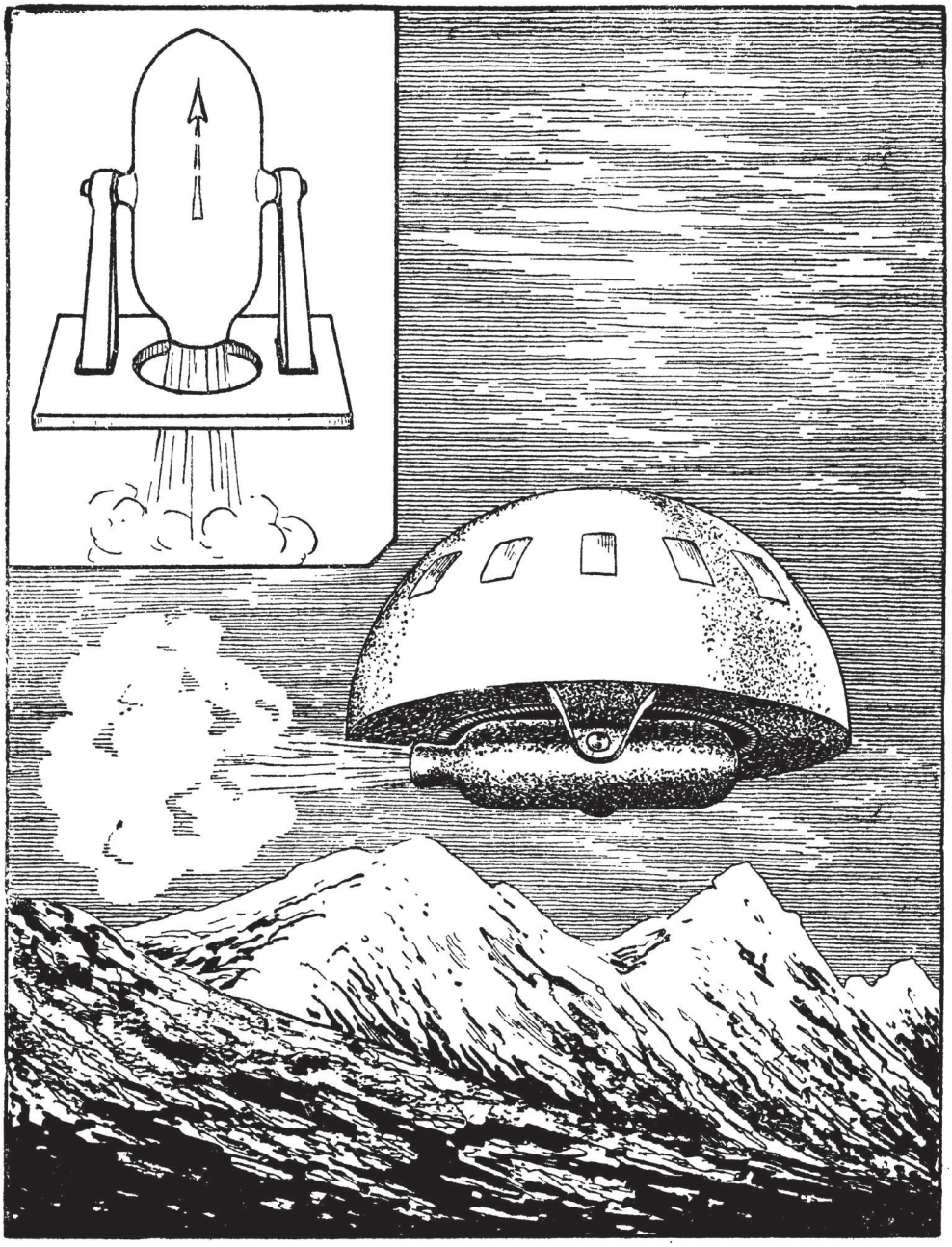
Перед казнью Кибальчич просил, чтобы составленное им описание изобретения было показано сведущим людям. «Если моя идея, — писал он, — после тщательного обсуждения учеными специалистами будет признана исполнимой, то я буду счастлив тем, что окажу громадную услугу родине и человечеству. Я спокойно тогда 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.

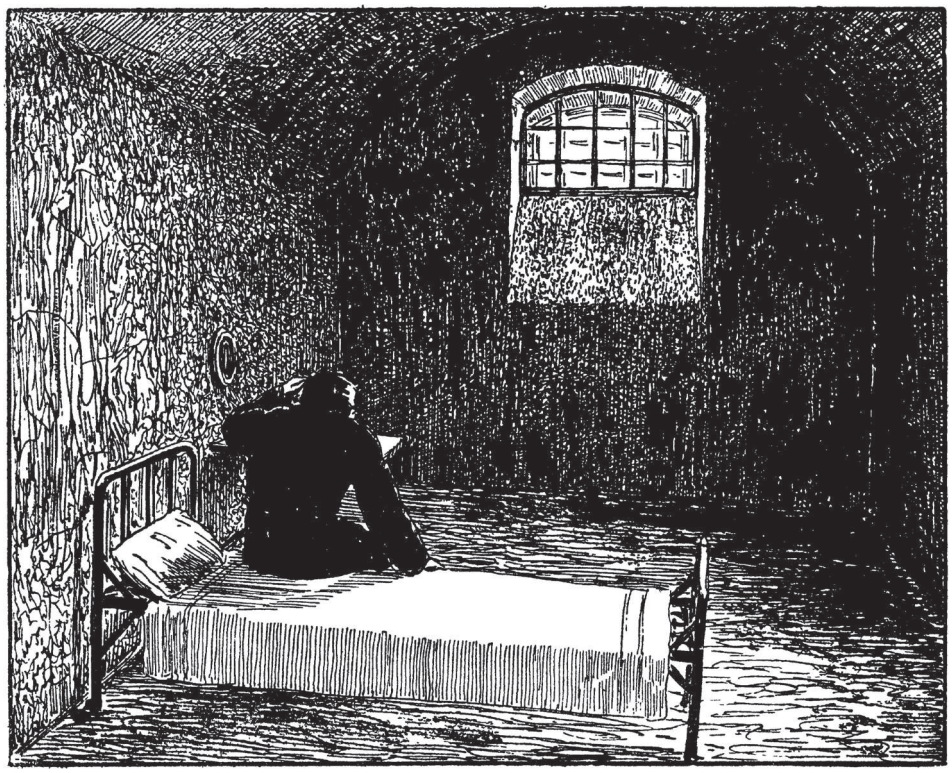
В чем же состояло изобретение Кибальчича? Как предлагал он устроить летательную машину?

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. 295), 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 порох. Когда порох 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



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



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

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

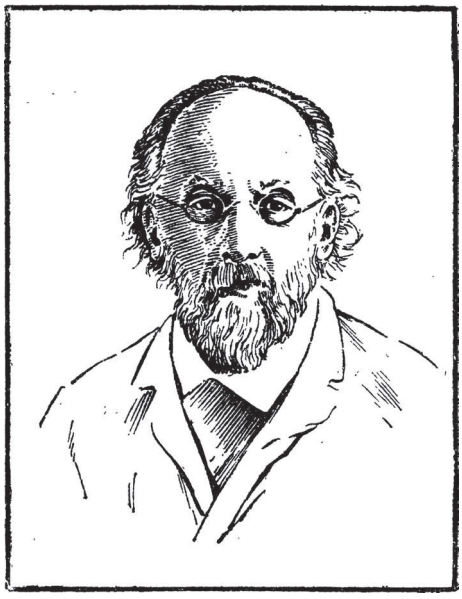
Во времена Кибальчича не умели еще строить никаких управляемых летательных машин. Вот почему, вероятно, Кибальчич совершенно не упоминает о другой замечательной особенности придуманной им машины — о том, что она могла бы летать не только в воздухе, но и в пустоте. Кибальчич знал это, конечно. Он не принадлежал 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.

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 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.



Советский изобретатель Константин Эдуардович Циолковский. Он первый выполнил расчеты для будущего ракетного корабля

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

Чтобы отлететь от Земли совсем и добраться до Луны, нужна, мы знаем (стр. 282), 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, — порохом. 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?

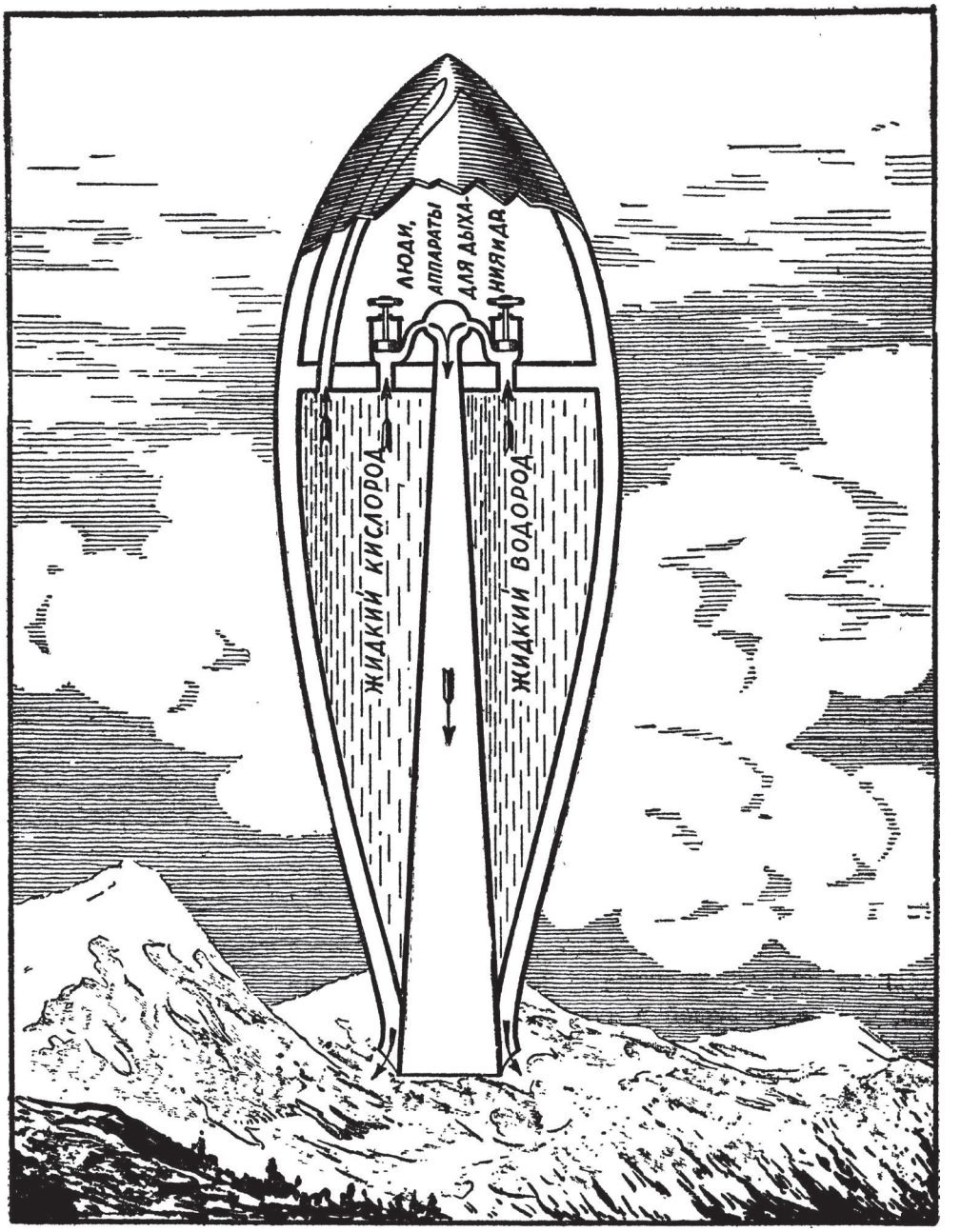
Чем следует заменить порох, указал Циолковский. Он первый обратил внимание на то, что порох — не единственное и вовсе не самое лучшее вещество для заряжения ракет. Гораздо лучше действует так называемый «гремучий газ». Гремучий газ есть смесь кислорода (газа, которым мы дышим) и еще другого газа — водорода. 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 кислородом[1]. 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 *взрывается*. 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 Кибальчича. 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. 299), как Циолковский представляет себе свой ракетный корабль.

Часть оболочки корабля на рисунке снята, чтобы видно было 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

[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

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 бóльшую 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 напирает 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 гондола 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: бóльшую 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 ракетному 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. Придуманный 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].

Изобретатели за рубежом

Кибальчич и Циолковский — не единственные изобретатели, придумавшие летательные машины наподобие ракеты. К этой же самой мысли пришли

[1] Кто желает больше узнать про жизнь Циолковского, тот может прочесть о ней в книжке Я. И. Перельмана «Циолковский, его жизнь и научные труды».

позднее изобретатели и за рубежом нашего отечества — в Америке и 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.

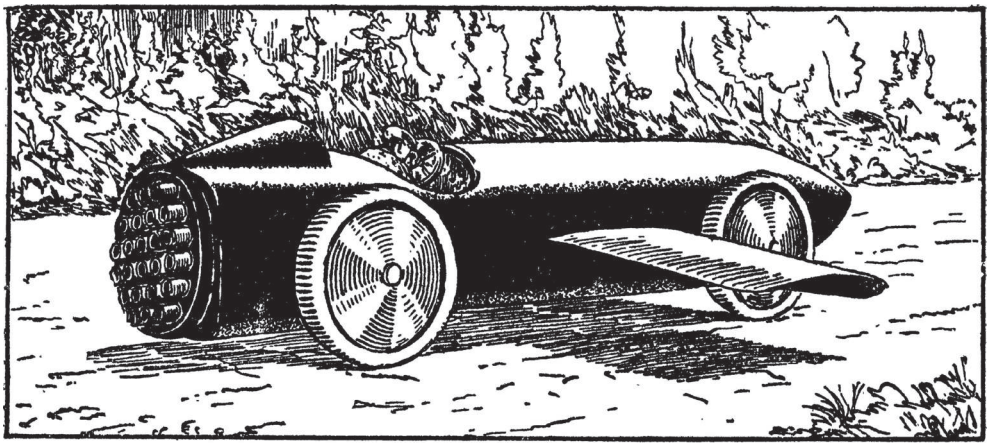
Что же означает такое совпадение мыслей четырех изобретателей, не знавших друг друга? Почему люди, жившие так далеко один от другого, пришли к одинаковым мыслям?

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 напали на правильный путь.

От мысли к делу

Когда в самые последние годы изобретатели ракетных машин стали переходить от замысла к исполнению, 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 давать ей отделяться от почвы. Ракет было поставлено вдвое больше, чем



Ракетный автомобиль.
При испытании такая машина развивала скорость в 220 километров в час

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 санями: 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 полозья не оставили даже следов на снегу. Очевидно, сани неслись в воздухе, поверх снега.

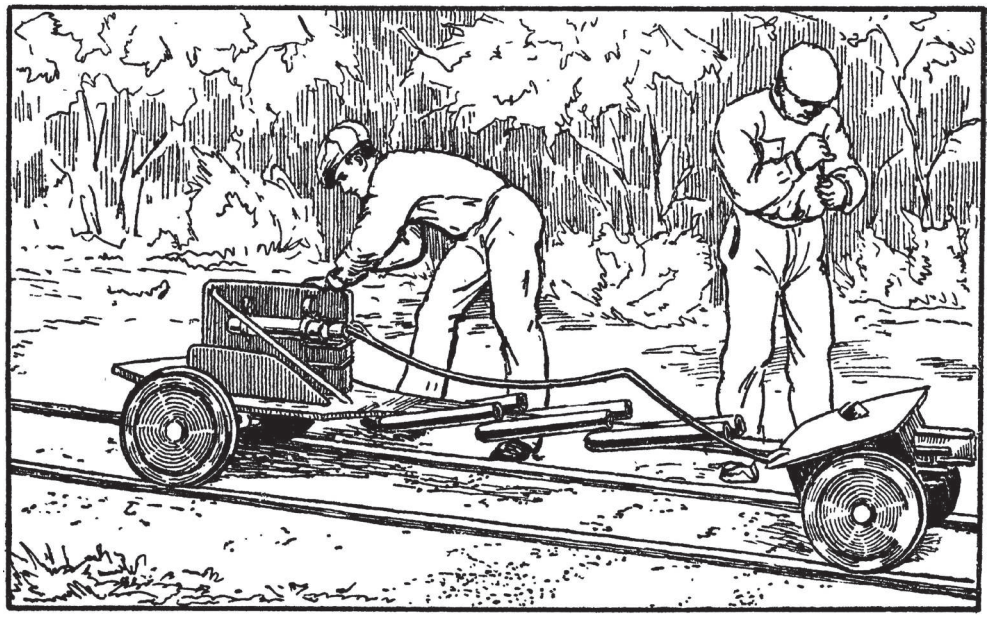
Эти опыты имеют то значение, что показывают, какую силу могут развивать ракеты. Но ошибочно думать, что в будущем на автомобилях взамен моторов станут употреблять ракеты. Нет расчета это делать: для тех скоростей, с какими может ехать автомобиль, ракеты обходятся дороже мотора. Выгодны ракеты лишь в 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 изготовлять ракеты, заряженные горючими жидкостями.



Ракетная дрезина.
При испытании она достигла скорости 180 километров в час

Первые шаги

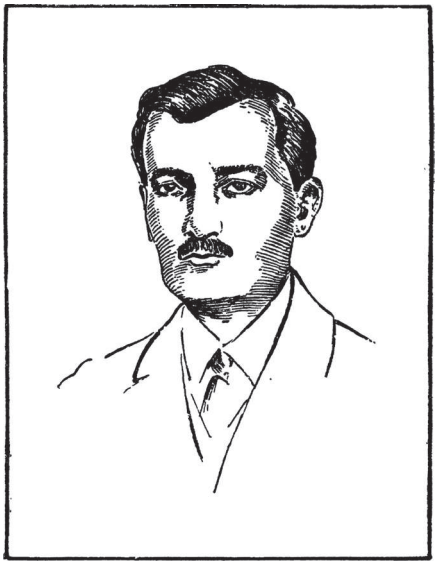
Пороховые ракеты употребляются уже давно, и люди научились изготовлять их очень хорошо. Ракеты же с жидким зарядом только недавно придуманы. Устройство их не такое простое, как ракет пороховых.

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 остальной запас от смешения и взрыва.

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 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.



Профессор физики Герман Оберт, самый выдающийся знаток и работник ракетного дела в Западной Европе

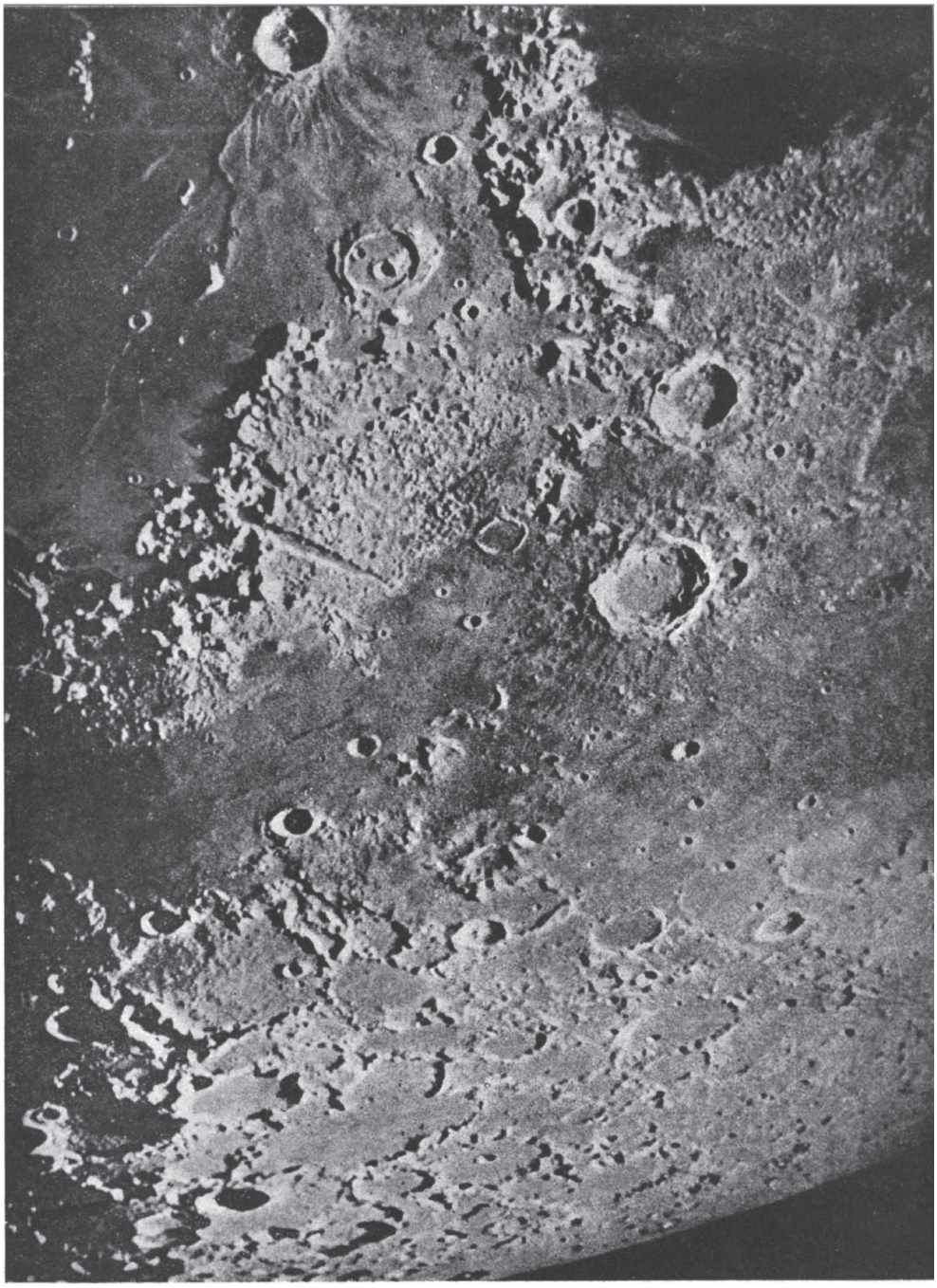
Вы спросите, вероятно: как же можно будет это узнать, если на ракете не поднимется человек? Человека вполне может заменить инструмент, устроенный так, что он сам записывает свое показание; об этом было уже сказано в начале книжки. Например, ученые придумали градусники, которые сами записывают то, что 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 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 быстроте 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 нескольку сот рублей. Вы видите, что 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.



Какой будет видна поверхность Луны из окна подлетающего к ней ракетного корабля. С Земли можно сейчас наблюдать такую картину только в сильные телескопы

Заглянем в будущее

Через много лет, когда все сейчас намеченное удастся постепенно сделать и строители крупных ракет получат 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...

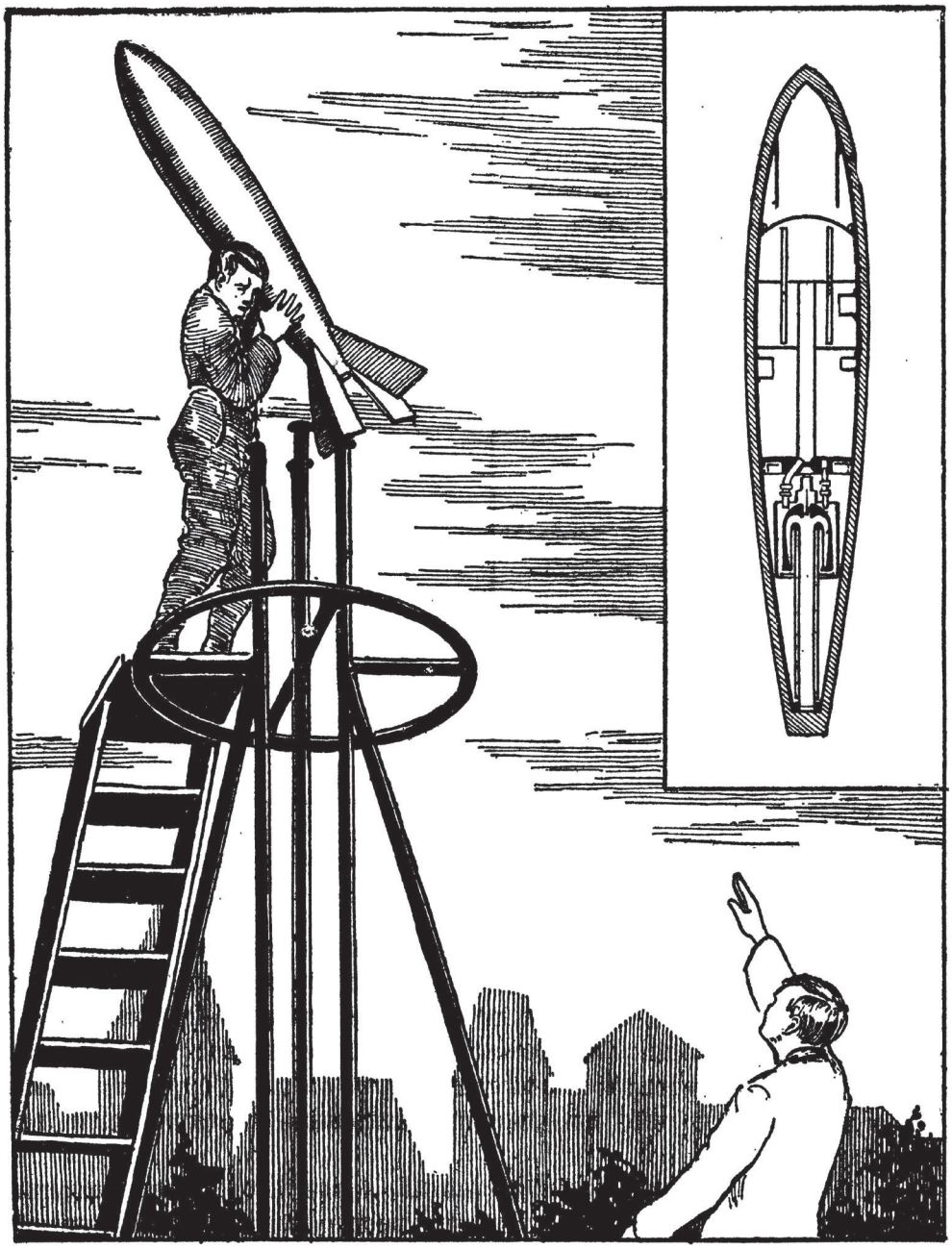
Как же будут происходить лунные перелеты? Попробуем заглянуть в будущее и нарисовать вероятную картину путешествия на Луну и обратно.

Лунный перелет

Вы забрались через небольшой люк в тесную каюту 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 каюты 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.

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



Как в Германии пускают большую модель ракеты с жидким зарядом.
Направо вверху внутреннее устройство этой ракеты

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 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, бочонки, 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, 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 наружу. Кроме того, за спиной у вас будет металлический ранец с запасом сгущенного 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.

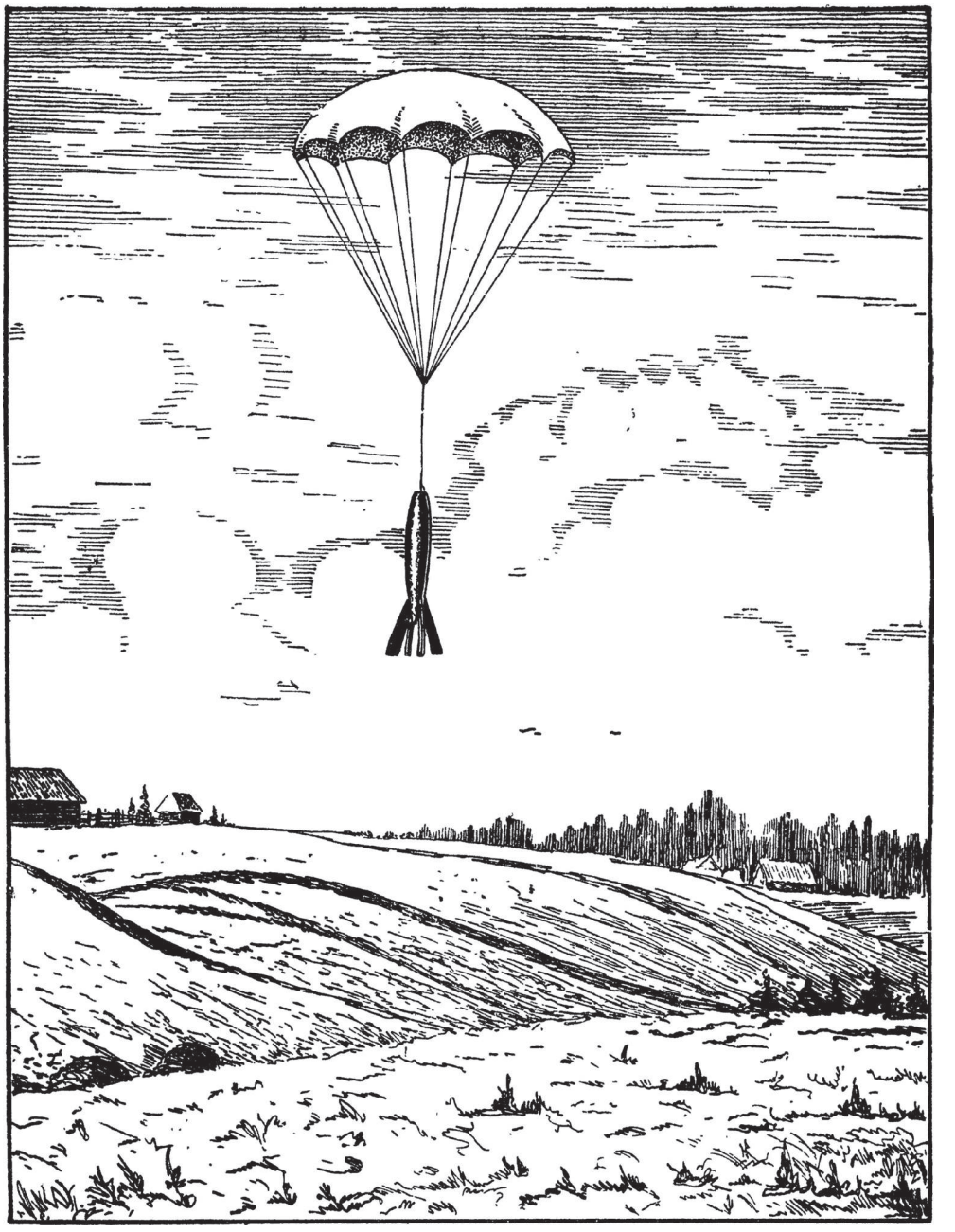
Оглушающий рев доносится из машинного отделения, одновременно что-то странное делается с вашим телом: оно словно отяжелело в несколько раз. Пробуете двинуть рукой, шевельнуть ногой, — они кажутся вам налитыми свинцом! Приподнять свое тело над койкой не хватает сил — настолько оно грузно. Откуда такая 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

[1] Костюмы для пребывания человека в безвоздушном пространстве недавно придуманы инженерами, заготовляющими снаряжение для полетов в стратосферу.



Испытание ракеты с жидким зарядом в Германии.
Достигнув высшей точки подъема, ракета опускается вниз на парашюте.
Такой опыт проделывали уже больше сотни раз

на короткое время не причиняет вреда здоровью. Ну, вот корабль и достиг требуемой скорости. Я прекращаю горение в ракете. Готовьтесь 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.

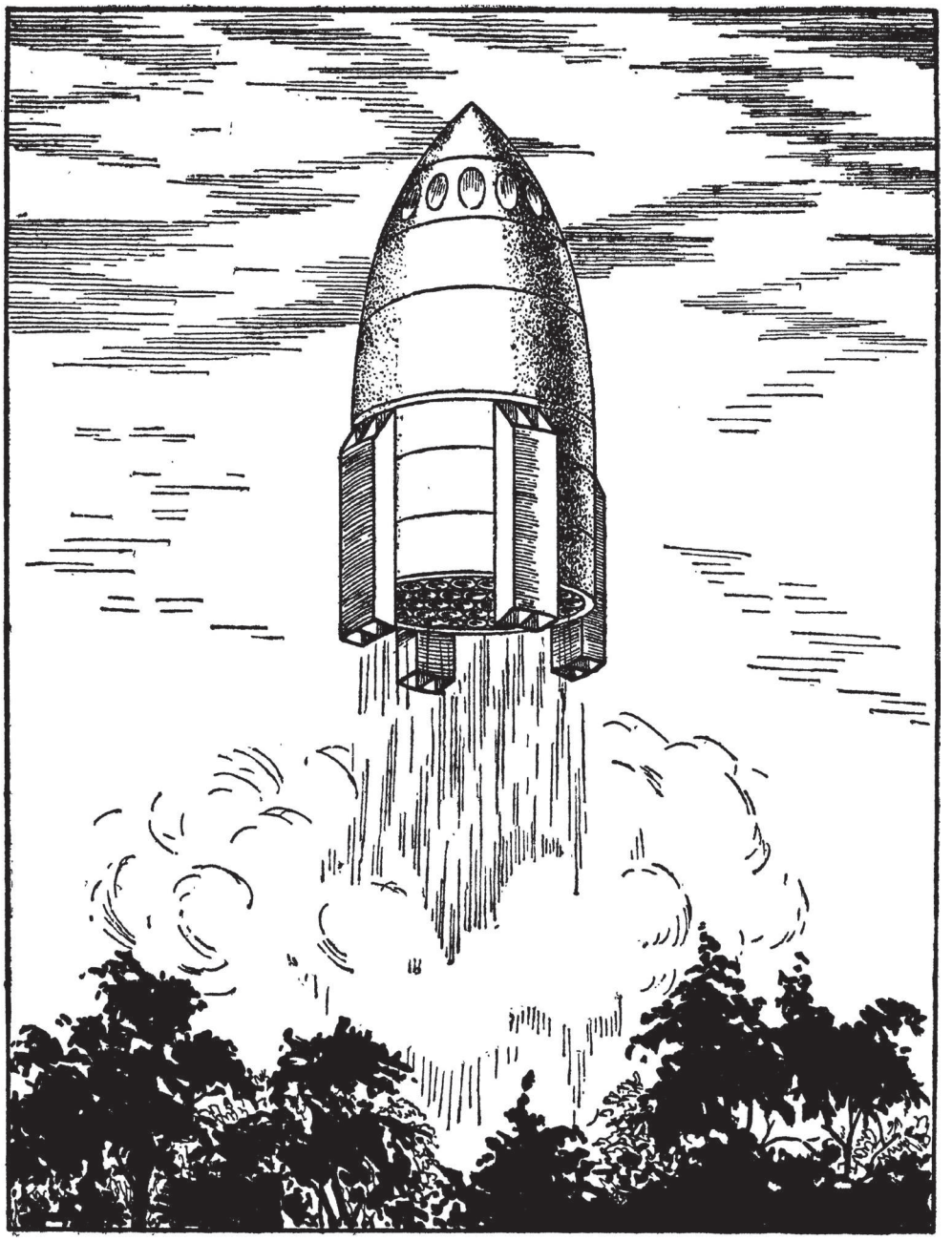
Вы хотите проверить это: подпрыгиваете — и мягко ударяетесь головой в обитый кожей потолок каюты. Но здесь вы не остаетесь: отскакиваете от потолка и ударяетесь о пол. На полу также не можете удержаться: отлетаете снова к потолку и качаетесь так между полом и потолком.

— Хватайтесь за поручень, — кричит пилот, — иначе не остановитесь!

Вам удается 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 распроститься навсегда: легче



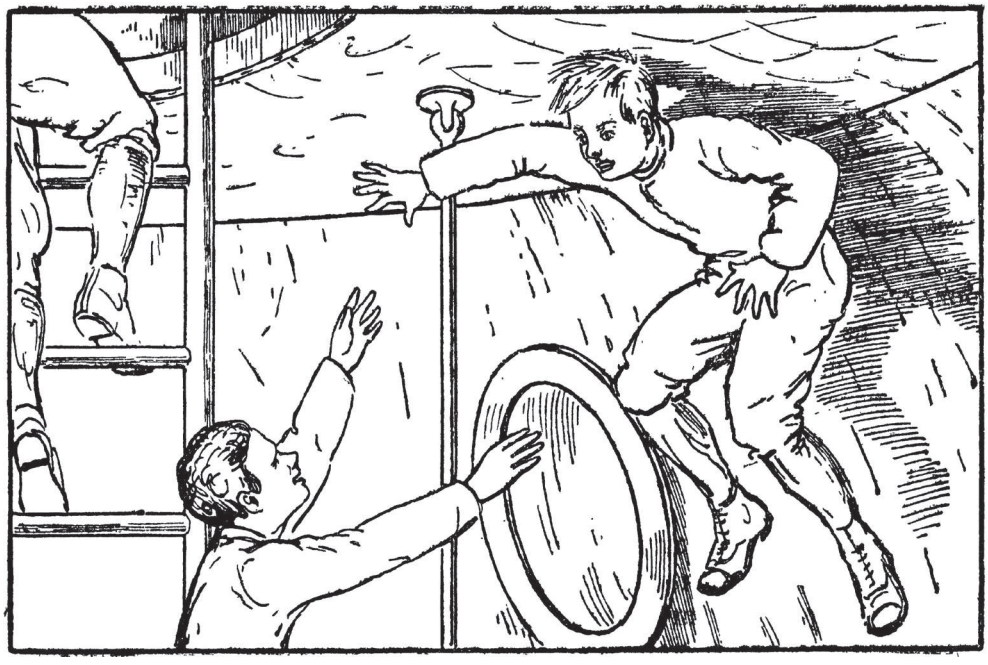
В будущем маленькая ракета превратится усилиями изобретателей в большой ракетный корабль для полета на Луну

поймать пушинку в воздухе, — в земной атмосфере пушинка хоть что-нибудь весит, а здесь карандаш не весит ровно ничего.

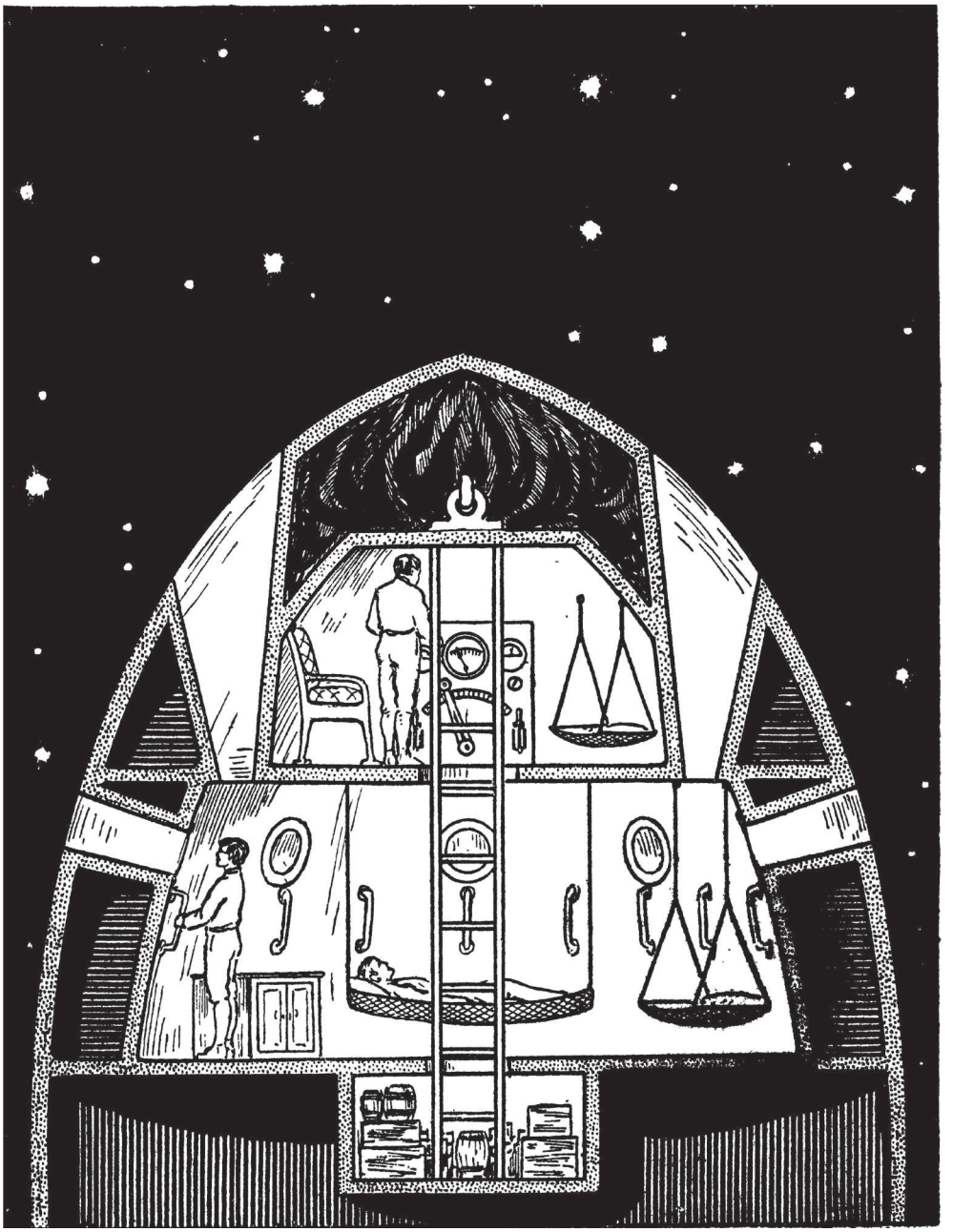
Вам понятно теперь, почему среди припасов, взятых на борт ракетного корабля, вовсе нет сыпучих продуктов, как мука, крупа, горох... Развяжете такой мешок, и от малейшего толчка, от едва заметного движения воздуха все это рассеется по каюте. Собрать рассеянное невозможно, разве только вылавливать сачком. 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 удушение.

Вам хочется пить. Добираетесь до шкафа и извлекаете из него кувшин с водой, плотно закрытый крышкой. 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 донышку. 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.



Подпрыгиваете — и ударяетесь головой в обитый кожей потолок каюты



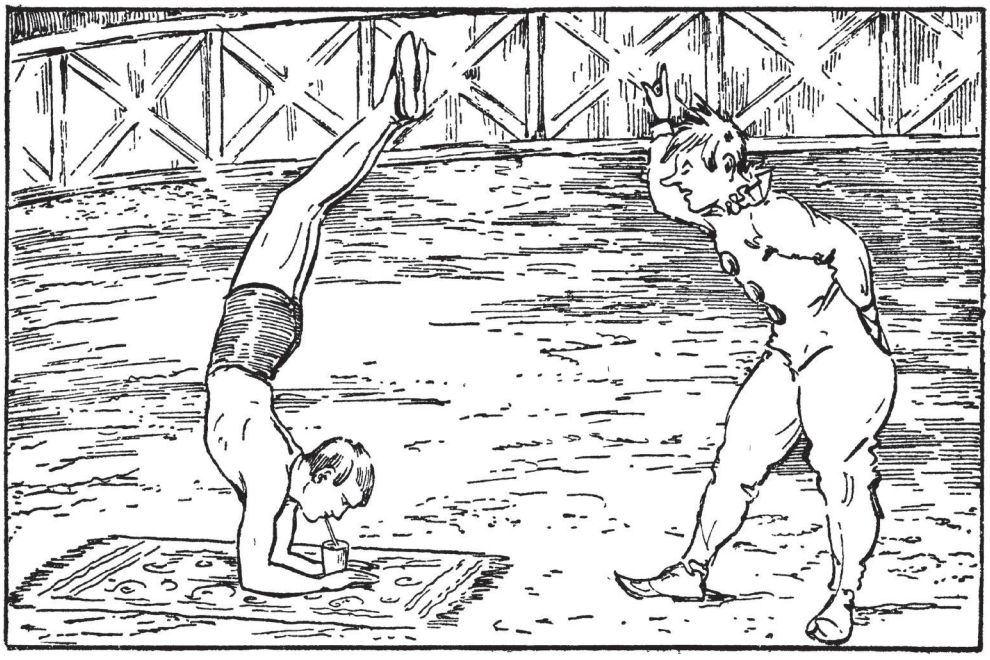
Примерное внутреннее устройство кают будущего ракетного корабля.
Вверху каюта управления; над нею парашют в сложенном виде.
Среднее отделение — пассажирская каюта.
Нижнее помещение предназначено для хранения припасов

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, расползается 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, нелегко 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.

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.



Цирковой гимнаст пьет воду, стоя вниз головой

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 вовсе 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 каюте. 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 слабый 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? Боитесь, 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 каюте. 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 многочисленные, 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 удается 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 удалились. 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 каюту, чтобы отдаться 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.

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 уравновешивается 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.

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 гибельную 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 «контрпар». Так постепенно уничтожится почти без остатка вся скорость корабля, и он плавно, без толчка, сядет на лунную почву.

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 каюту, чтобы ступить ногой в новый, неведомый мир.

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 чувствуете, 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[1].

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 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

[1] Как показывает строгий расчет, меньше, — максимум метров 10–12 (*примеч. ред.*).

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

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 четырнадцатую 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 нестерпим 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

Ракетный путешественник на лунной почве.
Так как на Луне нет воздуха, то, покидая ракетный корабль,
необходимо надеть на себя особый костюм наподобие водолазного

Солнечное затмение на Луне.
Солнце прячется позади земного шара. Наша Земля висит на лунном небе в виде круга, поперечник которого больше солнечного в четыре раза

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 достаточно 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.

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 перехожу 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 каюту 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. поднять против слабого притяжения Луны всего на сорок тысяч километров.

Ракетные путешественники собирают образцы лунной природы. Вдали виден ракетный корабль, на которой совершен был перелет

А для этого достаточна 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.

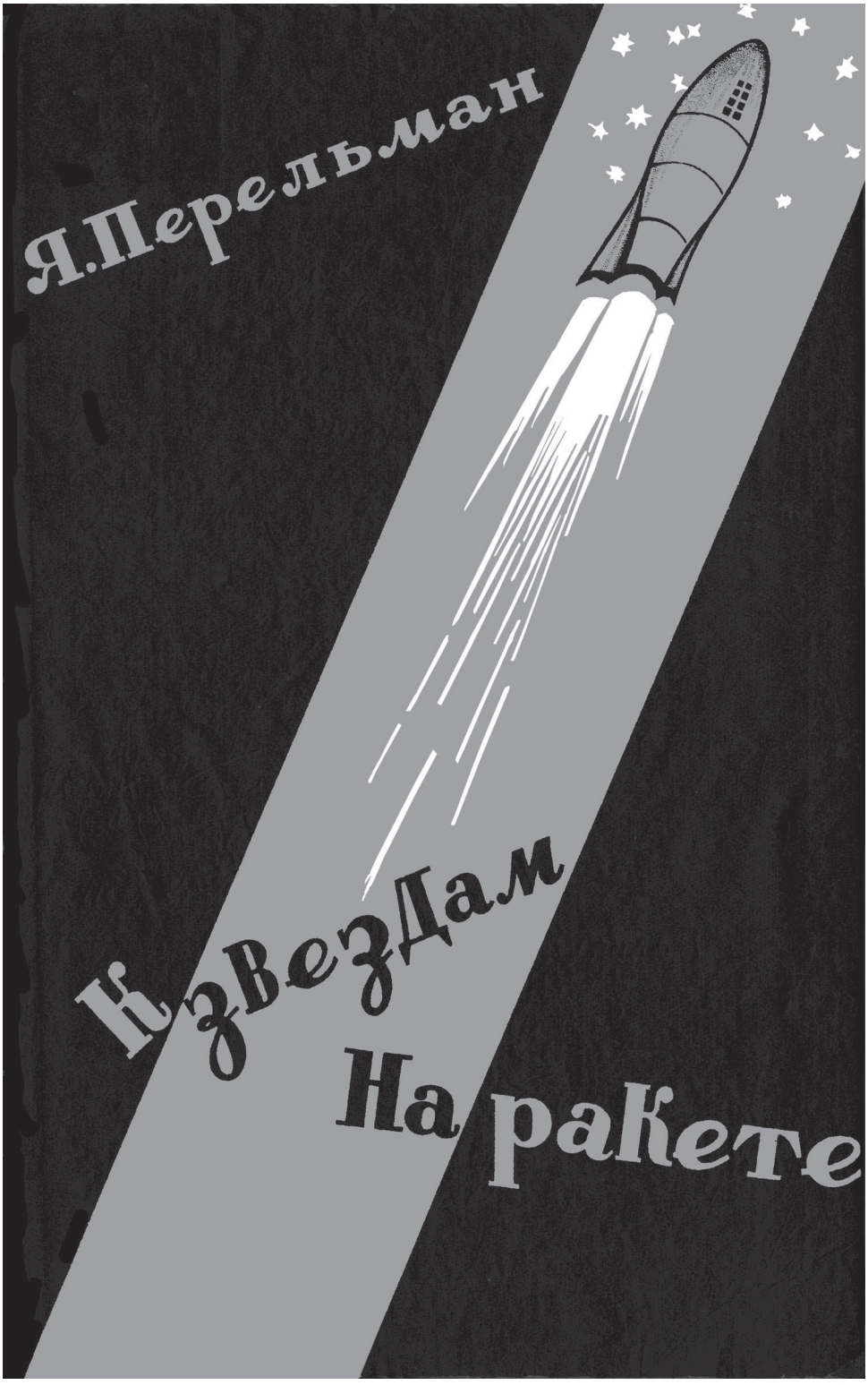
Когда горение в ракете кончится, т. е. через несколько секунд, вы снова потеряете ваш вес и снова окажетесь в маленьком, но необычайном мире, где ничто ничего не весит. Спустя шесть земных суток вы подлетите к земному шару.

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 какою опасно не только ударяться о почву или о воду, но даже погрузиться в земную атмосферу. Уничтожение этой скорости «контрпаром», 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 пригнется 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 воду.

Вот каким сложным путем очутитесь вы на родной Земле. Перелет на Луну и обратно кончится.

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.

Я. Перельман



К звездам

На ракете

1. Два яруса воздушного океана

Все мы живем на дне безбрежного океана, океана воздушного, во много раз более глубокого, нежели океан водяной. В недрах водяного океана ученые производят глубокие разведки; они много узнали о свойствах глубинных слоев и об их обитателях. Но о прозрачных высях океана воздушного людям известно пока очень мало. Человеку удавалось побывать в атмосфере только до высоты двух десятков километров; примерно еще на такую же высоту пронизывали ученые атмосферу особыми снарядами — зондами. Итого — не более 40 километров. Но атмосфера, постепенно разрежаясь, простирается над нашими головами не на 40 километров и даже не на 400, а еще раза в два выше.

Авиацией завоеван до сих пор только самый нижний ярус всей атмосферы, наиболее плотная ее часть, толщиною в десяток километров. Этот слой воздушного океана настолько отличается от лежащего выше, что ученые сочли нужным дать ему особое название: «тропосфера». Простирающийся же над ним ярус получил название «стратосферы». В нижнем ярусе, в тропосфере, содержится в виде пара почти вся влага воздуха; в этом слое есть облака, бывают дожди, снег, град; части его беспрестанно перемешиваются восходящими и нисходящими течениями; состав этого воздушного слоя на протяжении всей толщины поэтому одинаков. Но температура его с высотою заметно меняется: чем выше, тем воздух тропосферы холоднее, убывая с каждым километром высоты градусов на 5–7 (по стоградусному термометру). На высоте 10 километров, близ верхней границы тропосферы, всегда — летом и зимой — стоит сильный мороз в 50–60 градусов ниже нуля. Такова *тропосфера*.

Совсем иные условия имеются в верхнем ярусе воздушного океана — в *стратосфере*. В разреженном воздухе стратосферы почти совершенно отсутствуют водяные пары. Там не может быть туманов, небо всегда ясно; облака бывают очень редко, и то большей частью не водяные и даже не ледяные, а пылевые — из тончайшей пыли, выброшенной вулканами. Перемешивания

Текст и иллюстрации воспроизводятся по изданию:

Перельман Я. И. К звездам на ракете. — 2-е изд., доп. — Харьков : Украінський робітник, 1934.

частей воздушного слоя не происходит вовсе; беспрестанно меняющихся ветров там не бывает, бурь, шквалов, дождей, снега, града — нет и в помине. Самая же замечательная и загадочная особенность стратосферы та, что температура ее с высотою не понижается; напротив, начиная с некоторой высоты жестокий мороз становится менее суровым, а затем воздух делается постепенно теплым, разогревается все сильнее, и на высоте полусотни километров температура достигает +60°–70°, т. е. воздух там жарче, чем в тропическом поясе у земной поверхности.

Так резко различаются между собою два яруса воздушного океана — тропосфера и стратосфера. Но о стратосфере нам известно пока очень немного. Ее изучение, можно сказать, только началось, и многое еще предстоит в ней исследовать. Причина слабой изученности стратосферы понятна: в высшие воздушные слои очень трудно проникнуть. Сейчас мы побеседуем подробнее о трудностях высотных полетов.

2. Высотные полеты

В июне 1933 года исполнилось ровно 150 лет с того дня, как впервые в мире поднялся ввысь воздушный шар. Полтора века длится уже завоевание воздуха человеком. Как же высоко над Землей удалось ему до сих пор подняться?

Современные самолеты забираются выше самых высоких гор. Высочайшая гора Земли — Эверест, в Азии, — поднимает свою вершину почти на 9 километров выше глади океанских вод. Добраться до верхушки этой горы по ее склонам людям не удалось: пришлось вернуться, не дойдя до верхушки нескольких сот метров, потому что воздух там чересчур разрежен для дыхания людей. Однако в 1933 году одному летчику[1] удалось кружиться со своей машиной над этой неприступной верхушкой. Забирались летчики и еще выше, — примерно до 14 километров над уровнем воды в океане. При этом, чтобы дышать на такой высоте, летчик берет с собой особую маску и запас воздуха.

Всем известно, что чем выше, тем воздух становится более разреженным. На высоте 5 километров воздух уже примерно в два раза реже, чем у самой земли; на высоте 10 километров — в 4 раза реже; на высоте 15 километров — раз в 8 реже и т. д. Это затрудняет не только дыхание на большой высоте, но и самое летание там. Ведь и мотор требует воздуха для своей работы; где воздуха мало, там мотор работает плохо и самолет держаться не может. Правда, инженеры придумали способ сжимать воздух на больших высотах особыми насосами и этот сжатый воздух подавать в мотор. Поэтому и возможно было забраться на самолете на такую высоту, как 14 километров.

---

[1] Этот полет с тремя помощниками на самолете Westland PV-3 совершил 3 апреля 1933 г. шотландский летчик-аристократ *Дуглас Дуглас-Гамильтон, 14-й герцог Гамильтон и 11-й герцог Брендон, лорд Клайдсдейл* (1903–1973) (*примеч. ред.*).

Всего выше удалось пока подняться человеку не на самолете, а на воздушном шаре, не имеющем мотора. Зарубежный ученый, проф. Пикар, дважды поднялся на высоту более 16 километров — на особом шаре, называемом «стратостатом». При втором своем полете, в 1932 г., Пикар достиг 16½ километров высоты, какой до него не достигал еще ни один человек.

Полеты Пикара открыли путь в стратосферу, и по этому пути вскоре смело направились советские воздухоплаватели. Их отважные полеты и блестящие достижения привлекли к себе внимание всего мира.

Рекорд, поставленный Пикаром, был дважды побит высотными полетами советских пилотов: 30 сентября 1933 г. стратостат «СССР»[1] достиг 19 километров высоты, а ровно четыре месяца спустя, 30 января 1934 г., советский стратостат «С-ОАХ-I» поднял трех исследователей стратосферы на высоту 22 километров.

Затруднения, стоящие на пути к проникновению человека в высокие слои атмосферы — в стратосферу, бывают двоякого рода. Прежде всего трудно поднять аппарат в те высоты, где воздух чрезвычайно разрежен и не дает опоры. Во-вторых, надо обеспечить человеку возможность дышать и вообще существовать в крайне разреженном и очень холодном воздухе. Оба препятствия преодолеваются шаром особого устройства — высотным аэростатом, или стратостатом.

Главные части всякого аэростата — сам шар, надутый легким газом, и помещение для его команды — гондола. Аэростат держится в воздухе по той же причине, по какой остается под уровнем моря подводная лодка. Относящийся сюда закон природы открыт еще в древности греческим ученым Архимедом. Закон этот утверждает, что всякая вещь, погруженная в *жидкость*, уменьшает свой вес на столько, сколько весит количество *жидкости*, вытесняемое этой вещью. Точно так же и вещь, находящаяся в *воздухе*, уменьшает свой вес на столько, сколько весит *воздух*, ею вытесняемый. Значит, чтобы шар держался в атмосфере, нужно придать ему вес, меньший веса такого же объема воздуха: тогда шар не только потеряет целиком свой вес, но и будет еще увлекаться вверх. Достигается это тем, что шар наполняют газом, который легче воздуха, — например, водородом. Такой шар вместе с его гондолой и всем прочим снаряжением оказывается легче, чем вытесняемый им воздух, — и увлекается вверх.

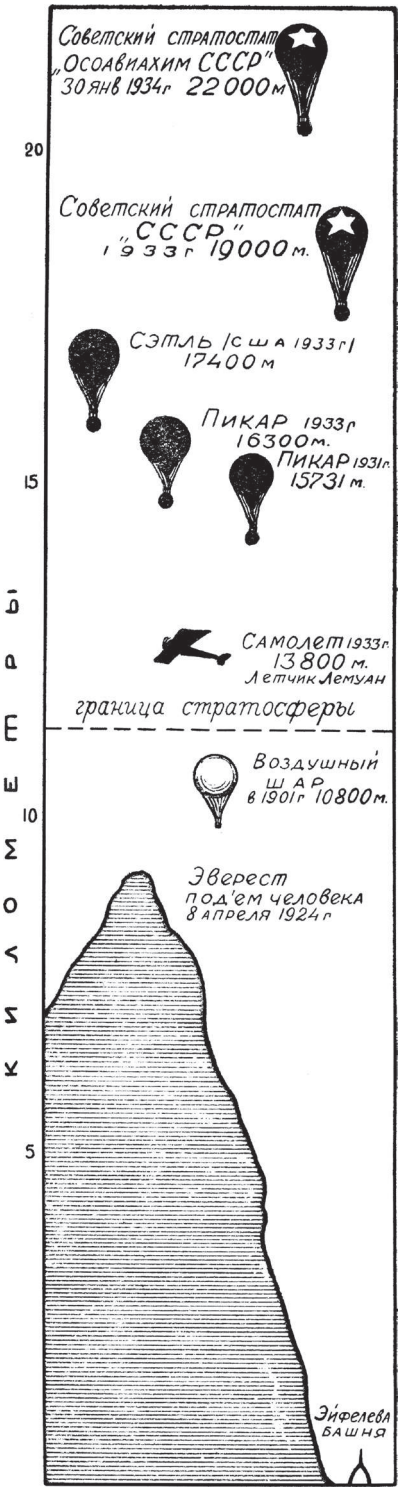
Поднимаясь выше и выше, шар попадает в слои все более легкого воздуха. Рано или поздно он должен оказаться в воздухе настолько легком, что вес шара сделается уже равным весу вытесняемого им воздуха; с этого момента аэростат уравновесится, и подъем его прекратится. Чтобы заставить теперь шар подниматься еще выше, надо аэростат облегчить — сбросить с него какую-нибудь тяжесть; с этой целью команда заранее запасается мешками с песком,

[1] Ныне его называют «СССР-1», поскольку позже, в 1934 и 1935 гг., были построены стратостаты «СССР-2» и «СССР-3» (*примеч. ред.*).

«балластом», который и сбрасывают, когда шар уравновесится. Облегченный аэростат снова делается легче вытесняемого им воздуха и увлекается вверх. Наконец, когда балласт весь выброшен и больше облегчить аэростат нельзя, он на некоторой высоте окончательно уравновешивается; выше подняться шар уже не может. Он достиг, как говорят, своего «потолка», своей предельной высоты.

Как же удалось Пикару поднять потолок аэростата до 16½ километров, а советским воздухоплавателям даже до 22 километров? Достигается это главным образом благодаря следующему приему. Оболочку шара наполняют водородом не полностью, а только примерно на одну десятую долю, т. е. впускают в нее десятую часть того количества газа, какое она могла бы вместить, раздувшись до отказа. От этого аэростат получает смятый вид и вытягивается

Как Пикар поднимался на высоту 16 километров.
Чтобы не погибнуть в разреженном, страшно холодном воздухе больших высот,
Пикар и его спутники заперлись в круглой непроницаемой кабине



вверх наподобие моркови. Но по мере того как аэростат взлетает, он попадает в более разреженный воздух, который сдавливает его слабее; водород внутри оболочки начинает ее распирать. Форма оболочки становится похожей на грушу, все более приближаясь к форме шара и увеличивая свой объем. Благодаря увеличению объема стратостат вытесняет больше воздуха, а потому может подниматься очень высоко, даже не выбрасывая балласта. Однако наступает момент, когда он раздувается до отказа и больше увеличить свой объем не может: все складки разгладились. Заставить шар, уравновесившийся в таком состоянии, подняться выше можно только сбрасыванием балласта, после чего аэростат достигает своего «потолка».

Так разрешается первая задача — достижение стратостатом возможно большей высоты. Расскажем теперь, как предоставляется команде возможность существовать в страшном холоде высоких слоев атмосферы и не задохнуться в этом разреженном воздухе. Гондола устраивается не открытая, а закрытая со всех сторон, — настолько плотно, что воздух изнутри выйти не может. В такой «кабине» команда дышит воздухом обычной плотности, как моряки в подводной лодке; при этом воздух, испорченный дыханием, удаляется и освежается особыми аппаратами (того же устройства, как и употребляемые в подводном плавании). Управлять всем наружным оборудованием стратостата можно из кабины, не открывая в ней ни единой щелочки, чтобы не выпустить воздуха; для этого придуман ряд остроумных приспособлений.

Можно устроить так, чтобы внутри кабины не было холодно, несмотря на сильный

«Потолки» полетов аппаратов легче воздуха.

мороз снаружи, за ее тонкими стенками. Вспомним, что стратостат поднимается выше облаков, где всегда сияет солнце. Озаряя кабину своими лучами, солнце может согревать ее металлические стенки и поддерживать внутри нее достаточно высокую температуру. Этому способствует надлежаще подобранная наружная окраска.

Чтобы дать представление об устройстве стратостатов, остановимся подробнее на нашем стратостате «СССР», поднявшемся на 19 километров и благополучно спустившемся с этой высоты. Размеры его огромны. Во вполне раздутом состоянии оболочка стратостата, построенного Пикаром, имела объем в 14 000 куб. метров и поперечник в 30 метров. Советский стратостат «СССР» превосходил иностранный весьма значительно: объем его оболочки в раздутом состоянии равен 25 000 куб. метров, а поперечник 36 метрам. Оболочка стратостата до того времени никогда у нас не изготовлялась, и тем не менее московский завод «Каучук» справился с этой нелегкой задачей превосходно. Необходимые для стратостата 5 000 квадр. метров прорезиненной ткани — прочной, непроницаемой для водорода, не портящейся ни от перегрева, ни от сильнейшего мороза, стойкой под разрушительным действием солнечных лучей — были изготовлены на заводе и блестяще выдержали испытание.

Отлично сработана была и круглая кабина для стратостата «СССР» — московским заводом №39. Здесь надо было одолеть ряд трудных задач. Кабина прежде всего должна быть легкой, чтобы не отягчать стратостата и дать ему подняться возможно выше. Но в то же время она должна быть и очень прочной, чтобы выдержать не только груз трех человек и всех приборов, но также внутреннее давление воздуха на больших высотах, где наружное давление атмосферы ничтожно. Материалом для кабины служили кольчугалюминиевые[1] листы, из которых искусные жестяники завода №39 сколотили правильный шар. Каркас кабины весь состоял из прочных и легких труб, также кольчугалюминиевых; вес людей, приборов, балласта принимался этим каркасом; стенкам приходилось выдерживать нагрузку только от давления воздуха изнутри. В общем кабина имела «12-кратный запас прочности», т. е. способна была выдержать нагрузку в 12 раз бóльшую, нежели та, которой она действительно подвергалась.

Кроме прочности и легкости, кабина должна была удовлетворять еще одному необходимому требованию: совершенно не пропускать воздуха. Самая легкая скважинка в ее оболочке погубила бы команду. И вот, несмотря на большие лазы в кабину, на множество электрических проводов и подводов к приборам, несмотря на несколько тысяч заклепок, скреплявших листы оболочки, ни одной щелочки в кабине не было. Мало того: все это сооружение не расстраивалось от резких перемен температуры; вспомним, что при высоком

[1] *Кольчугалюминий* — алюминиевый сплав, дюралюминий с добавкой 0,5% никеля и иным содержанием меди и марганца (*примеч. ред.*).

подъеме кабина со стороны, обращенной к солнцу, должна была сильно разогреваться его лучами, противоположная же сторона, повернутая к страшно холодному пространству, подвергалась морозу в 60–70 градусов.

Наконец, надо было обеспечить кабину от порчи при спуске. Для этого под ней имелась гибкая корзина из ивовых прутьев, смягчавшая удар о землю при посадке. (Эта посадочная корзина изготовлена была с величайшей тщательностью вяземским колхозом им. тов. Кагановича.)

Благодаря такой обдуманной подготовке, в которой предусмотрена была заранее каждая мелочь, подъем и спуск стратостата прошли необыкновенно гладко и четко, словно по команде, несмотря на то, что шар поднялся на никем еще не достигавшуюся высоту в 19 километров. Этот исторический полет осуществлен был из Москвы 30 сентября 1933 г. Команда состояла из трех человек: Г. А. Прокофьева, Э. К. Бирнбаума и К. Д. Годунова. Начался подъем в 8 час. 40 мин. утра.

Шар взлетал быстро. Уже через 5 минут после начала полета стратостат находился на высоте 2 километров над землей, а спустя еще четверть часа на высоте 6 километров. Послушаем, что рассказывает командир стратостата Прокофьев об этом полете[1].

«Быстро и плавно отделяемся от земли. Шлем свои приветствия провожающим нас товарищам.

8 ч. 45 м. Мы в полете. Бирнбаум начал настраивать радио. Я и Годунов сосредоточили свое внимание на подъеме. Высота 2000 метров.

Короткая команда: — Задраить лазы!

— Лаз задраен, — отвечает Годунов.

В кабине абсолютная тишина. Только шелест оболочки да бросаемые взгляды на приборы дают знать, что мы в полете и плавно идем вверх.

Скорость подъема не превышает 5–6 метров в секунду. Летим в глубоком молчании. Только изредка перекидываясь взглядами или кивком головы, мы даем понять друг другу, что все идет хорошо.

8 час. 59 мин. Высота 6000 метров. Видимость прекрасная.

9 час. 5 мин. Высота 9600 метров. Заглядываем на верхний люк — оболочка стратостата расправляется нормально.

9 час. 17 мин. Мы поздравляем друг друга:

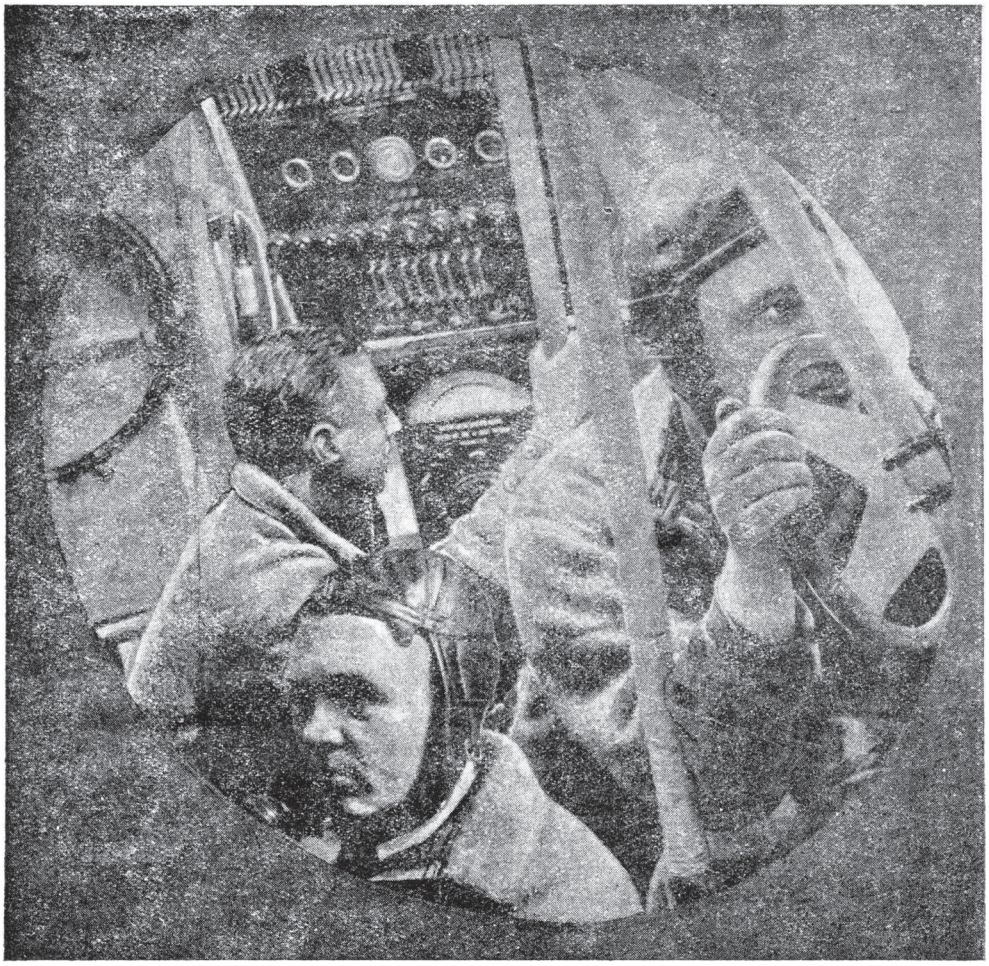
— Рекорд высоты проф. Пикара побит!

Давление (наружного) воздуха 72 миллиметра (ртутного столба; на земле — 760). Это давление соответствует приблизительно высоте 16 800 метров. Мы уверены, что поднимемся еще выше.

9 час. 19 мин. 20 сек. Высота 17 000 метров. Стратостат идет вверх. В кабине светло. Свои наблюдения вели, пользуясь солнечным светом. Солнечные лучи доставили нам много беспокойства. Они — ярки. В следующий раз будем предусмотрительнее и возьмем с собою очки.

---

[1] Рассказ приведен далее в извлечении.



Аэростат «СССР» в полете. Кабина стратостата

Высота 17 500 метров. Через верхний люк мы отчетливо увидели, как наш стратостат начинает принимать форму правильного шара. Каждая его принадлежность была на своем месте.

9 час. 47 мин. Мы уравновесились. Попробуем пойти вверх. Мы решаем отдать часть балласта.

Полуоборот штурвала (поворотного колеса). Слышно, как отцепился мешок. Полный оборот штурвала. Слышно, как падают остальные мешки.

Москва подернута дымкой. Всматриваюсь невооруженными глазами. Нахожу Балчуг[1], канал. В люки отчетливо видна тень. Присматриваюсь — железная дорога.

[1] *Балчуг* — историческая местность в центре Москвы (*примеч. ред.*).

10 час. 22 мин. Высота 17 400 метров. Небо темно-фиолетовое. Видимость по-прежнему исключительно хорошая, — на такую высоту не доходят ни пыль, ни водяные пары.

10 час. 30 мин. 34 сек. Высота 18 100 метров. В кабине тишина; только слышим жужжание машинки, поглощающей углекислоту, и легкий свист выходящего кислорода...

Мы почувствовали голод. Плитка шоколада, немного винограда и несколько глотков воды, и мы снова за работой.

11 час. 10 мин. Температура в кабине плюс 25 градусов, вне — минус 65°. Медленно продолжаем подъем.

11 час. 58 мин. 11 сек. Высота 18 400 метров. Температура внутри плюс 31 градус, снаружи минус 66.

12 час. 55 мин. Стрелка альтиметра (высотомера) подошла к 19 200–19 300 метров.

13 час. 57 мин. Мы пошли вниз. Видимость по-прежнему прекрасная.

15 час. Высота 16 000 метров. Спуск проходит нормально.

15 час. 45 мин. Мы на высоте 13 000 метров.

16 час. 18 мин. Высота 10 500 метров.

16 час. 36 мин. Высота 8000 метров.

Мы готовимся к встрече с Землей. Стрелка альтиметра показывает 6000 метров. Легко и быстро поворачиваются штурвалы лазов. Приятный момент: лазы открылись, и мы в состоянии вдохнуть свежий воздух. Быстро надеваем парашюты.

Стратостат снова отчетливо начал принимать грушевидную форму.

Проходим над окраинами Коломны. Идем на Голутвино через Коломенский завод.

Мы быстро пересекаем территорию завода. Проходим над Москвой-рекой.

Плавно коснулись Земли. Оболочка ложится на просторный заливной луг на берегу Москвы-реки.

Вылезаем из кабины... Через несколько минут со всех сторон к нам бегут рабочие Коломны и колхозники окружающих деревень. Нас поздравляют с победой»...

—

Так блестяще прошел рекордный подъем стратостата «СССР». Подъем второго советского стратостата «С-ОАХ-I», сооруженного работниками Осоавиахима при широком участии общественности, привел к завоеванию еще более значительной высоты: к постановке нового мирового рекорда в 22 километра! Но этот небывалый успех был куплен дорогою ценою гибели самоотверженных героев-исследователей стратосферы: командира стратостата П. Ф. Федосеенко, инженера А. Б. Васенко и молодого ученого И. Д. Усыскина. Они разбились насмерть при спуске стратостата, когда гондола, оторвавшись от шара, с силой ударилась о Землю. Записи их сохранились, и благодаря им известно кое-что из того, что наблюдали погибшие воздухоплаватели на тех высотах, которых не достигал до них ни один человек

в мире. Отметим здесь лишь одну подробность. Чем выше поднимался шар в разрежающиеся слои стратосферы, тем *темнее* становился цвет неба: из темно-синего оно делается темно-фиолетовым, затем черно-фиолетовым, наконец, на 22-м километре — черно-серым. О причинах этого явления, — для многих, вероятно, неожиданного, — мы еще будем говорить в другом месте.

С какою же целью предпринимаются столь опасные подъемы? Значение стратосферных полетов огромно — как для практической жизни, так и для науки. Прежде всего они способствуют исследованию той области атмосферы, где в недалеком будущем станут мчаться высотные самолеты, развивая благодаря слабому сопротивлению разреженного воздуха огромную скорость в несколько тысяч километров в час. Эти заоблачные высоты — самая удобная дорога для самолетов, так как там нет ни бурь, ни туманов, ни дождей. Таково *практическое* значение исследования стратосферы, особенно важное в оборонном отношении. Но кроме того, высотные полеты оказывают неоценимые услуги науке, приближая разрешение ряда загадок, связанных с атмосферой и с солнечными и звездными лучами. Недаром рекордные подъемы советских стратостатов привлекли к себе живой интерес не только у нас, но и во всех странах мира. Зарубежная печать признала, что этими полетами СССР «вписал славную страницу в историю борьбы человека за раскрытие тайн природы».

Остановимся вкратце на тех загадках, которые таит в себе стратосфера. Неизвестен, прежде всего, состав воздуха тех высот: мы не знаем, из каких газов он состоит, и располагаем на этот счет одними лишь теоретическими предположениями, не проверенными на практике. Вторую загадку стратосферы представляет причина повышения температуры на больших высотах (как уже было сказано, до 60°–70° *выше* нуля[1]). Чем вызвано это повышение? Солнечный свет не является здесь непосредственной причиной, потому что повышение температуры установлено также в стратосфере полярных стран во время сплошной многосуточной ночи. Далее: на высоте 50–100 километров над нашими головами простирается тот еще неизученный слой стратосферы, который отбрасывает назад к земле радиоволны, делая возможной радиосвязь между отдаленнейшими пунктами нашей планеты, несмотря на искривление ее поверхности. Четвертой загадкой является подозреваемый на высоте 50 километров слой газа «озона»[2]: он обладает драгоценным свойством задерживать наиболее деятельную и убийственную для живых существ часть невидимого излучения солнца, — именно, часть так называемых «ультрафиолетовых» лучей. Та доля этих лучей, которая задерживается слоем озона, могла бы уничтожить все живое на земной поверхности, если бы беспрепятственно

[1] Ныне установлено, что увеличение температуры в так называемом инверсионном слое колеблется от десятых долей градуса до 15–20°С (*примеч. ред.*).

[2] Около 90% атмосферного озона находится на высоте от 20 до 40 км над поверхностью Земли (*примеч. ред.*).

проникала через атмосферу. Пятая загадка — малоисследованные «космические лучи», исходящие не от Солнца, а льющиеся на Землю со всех точек звездной Вселенной. Бóльшая часть их задерживается атмосферой, и до земной поверхности достигает лишь незначительная, малодеятельная доля этих лучей. Но в высотах стратосферы они почти еще не ослаблены поглощением; там возможно изучить их неизвестные свойства, которые, как полагают ученые, должны сделать понятными многие явления мертвой и живой природы. Наконец, на высоте нескольких сот километров разыгрываются полярные сияния — замечательное явление природы, о котором ученые знают пока лишь очень мало и то по догадкам.

Чтобы все это исследовать, недостаточен подъем даже на высоту 22 километров. Для изучения того, что происходит на больших высотах, ученые посылают туда маленькие воздушные шары, примерно в метр поперечником; шары эти (их называют шарами-зондами), конечно, не могут поднять человека, но достаточны для подъема различных инструментов, которые отмечают свои показания чертой на ленте. Имеются, например, градусники, сами таким образом записывающие то, что они показывают. Достигнув очень большой высоты, шар попадает в такой редкий воздух, где он лопается под давлением газа, распирающего его изнутри, и тогда инструменты на особом парашюте (зонте) или на запасном шарике падают на землю. Их подбирают и прочитывают на ленте то, что показывали они на высотах атмосферы, где побывал шар. В районе Москвы примерно 80–90 процентов всех пущенных шаров-зондов попадают обратно в руки ученых; в районе Ленинграда, менее густо населенном, подобная удача бывает только в 40 случаях из ста. При помощи таких шаров-зондов удалось изучить воздушный океан до высоты 35 километров. Итак, 35 километров — высочайший подъем, какого удалось добиться средствами воздухоплавания за 150 лет его существования. О том, что происходит в воздухе выше 35 километров, нам ничего достоверного неизвестно.

Как же проникнуть в те высоты, где редкий воздух неспособен поддерживать даже небольшие шары-зонды? Надо, очевидно, придумать летательную машину, которая могла бы подниматься очень высоко над Землей, не опираясь вовсе о воздух.

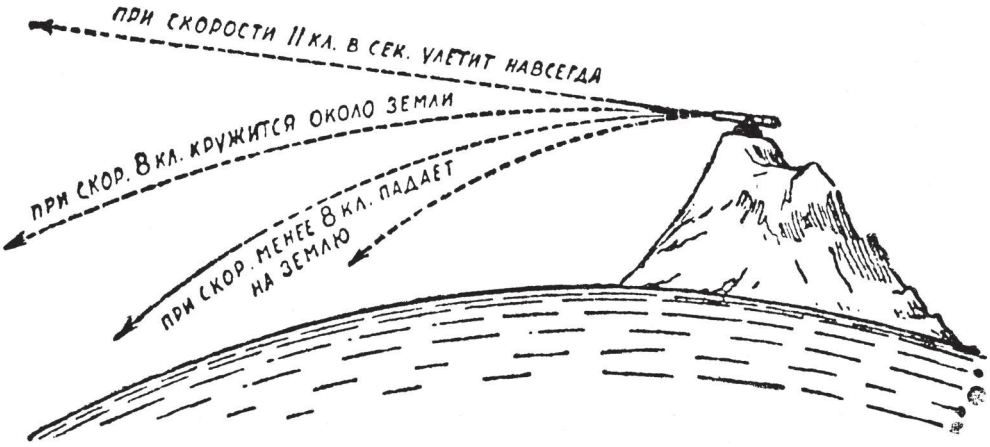
Нужна такая летательная машина не только для того, чтобы исследовать весь воздушный океан, но и для того, чтобы вылететь совсем из атмосферы в то безвоздушное пространство, которое окружает Землю и отделяет ее от других небесных тел. Человек не хочет оставить неисследованным ни одного уголка в мире; а ведь мир — это не только земной шар с его воздушной оболочкой: это также и Луна, и планеты, кружащиеся около Солнца вместе с Землей. Словом, чтобы изучить по возможности весь обширный мир, человек должен иметь в своем распоряжении такой управляемый летательный аппарат, который мог бы двигаться в безвоздушном пространстве. Тогда он смог бы вылететь из атмосферы, изучить безвоздушное мировое пространство, со временем долететь до Луны, а впоследствии, быть может, посетить и планеты.

3. Можно ли покинуть Землю?

Сейчас мы говорили о необходимости изобрести летательную машину, которая способна была бы покинуть Землю и нестись в безвоздушном пространстве. Такая мысль может показаться несбыточной. Как двигаться в пустоте, т. е. не опираясь ни обо что? Как оторваться от земли, которая притягивает к себе все вещи?

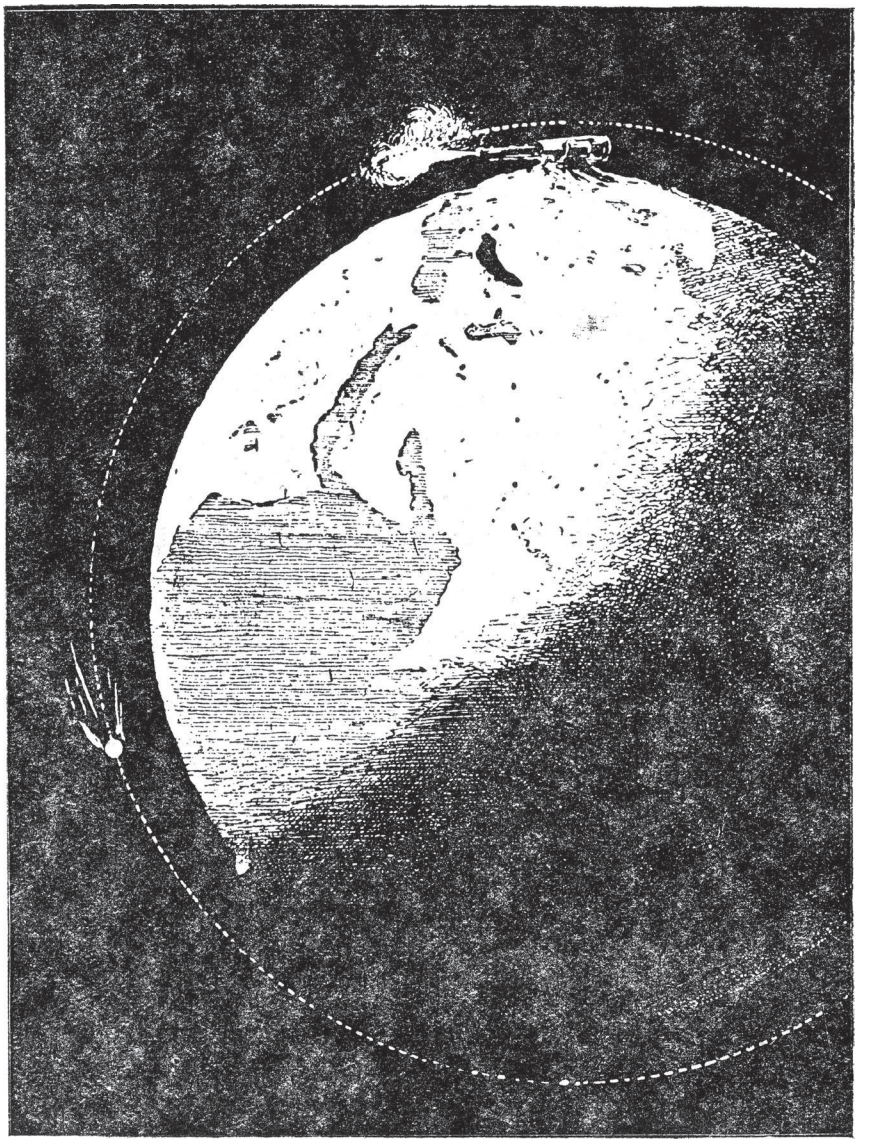
Остановимся на втором вопросе. Верно ли, что невозможно бороться с земным притяжением, что нельзя победить тяжесть? Вспомним, что мы успешно боремся с тяжестью на каждом шагу. Поднимая груз, бросая вверх вещи, мы тяжесть преодолеваем. Но всякая брошенная вещь в конце концов падает обратно на Землю, скажет читатель; она не покидает нашей планеты навеки; мы же хотим отослать машину с Земли навсегда. Сейчас убедимся, что это не так несбыточно, как кажется с первого взгляда.

Все брошенные вверх вещи возвращаются на Землю только оттого, что брошены они недостаточно сильно; иными словами, — оттого, что им дается слишком малая скорость. Рука бросает мяч со скоростью 15–20 метров в секунду. Наган дает пуле скорость в 200–300 метров в секунду; современная винтовка — без малого 1000 метров в секунду. Орудия сверхдальной артиллерии бросают свои снаряды со скоростью около 1500 метров в секунду. Вот мы и дошли до крайнего передела быстроты бросания; быстрее мы сейчас бросать вещи не умеем. Чтобы заставить вещь покинуть Землю навсегда, преодолеть силу ее притяжения, такая скорость еще недостаточна, и оттого мы не знаем случая, когда бы брошенная вещь не упала назад. Но если бы мы умели бросать вещи сильнее, мы, несомненно, это увидели бы.



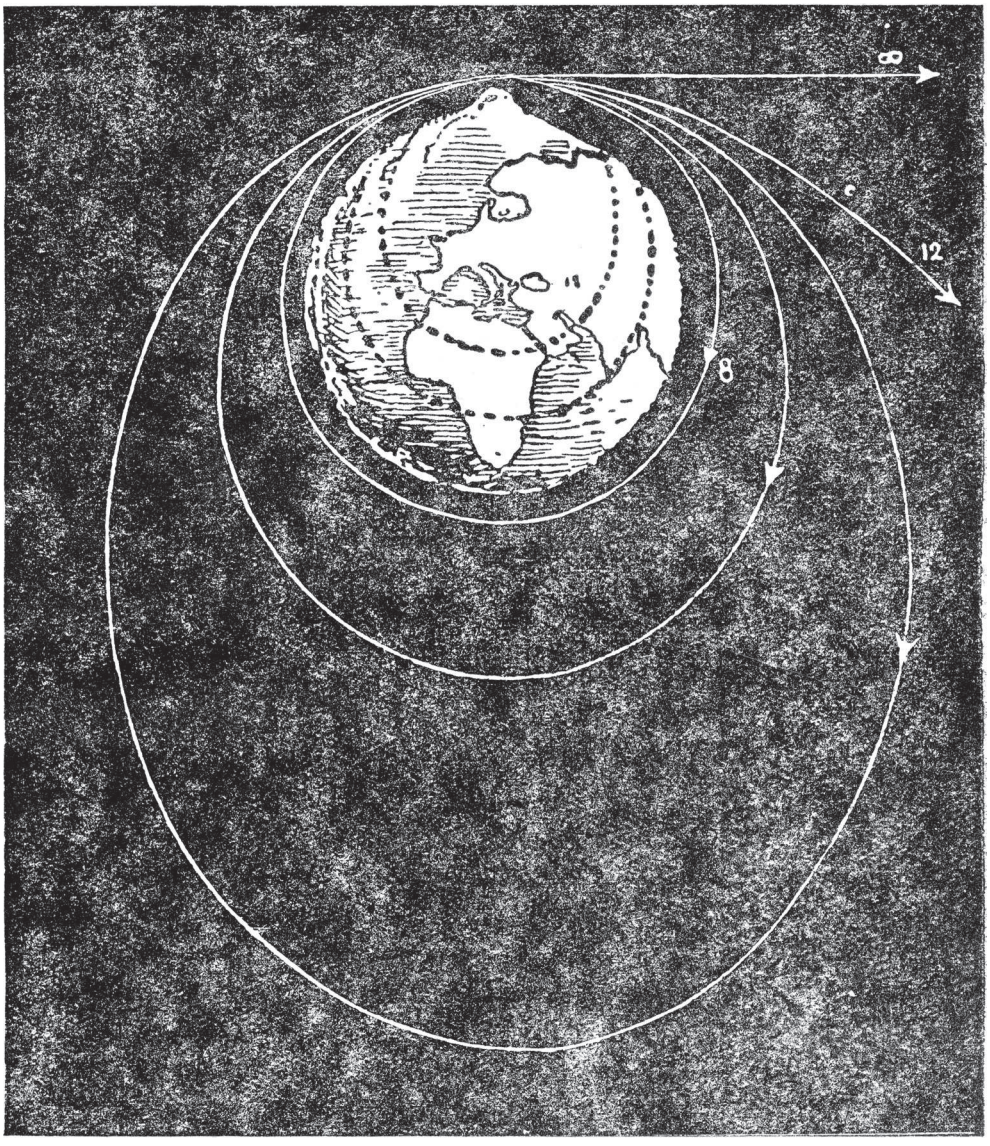
Как летят снаряды, пущенные орудием с высокой горы при различных начальных скоростях. При скорости 8 километров в секунду снаряд никогда не достигает земной поверхности и облетает земной шар кругом

В самом деле. Вообразите где-нибудь на высокой горе пушку и представьте для простоты, что воздух нисколько не задерживает полета ее снарядов. Пока пушка выбрасывает снаряды не с очень большой скоростью, путь их полета искривляется круче, чем изгибается земная поверхность (не забудем, что Земля — шар); рано или поздно поэтому путь снаряда упирается в поверхность земного шара. Чем скорость снаряда больше, тем изгиб пути слабее и тем дальше закинется снаряд. Так будет при секундной скорости в 1 километр,



Судьба снаряда, пущенного со скоростью 8 километров в секунду

в 2, в 3 и более. Но не без конца. Должна существовать такая скорость вылета снаряда, при которой кривизна его пути сравняется с кривизной земной поверхности. При этой кривизне путь снаряда нигде уже не встретится с Землей. Куда же снаряд упадет? Никуда. Он вовсе не упадет! Он облетит земной шар кругом, и если пушку вовремя убрать, снаряд, возвратившись к месту отправления, минует его, сделает второй круг, потом третий и т. д. Короче сказать, такой снаряд превратится как бы в маленькую луну, кружащуюся около Земли.



Судьба снарядов, пущенных со скоростью более 8 километров в секунду

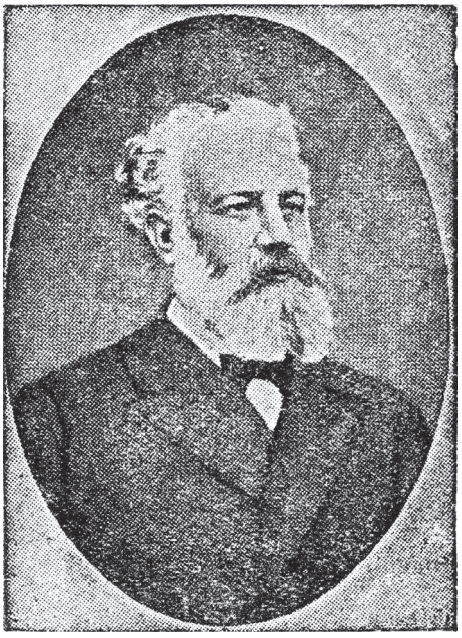
Только эта артиллерийская луна будет обегать Землю не в 27 суток, как настоящая, а в гораздо меньший срок — 1¼ часа (это можно рассчитать на основании законов механики).

При какой же скорости это случится? Механика дает возможность рассчитать нужную скорость совершенно точно: при скорости 8 километров в секунду. Но не остановимся на такой скорости; представим себе, что она еще увеличилась, сделалась равной 9, 10, 11 километрам в секунду. Что тогда произойдет со снарядом? Он полетит не по кругу, а по вытянутой кривой, которая будет далеко уходить от Земли в окружающее пространство и может достигнуть хотя бы и до Луны.

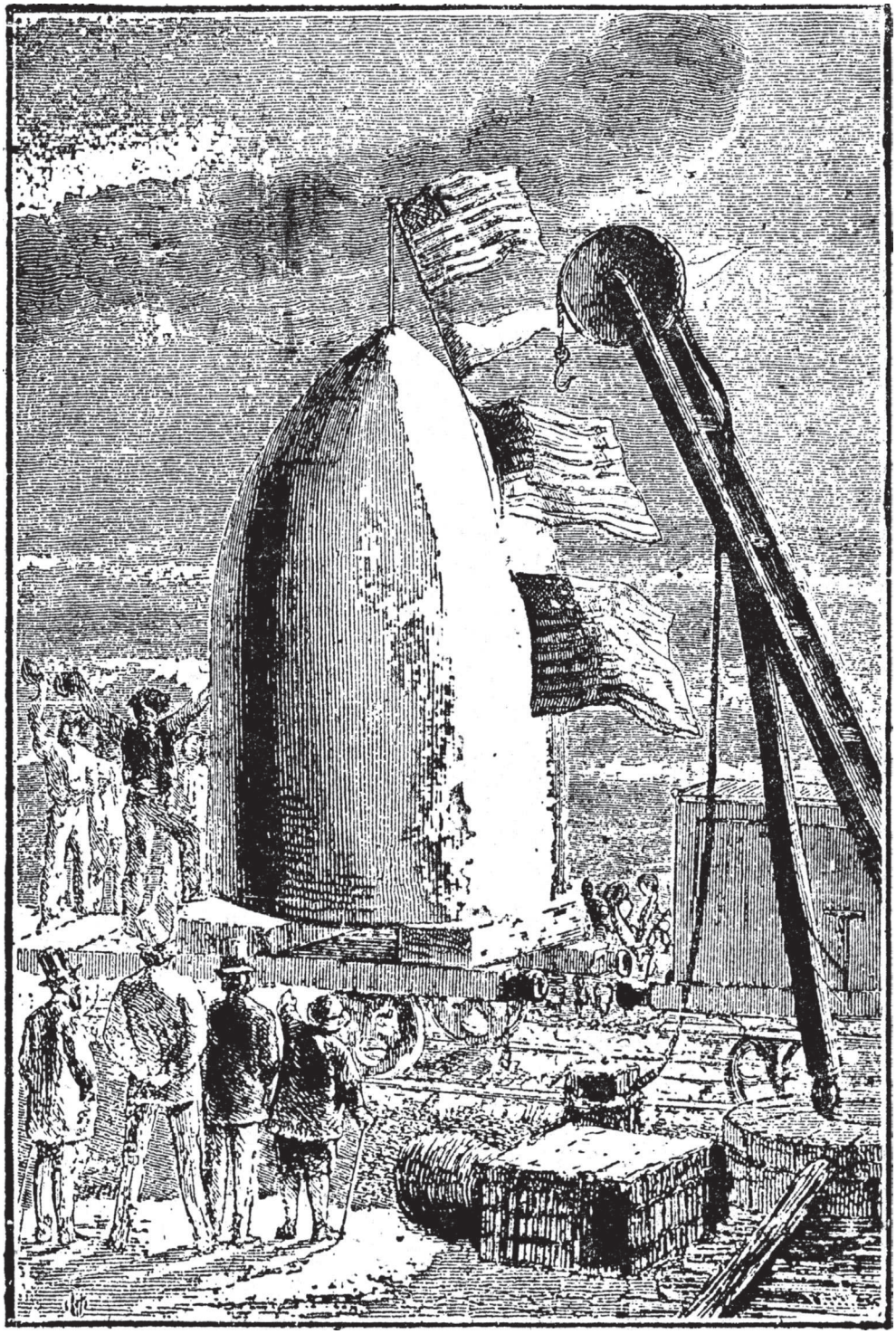
Значит, чтобы улететь с Земли, нужно дать снаряду скорость более 8 километров в секунду. А чтобы достичь Луны, необходима скорость около 11 километров в секунду, — раз в 7 бóльшая, чем скорость, которую имеют снаряды нынешней сверхдальной артиллерии.

4. Из пушки на Луну

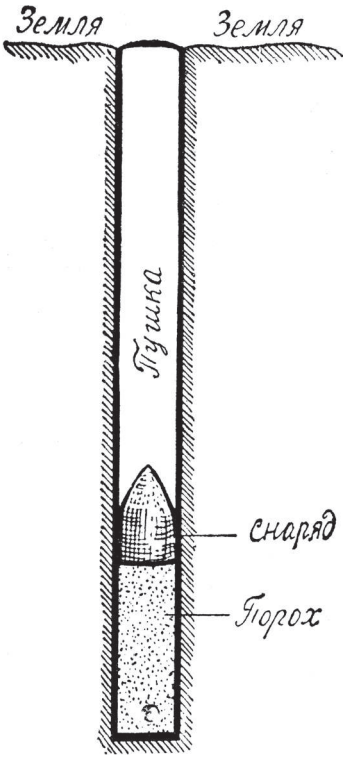
Естественно возникает мысль: нельзя ли улететь с Земли, забравшись внутрь большого пушечного снаряда, — если, конечно, удастся устроить пушку, которая будет выбрасывать ядра со скоростью 11 километров в секунду? Такая мысль как раз и пришла в голову французскому писателю Жюлю Верну, который положил ее в основу очень поучительного романа. В этом произведении, которое называется «Из пушки на Луну», рассказывается о трех смельчаках, решившихся отправиться на Луну внутри пушечного снаряда. Отлили огромную пушку длиною в 300 метров, изготовили для нее подходящей величины снаряд с комнаткой внутри. В комнатке было запасено все, что нужно для трех человек на долгое путешествие. Пушку зарядили сильнейшим порохом, и когда путешественники заперлись внутри снаряда, был произведен выстрел. Снаряд с тремя пассажирами вылетел из атмосферы, проник в мировое пространство и направился к Луне. Он должен был бы упасть прямо на Луну,



Французский писатель Жюль Верн, автор романа «Из пушки на Луну»



Огромный снаряд, в котором будто бы совершен был полет на Луну



Пушка, придуманная воображением Жюля Верна для отправки снаряда на Луну

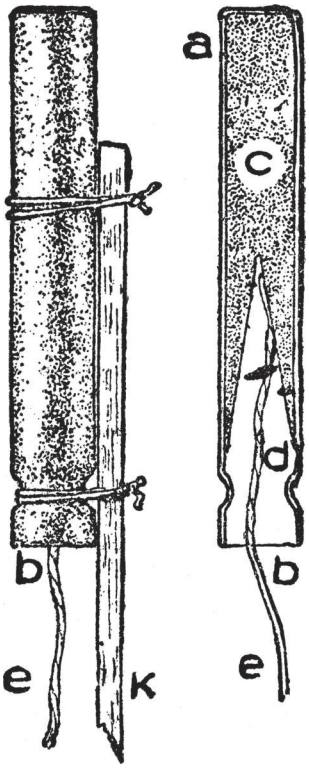
и тогда путешественники не могли бы возвратиться на Землю. Но в самом начале полета снаряд немного уклонился от намеченного направления. Поэтому он пронесся мимо Луны; подчиняясь ее притяжению, он облетел ее кругом и затем направился обратно к Земле. По счастью, падая на Землю, снаряд попал в океан и, так как был внутри пустой, то не утонул, а выплыл на поверхность. Трое смельчаков невредимыми были подобраны подоспевшим пароходом.

Так благополучно кончилось в романе это необычайное путешествие. Но если бы его вздумали выполнить на деле, то не пришлось бы даже и начать его. Затея эта совершенно несбыточна. Во-первых, можно доказать расчетом, что пушка, как бы огромна она ни была, если только она заряжена порохом, не в состоянии дать снаряду той скорости в 11 километров в секунду, какая необходима, чтобы закинуть его до Луны. Пороховая пушка дала бы ядру в лучшем случае четверть этой скорости. Во-вторых, пассажирам не уцелеть при выстреле. Сотрясение получилось бы безусловно гибельное: для людей, посаженных внутрь снаряда, выстрел оказался бы так же губителен, как если бы они стояли у жерла пушки и были обстреляны в упор. Снаряд срывается с места мгновенно, сразу получает свою чудовищную скорость, — и это создает для его пассажиров такой же удар, как падение ядра прямо на них. Мысль о перелете на Луну в артиллерийском снаряде — совершенно несбыточна.

5. Как летит ракета

Воздушный шар и самолет непригодны даже для вылета из атмосферы; пушечное ядро хотя и может залететь выше атмосферы, зато убивает своих пассажиров в первый же момент полета. Что же годится для полета в мировое пространство?

Годится *ракета*. Не та ракета, которую вам, вероятно, случалось видеть в садах, во время вечерних гуляний, а ракета особого устройства и притом огромных размеров. Чтобы понять, почему современная техника возлагает на ракету такие надежды, нам надо разобраться в том, как устроена и почему



Обыкновенная пороховая ракета.
Слева — наружный вид: b — открытый конец;
e — зажигательный шнур; к — хвост ракеты.
Справа — ракета в разрезе: a — оболочка; c — заряд;
b — открытый конец; d — вдавленность; e — шнур

летит хотя бы маленькая пороховая ракета из тех, которыми украшают народные празднества. Такая ракета представляет собою картонную трубку, с одного конца закрытую и набитую плотной пороховой массой. Против открытого конца ракетной трубки делается вдавленность, и к этому месту подводят зажигательный шнур. Чтобы пустить ракету вверх, ее устанавливают отвесно и поджигают шнур. Пламя бежит по шнуру, доходит до пороха, и он начинает гореть, образуя много газов. Газам этим, конечно, тесно внутри ракетной трубки, и они напирают на ее стенки во все стороны. Боковые давления уравновешиваются, потому что все они одной силы. Но напор газов на стенку *вверх* не уравновешивается напором вниз: ведь внизу нет стенки, на которую газы могли бы напирать, и они свободно вытекают здесь из отверстия трубки. Что же должно произойти? Напор вверх, не уравновешиваемый напором вниз, увлекает ракету, и она взлетает. Чтобы при подъеме она не кувыркалась, к ней заранее прикрепляют деревянную палку — «хвост» ракеты.

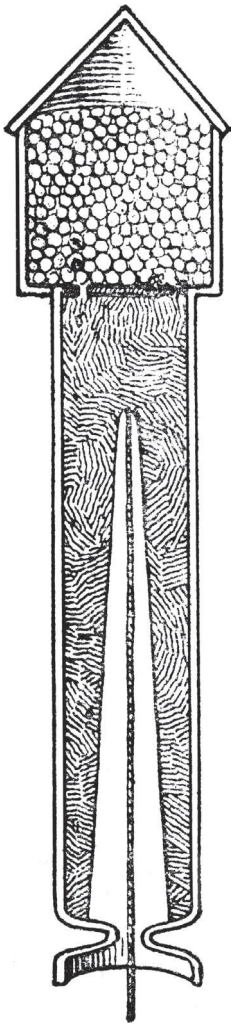
Очень важно заметить себе, что ракета летит вверх силою напора *изнутри*, а вовсе не потому, что она отталкивается от окружающего ее воздуха, как думают весьма многие. Кто думает, что ракета при полете отталкивается от воздуха струей вытекающих из нее газов, тот грубо ошибается. Так, правда, полагали в старину, и взгляд этот успел широко распространиться, — но он совершенно неправилен. Ракета нисколько не опирается о воздух при своем полете; она может лететь и в безвоздушном пространстве. Опыты показали даже, что в пустоте ракета летит еще лучше, чем в воздухе. Это и понятно: раз воздух не помогает ракете лететь, то он только мешает ее свободному движению, задерживая ее.

Что же существенного узнали мы сейчас о полете ракеты? Во-первых, то, что ракета может лететь в безвоздушном пространстве[1]. Во-вторых, то, что

[1] Порох может гореть в пустоте, так как кислород, нужный для горения, заключается в самом порохе. Пороховые ракеты хорошо горят не только в пустом пространстве, но и под водой.

ракета не срывается с места сразу с большой скоростью, а разгоняется постепенно, по мере горения, и свою наибольшую скорость получает лишь к концу горения. То и другое придает ракете качества, как раз желательные для такого аппарата, который предназначается к летанию с людьми в пустоте мирового пространства. Надо только увеличить ракету в достаточной мере, сделать ее более мощной — и из нее получится корабль для вылета из границ атмосферы.

6. Какую пользу приносят ракеты



Пороховая ракета, употребляемая для фейерверков. Когда порох догорает до головки, она разлетается в воздухе светящимися цветными звездками (головка набита шариками состава бенгальского огня)

Читателю может, пожалуй, показаться странным возлагать подобные надежды на ракету. Ведь ракета — игрушка, которая лишь радует взгляд своим пышным вылетом на черном фоне ночного неба. Неужели она способна приносить и какую-нибудь пользу?

Не надо думать, что ракета — только красивая, но бесполезная игрушка. Пороховые ракеты давно уже приносят пользу даже в нынешнем их виде.

Ракета — изобретение очень давнее. Европейцы переняли ее в XIV веке от индусов, которые в свою очередь научились изготовлять ее от китайцев. Индусы применяли зажигательные ракеты как военное оружие. От них этот вид оружия перешел и в европейские армии, где с начала XIX века до 70-х годов того же столетия большие ракеты широко применялись для военных целей. Особенно крупные ракеты употреблялись в английской армии: они весили до 14 и более килограммов и перекидывали зажигательный снаряд на несколько километров. С середины XIX столетия ракетная артиллерия постепенно теряет свое значение, так как не отличается достаточной дальнобойностью и меткостью попадания; но в наши дни, после империалистической войны[1], ракетная артиллерия вновь начинает возрождаться. В иностранных армиях применяются новоизобретенные ракеты — бомбы крупных калибров и большой дальнобойности, которые

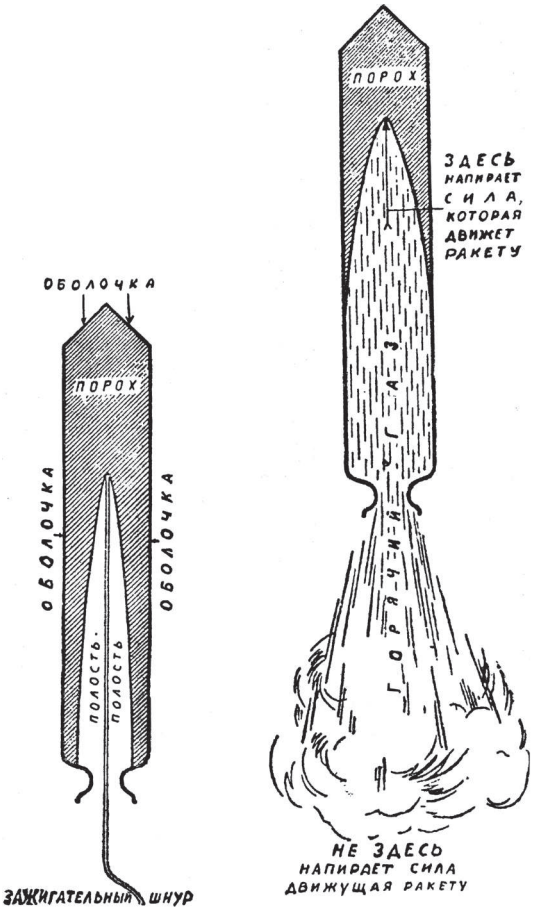
[1] Т. е. после Первой мировой войны 1914–1918 гг. (*примеч. ред.*).

можно метать, не имея надобности в тяжеловесных пушках с толстыми стенками, с сложно устроенными лафетами (мы еще вернемся к этому позднее). Кроме ракетных снарядов, в военном деле широко применяются *сигнальные* ракеты, а так же ракеты *осветительные*, освещающие расположение противника.

Выполняют ракеты и разнообразную мирную службу. Давно уже находятся в употреблении морские *спасательные* ракеты — для оказания помощи экипажу тонущего корабля, к которому из-за сильного волнения невозможно пристать. С берега пускают тогда ракету, которая перекидывает на корабль конец троса; этот трос и помогает затем установить сообщение с судном при помощи подвесной дороги. Ракета в 35 сантиметров длиною, с зарядом в 3 кило пороха, перебрасывает 400 метров троса.

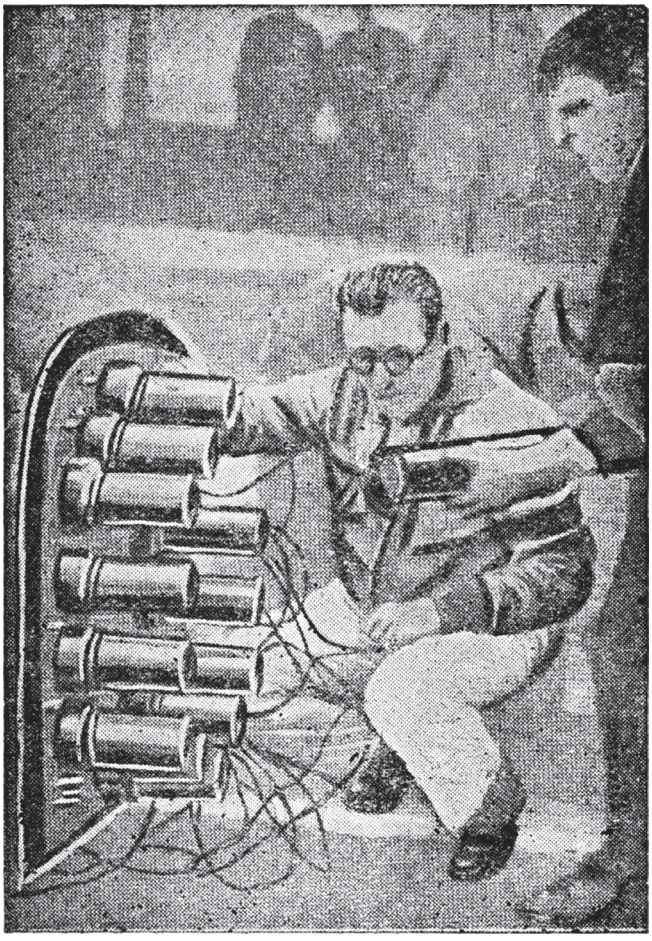
Пробовали применять ракеты, между прочим, и для предотвращения градобитий. Такие ракеты, называемые противоградовыми, еще и сейчас в употреблении во многих местах в Швейцарии и в некоторых районах у нас на Кавказе для охраны виноградников от градобития. При появлении градовых туч пускают на высоту около 1 километра несколько ракет, которые способствуют тому, что град заменяется безвредным дождем. Надо заметить, впрочем, что действие противоградовых ракет еще недостаточно изучено и нуждается в проверке.

В самые последние годы на Западе, в Австрии, стали пользоваться пороховыми ракетами для почтовых сношений. Пока это осуществлено, насколько известно, только в одном месте, — там, где гористая местность (отсутствие посадочных площадок) делает невозможным пользоваться аэропланом, а доставка почты на автомобиле или на лошадях крайне замедляется бездорожьем. Почтовую кладь,



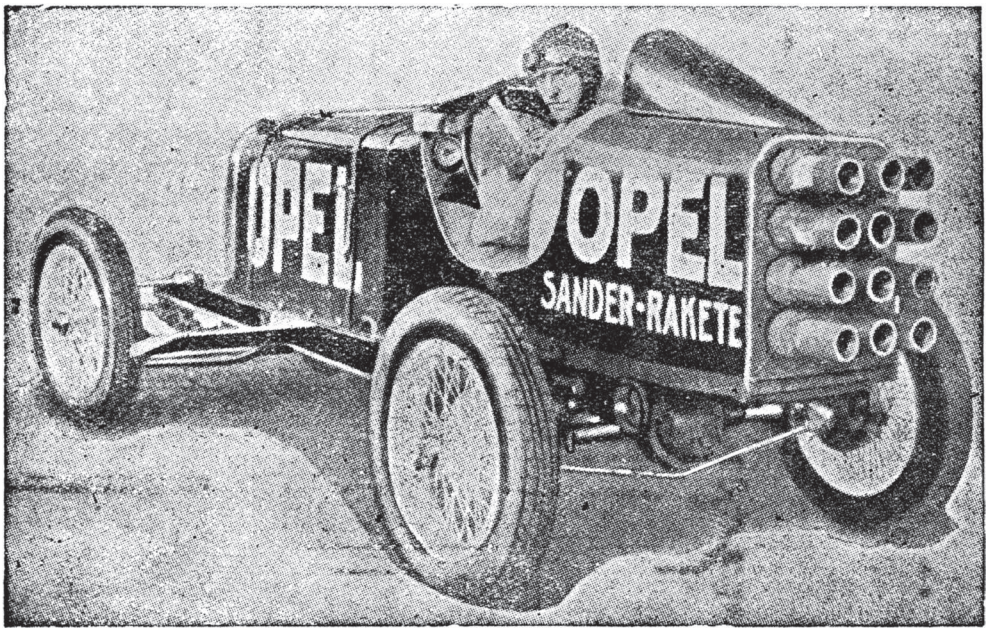
Почему ракеты взлетают.
Налево — пороховая ракета до зажигания;
направо — зажженная ракета

состоящую примерно из сотни почтовых отправлений, заделывают внутрь ракеты, принимая, конечно, меры, чтобы корреспонденция не пострадала при горении заряда. Такую почтовую ракету пускают в сторону ближайшего почтового отделения, в нескольких километрах от пункта отправления. Дело налажено так хорошо, что переброска почты ракетой совершается с полной аккуратностью и надежностью. Принимаются даже заказные и служебные отправления, — настолько обеспечена доставка. Почтовая ракета довольно велика: она имеет 25 сантиметров в толщину и почти в рост человека в высоту. Одного заряда в ней свыше 20 килограммов, вся же ракета весит около 30 кило[1].



Батарея ракет автомобиля обслуживается электропроводкой для зажигания

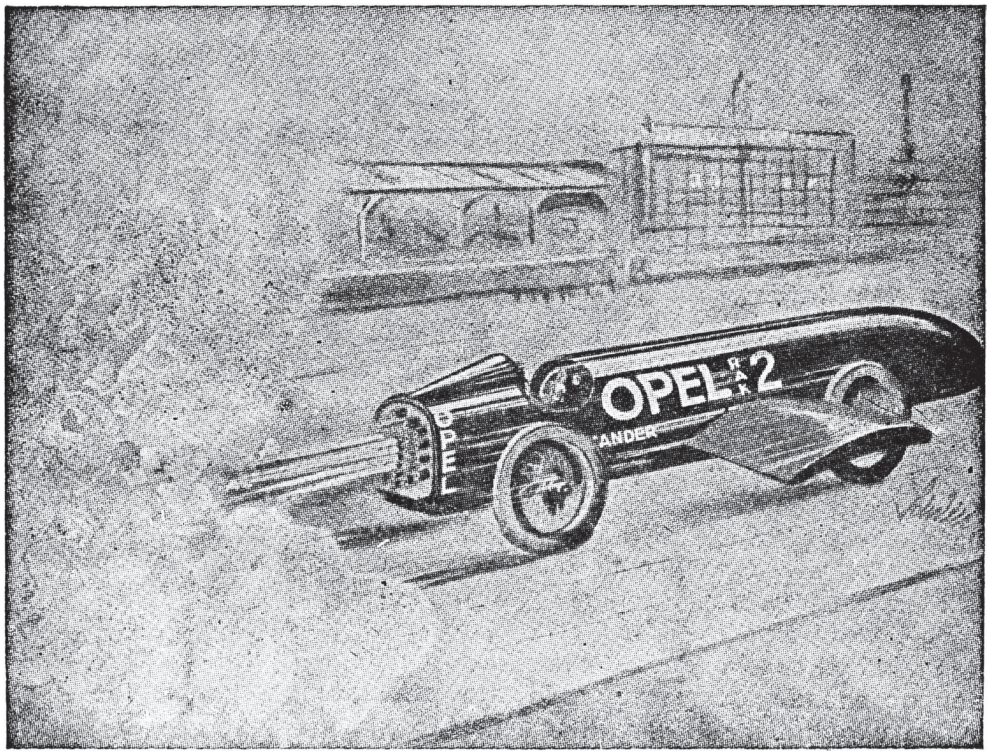
[1] До августа 1932 г. было отправлено 13 почтовых ракет. Более поздних сведений не имеется.



Ракетный автомобиль, готовый к старту

Нас больше всего интересует здесь возможное применение ракет в транспортном деле. Уже в XV веке люди думали о том, чтобы использовать ракету в качестве двигателя для повозок, для лодки, для торпед — как подводных, так и воздушных. Мечты эти получили некоторое осуществление лишь на наших глазах в опытах 1928–29 гг. с ракетными автомобилями. Немецкий автомобильный фабрикант Опель снимал с автомобиля двигатель и ставил в задней части кузова батарею из 1–2–3 дюжин крупных ракет. Когда ракеты зажигались одна за другой, они увлекали с собой автомобиль, который срывался с места и мчался с большою скоростью. Езда, правда, была не особенно покойная. Когда водитель при первом опыте замкнул ток электрического запала ракет, «воздух, — рассказывает очевидец, — задрожал от оглушительных выстрелов, напоминавших пушечную пальбу. Из жерл вырвались огромные клубы белого дыма, смешанного с огнем, и автомобиль стремительно рванулся вперед, развив в течение 8 секунд скорость около 100 километров в час».

Таков был первый опыт с двигателем из 12 ракет. При втором опыте число ракет было доведено до 24, и скорость автомобиля оказалась равной 220 километрам в час. Пришлось снабдить автомобиль особыми приспособлениями по бокам, чтобы помешать машине отделяться от земли и мчаться по воздуху. При третьем опыте — с двигателем из 36 ракет — скорость была доведена до 240 километров в час.



Старт ракетного автомобиля.
Этот автомобиль с 24 ракетами развил скорость до 220 километров в час

Еще бóльшую скорость ожидали от ракетного автомобиля, поставленного на рельсы, т. е. от так называемой «автодрезины», пущенной с двигателем из 24 ракет. Опыт производился дважды. В первый раз добились скорости 180 километров в час; во второй — произошла авария: автодрезина сорвалась с рельсов под откос и была уничтожена огнем. К счастью, в машине не было людей, в качестве пассажира для испытания была посажена кошка, которая и погибла при взрыве.

Рекорд быстроты побили ракетные сани: снабженные 18 ракетами, они разогнались до 400 километров в час[1].

Эти опыты показали, что ракета может не только сама двигаться, но и приводить в движение другие транспортные средства. Но может ли ракета служить также двигателем для летания? Об этом мы сейчас побеседуем особо.

[1] Современный мировой рекорд для наземного транспорта был установлен британским пилотом и автогонщиком Энди Грином 15 октября 1997 года на реактивном автомобиле Thrust SSC: 1227,986 км/ч (*примеч. ред.*).

7. Проект революционера Кибальчича

Впервые в мире мысль о ракетном самолете родилась в светлой голове молодого революционера — первомартовца Николая Кибальчича.

«Когда я явился к Кибальчичу, — говорил суду его защитник, — меня прежде всего поразило, что он был занят совершенно иным делом, ничуть не касающимся настоящего процесса. Он 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».

«Я написал проект воздухоплавательного аппарата, — подтвердил Кибальчич в своем последнем слове. — Я полагаю, что этот вопрос вполне осуществим. Я представил подробное изложение этого проекта с рисунками и вычислениями».

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

Кибальчичу было обещано, что проект будет рассмотрен технической комиссией, но обещание исполнено не было. На донесении начальника жандармского управления генерала Комарова, препроводившего проект Кибальчича в департамент полиции, имеется чья-то надпись:

«Давать это на рассмотрение ученых теперь (т. е. за несколько дней до казни — *Я. П.*) едва ли будет своевременно и может вызвать только неуместные толки».

Проект попросту подшили к делу, и он оставался в архиве департамента полиции в течение 36 лет, пока не был извлечен оттуда революционной волной 1917 г.

Великий революционер погиб, так и не услышав отзыва сведущих людей о своем изобретении. Впрочем, едва ли кто способен был в то время правильно оценить его замысел. Для этого нужно было владеть математической теорией ракетного полета, а такой теории в ту эпоху еще не существовало. Да и мало кто настолько ясно представлял себе самую причину полета ракеты, чтобы разобраться в идеях Кибальчича.

В чем же состоял его проект? Постараемся дать представление о нем выдержками из записки самого изобретателя.

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти я пишу этот проект, — такими словами начинается записка Кибальчича. — Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении.

Если моя идея после тщательного обсуждения учеными специалистами будет признана осуществимой, 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 мной, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью».

Оговорившись, что он не имел возможности разобрать проект во всех подробностях и подкрепить его расчетами, Кибальчич продолжает:

«В своих мыслях о воздухоплавательной машине я прежде всего остановился на вопросе, какая сила должна быть употреблена, чтобы привести в движение такую машину».

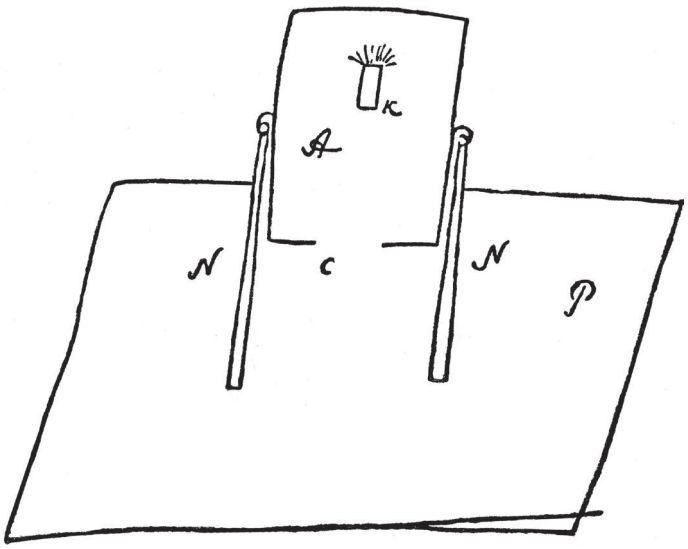
Сила пара для этой цели им отвергается: «Какие бы приспособления ни были приделаны к паровой машине, — вроде крыльев, подъемных винтов (пропеллеров) и пр., — паровая машина не в состоянии будет поднять самое себя на воздух». Далее им отвергается применимость для той же цели электродвигателя, а также и мускульной силы человека. Этим исчерпываются все те возможности, которые мог предвидеть техник той эпохи: двигателей внутреннего сгорания, сделавших возможной впоследствии авиацию, тогда еще не существовало.

«Какая же сила применима к воздухоплаванию? — снова ставит вопрос Кибальчич и отвечает: — Такой силой, по моему мнению, являются медленно горящие взрывчатые вещества. Применить энергию газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, к какой-либо продолжительной работе возможно только под тем условием, если та громадная энергия, которая образуется при горении взрывчатых веществ, будет образовываться не сразу, а в течение более или менее продолжительного промежутка времени. Если мы возьмем фунт зернистого пороха, вспыхивающего при зажигании мгновенно, спрессуем его под большим давлением в форму цилиндра, то увидим, что горение не сразу охватит цилиндр, а будет распространяться довольно медленно от одного конца к другому и с определенной скоростью. На этом свойстве прессованного пороха основано устройство боевых ракет».

Кибальчич имеет здесь, вероятно, в виду те старинные (первой половины XIX века) ракеты, которые перекидывали тяжелые бомбы на два-три километра.

Рассмотрев условия горения ракеты, Кибальчич приступает к сущности своего проекта (см. прилагаемый чертеж, выполненный Кибальчичем):

„В цилиндре *A*, имеющем в нижнем дне отверстие *C*, устанавливается по оси пороховая свечка *к* (так буду я называть цилиндрики из прессованного пороха). Цилиндр *A* посредством стоек *NN* прикреплен к средней части платформы *P*,



Изображение подлинного наброска проекта Кибальчича

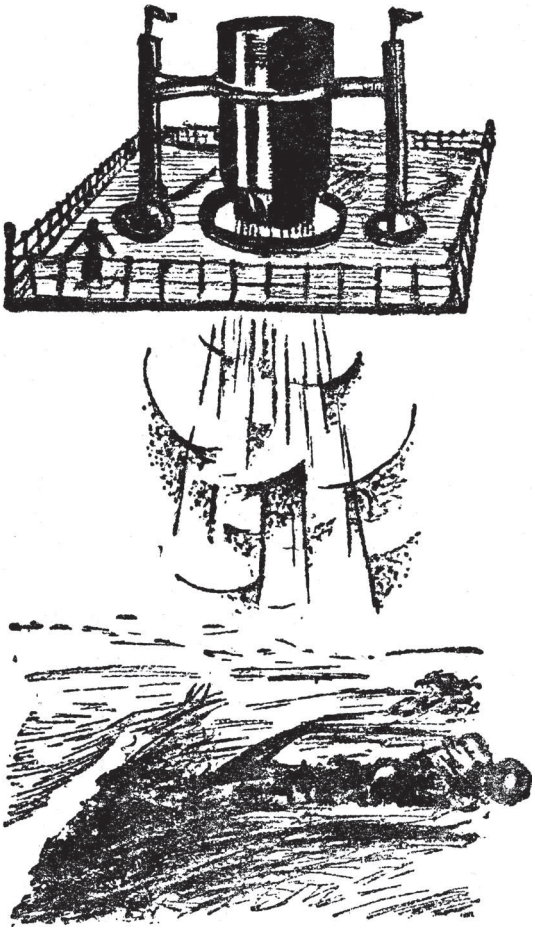
на которой должен стоять воздухоплаватель. Для зажигания пороховой свечки, а также для установления новой свечки на место сгоревшей должны быть придуманы особые автоматические механизмы. Все это легко может быть разрешено современной техникой.

Представим теперь, что свеча *k* зажжена. Через очень короткий промежуток времени цилиндр *A* наполняется горячими газами, часть которых давит на верхнее дно цилиндра, и если это давление превосходит вес цилиндра, платформы и воздухоплавателя, то прибор должен подняться вверх. Давлением газов прибор может подняться очень высоко, если величина давления газов на верхнее дно будет все время поднятия превышать тяжесть прибора».

Для управления полетом Кибальчич предлагает пользоваться вторым подобным же цилиндром, установленным горизонтально, либо же устроить цилиндр поворотным, чтобы отверстие его можно было обращать в любую сторону.

«Верна или неверна моя идея, может решить окончательно лишь опыт. Из опыта же можно лишь определить необходимые соотношения между размерами цилиндра, толщиной пороховых свечей и весом поднимаемого аппарата», — заключает Кибальчич свою записку.

Как же должны мы теперь, спустя более полувека, оценивать этот проект Кибальчича? В нем имеются существенные изъяны. Не указано, например, что платформа должна иметь против цилиндра отверстие для пропуска струи



Как, вероятно, представлял себе Кибальчич полет своей машины

пороховых газов. Аппарат не имеет «обтекаемой» формы и, следовательно, должен встречать при движении через воздух значительное сопротивление. Нельзя помещать пилота на платформе в непосредственном соседстве с раскаленным цилиндром и потоком горячих пороховых газов. Рискованно вообще пользоваться в качестве горючего порохом, легко взрывающимся, а потому могущим уничтожить машину[1].

Все это и еще многое можно было бы возразить, но не с такой точки зрения надо смотреть на первый по времени проект ракетного самолета. Следует оценивать лишь самую идею изобретения, а идея эта должна быть признана

[1] В любом случае, аппарат Кибальчича был не способен достичь ни первой космической скорости, ни даже сверхзвуковой (*примеч. ред.*).

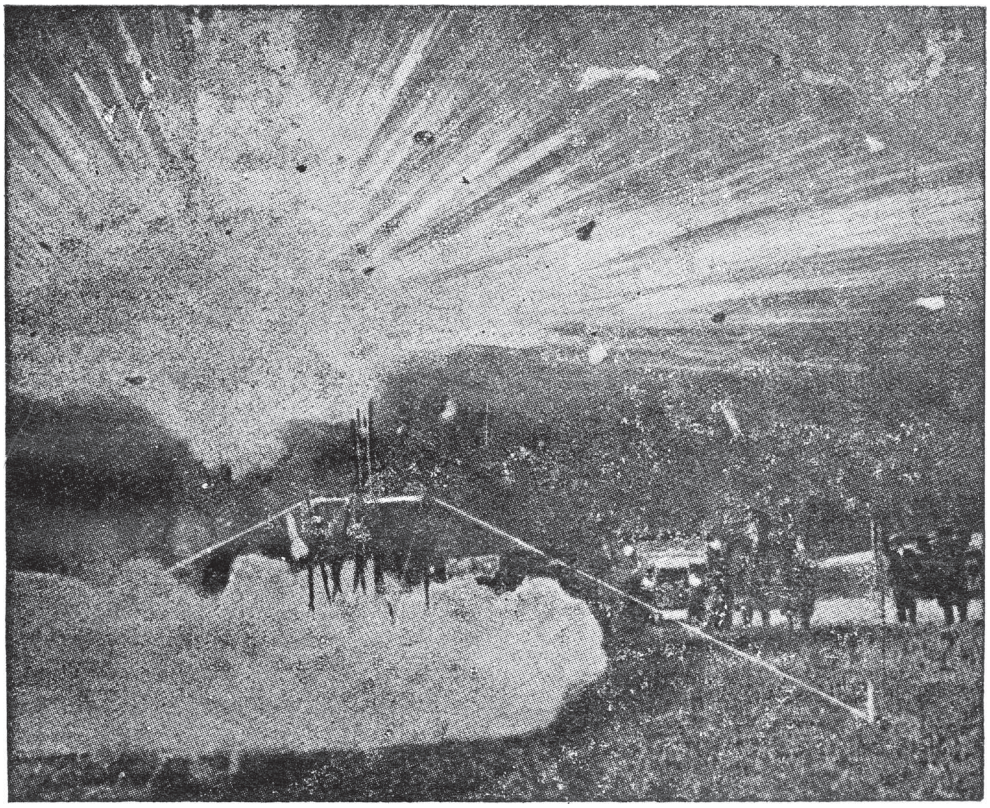
безусловно правильной. Даже в том несовершенном виде, в каком воплощена она у Кибальчича, идея эта вполне реальна. При весе машины, вместе с зарядом и прочим грузом, например, в четверть тонны, достаточно было бы сжигать каждую секунду около 5– 6 килограммов пороха, — и машина держалась бы в воздухе. И не только в воздухе: замечательную особенность машины Кибальчича составляет то, что она может держаться и двигаться в совершенно безвоздушном пространстве. Конечно, в эпоху Кибальчича, когда не было еще управляемого летания в самой атмосфере, не время было думать о летании заатмосферном. Но как бы то ни было, русский революционер-изобретатель должен быть признан первым работником в области ракетного летания. К сожалению, мысли его никому не были известны: о них узнали только тогда, когда сделаны были уже дальнейшие шаги в той же области. Эта заслуга продвижения идеи ракетного летания далее Кибальчича принадлежит также нашему соотечественнику, знаменитому изобретателю К. Э. Циолковскому, имя которого теперь пользуется мировой известностью.

8. От ракеты к звездолету

«Теория без практики бесплодна, практика без теории — слепа». Мысль эта хорошо поясняет положение ракетного летания до Циолковского. Ракетным делом занимались вслепую, не руководясь никакой теорией. Механика ракетного полета еще не была разработана, и ракеты сооружались ощупью. Так продолжалось целые столетия, в течение которых ракетное дело развивалось очень медленно. Было даже время, — именно во второй половине XIX века, — когда искусство изготовления ракет пошло назад по сравнению с началом этого столетия.

Естественно, что такая «слепая» ракетная техника не могла справиться с новыми задачами, ставшими перед нею: с созданием ракетного корабля для вылета в мировое пространство. Необходимо было осветить путь ракетной техники светом теории. Заслуга эта принадлежит Циолковскому, теперь всемирно известному, а тогда еще бедствовавшему учителю физики в провинциальном городе Калуге. В 1903 г., — тридцать лет назад, — он впервые изложил основы созданной им теории ракеты в связном очерке, в предисловии к которому он писал следующее:

«Я разработал некоторые стороны вопроса о поднятии в пространство с помощью прибора, подобного ракете. Математические выводы, основанные на научных данных и много раз проверенные, указывают на возможность с помощью таких приборов подниматься в небесное пространство и, может быть, основывать поселения за пределами земной атмосферы. Пройдут, вероятно, сотни лет, прежде чем высказанные мною мысли найдут применение, и люди воспользуются ими, чтобы расселиться не только по лицу Земли, но и по всей Вселенной».



Взрыв большой пороховой ракеты в момент зажигания. Ракеты взрываются оттого, что пороховой заряд вместо постепенного сгорания вспыхивает весь сразу

До Циолковского об этом мечтали только романисты в своих фантазиях. Циолковский дал твердую основу, позволяющую строить уже не фантазии, а научно-технические проекты.

Отметим главнейшие пункты ракетной теории, разъясненные трудами Циолковского.

До Циолковского совершенно не умели определять заранее окончательную скорость, какую должна приобрести ракета, когда сгорит ее заряд. Вот почему Кибальчич не мог установить, способна ли будет летательная машина, придуманная им, вылететь из атмосферы, или она обречена будет оставаться всегда близ поверхности Земли. Чтобы покинуть земной шар, необходимо развить скорость в 11 километров в секунду, а может ли ракета такую скорость получить, — никто не знал.

Циолковский установил математическую формулу, дающую возможность вычислить окончательную скорость ракеты, если известны ее первоначальный

вес, количество сгоревшего заряда и род горючего вещества. Он показал, что ракета может получить *любую* скорость, если в ней сгорит достаточный запас горючего. При этом важно не то, сколько килограммов горючего израсходовала ракета, а какая доля первоначального веса ракеты сгорела и из каких веществ состоял заряд. Если, например, ракета заряжается черным порохом, то при сгорании заряда, составляющего по весу ⅔ первоначального веса всей ракеты, можно получить скорость около 2 километров в секунду. Чтобы дать ракете скорость 3 километра в секунду, надо сжечь пороху по весу 95% первоначального веса всей ракеты.

Мы видим из этих примеров, что получение очень больших скоростей в пороховых ракетах крайне затруднительно: приходится ракету делать почти целиком из одного только пороха, оставляя на стенки ракеты ничтожную долю. Чтобы забросить, например, человека на Луну, нужна скорость в 11 километров в секунду. Пусть все то, что должно долететь до Луны, т. е. один человек с каютой, продовольствием, инструментами и прочее, — весит только одну тонну. Тогда понадобится сжечь в качестве заряда ракеты свыше 2000 тонн пороха! А ведь необходимо еще иметь запас пороха для обратного полета на Землю, без чего лунное путешествие лишено всякого смысла.

Это показывает, это мысль совершить перелет на Луну при помощи *пороховой* ракеты несбыточна. Мы не говорим уже о том, как опасно загрузить на ракетный корабль 2000 тонн пороха, который взорвется под давлением собственного веса раньше, чем его подожгут. Вообще порох, да и всякое *взрывчатое* вещество — малонадежный помощник в транспортном деле. Мы уже говорили о гибели ракетной дрезины при опытах 1929 г. вследствие несвоевременного взрыва ее ракет.

Даже при изготовлении обыкновенных маленьких ракет для фейерверков очень часты взрывы, которые не раз сопровождались пожарами и человеческими жертвами. Более крупные ракеты еще опаснее. Строители таких ракет очень боятся своих изделий и принимают при их пуске самые тщательные предосторожности: укрываются за толстым срубом, откуда наблюдают в маленькое окошечко; иногда и вовсе не наблюдают сами за подъемом ракеты, а ставят аппарат, который снимает ее полет на кинематографическую ленту. Можно представить себе, сколько катастроф будет, если начнут строить настоящие ракетные корабли — «звездолеты», наполненные тысячами тонн пороха!

Значит ли это, что полет в мировое пространство на ракете вовсе неосуществим? Нет, надо только отказаться от пороха в качестве вещества для заряда. Для ракеты порох вовсе не самый лучший заряд. Циолковский первый обратил внимание на то, что почти мгновенная быстрота сгорания пороха, которая так ценна в огнестрельном оружии, не нужна и даже вредна в ракете. В пушке, в винтовке важно, чтобы порох *мгновенно* давал огромное количество газов, которое и выталкивает снаряд или пулю из канала оружия. В ракете же

совершенно безразлично, сгорит ли заряд в сотую долю секунды или в сотню лет: окончательная скорость ракеты в том и другом случае будет одна и та же. Быстрота сгорания даже и нежелательна, если мы хотим, чтобы в ракетах могли летать люди. Ведь чем быстрее сгорает заряд, тем стремительнее нарастает скорость ракеты. А мы знаем уже, что люди не могут уцелеть внутри снаряда, чересчур резко снимающегося с места. Для ракетного корабля нужно плавное, постепенное нарастание скорости, а следовательно, необходимо и медленное сгорание заряда.

Наконец, как ни странно, порох заключает в себе слишком мало энергии: он дает при сгорании недостаточно много тепла. Если сравнить порох с такими веществами, как спирт, нефть, бензин, а в особенности водород, то окажется, что эти невзрывчатые вещества дают при сгорании значительно больше теплоты, больше энергии, нежели самые сильные сорта пороха. Только *быстрота* сгорания заставляет пользоваться для огнестрельного оружия именно порохом, а не другими видами горючего. Для ракеты же можно без сожаления расстаться с порохом и заменить его такими горючими жидкостями, как, например, бензин.

По всем этим причинам, впервые выясненным трудами К. Э. Циолковского, для будущего ракетного корабля, для звездолета, необходимо пользоваться в качестве источника энергии не порохом, а горючими жидкостями. Путь от пороховой ракеты к звездолету лежит через ракетный двигатель с жидким зарядом. Значит, надо изобрести ракету нового образца.

9. Ракета нового типа

Перед изобретателями стала задача: придумать и соорудить ракету совершенно нового типа, ракету не с твердым (пороховым), а с жидким зарядом — так наз. «жидкостную» ракету. Это была очень нелегкая задача. Ракеты старого образца существовали уже несколько столетий; техника их изготовления была давно разработана во всех подробностях. Новый же тип ракет существовал лишь как задание для изобретателей. С горючими жидкостями гораздо больше забот, чем с порохом. Порох достаточно зажечь, — и он уж сам догорит до конца, не требуя никакого обслуживания; если и захотите остановить его горение, то не сможете, — это не в вашей власти. Не то с горючей жидкостью, — например, с бензином. Начать с того, что *сам по себе* бензин не горюч: не загорится, не вспыхнет, сколько его ни нагревать. Для его горения необходимо еще одно вещество — *кислород*. Порох содержит кислород в своем составе, бензин же заимствует его при горении из окружающего воздуха. На большой высоте, где кислорода мало или вовсе нет, бензин гореть не будет. А ведь туда-то, на большие высоты, мы и собираемся послать ракетный корабль. Придется, значит, брать кислород с собой, иметь его в самой ракете.

Необходимость брать кислород с собой ставит перед изобретателем новую задачу: в каком виде выгоднее всего запасаться этим веществом? Надо, конечно, чтобы оно занимало поменьше места. Кислород — газ и поддается сильному сжатию, можно сжать его в несколько сот раз, и тогда он займет очень немного места. Но это — плохое решение вопроса. Сжатый кислород, как всякий сжатый газ, давит с большою силою на стенки сосуда, в котором он заключен. Вспомните, что сжатый пар нередко разрывает железные паровые котлы и с чудовищной силой разбрасывает обломки. Чтобы противодействовать распирающей силе сжатого газа, нужны тяжеловесные толстостенные металлические сосуды, а это для ракетного корабля не годится: нельзя отягчать его лишним мертвым грузом; каждый килограмм груза требует для подъема сотен килограммов заряда, т. е. опять-таки груза. Получается заколдованный круг, из которого нет выхода. От сжатого газа надо поэтому отказаться.

К счастью, существует другой способ: кислород можно сильным охлаждением превратить в жидкость. Жидкий кислород можно хранить и в легких тонкостенных сосудах, так как он не оказывает сильного давления на стенки. Следовательно, в жидкостной ракете должны быть запасены две жидкости: жидкое горючее и жидкий кислород. Обе жидкости должны особым механизмом подаваться порциями в очаг, где они сгорают; при этом надо обеспечить бесперебойную подачу обеих жидкостей, плавное их горение и регулярное выбрасывание продуктов сгорания. Наладить все это не так просто, особенно если принять во внимание, что в тесном пространстве ракеты должны будут находиться и очаг, где температура будет до 2000°, и жидкий кислород при температуре *минус* 200°, т. е. на двести градусов ниже нуля.

Долгое время сооружение жидкостной ракеты не удавалось изобретателям. Один из деятельнейших работников ракетного дела, Макс Валье, даже погиб при взрыве сооруженной им жидкостной ракеты (в мае 1930 г.). Это была первая жертва звездоплавания. Но в итоге настойчивых усилий задача все же была разрешена в Германии в 1931 г. группой инженеров, входящих в состав кружка людей, преданных идее звездоплавания и всецело отдавших себя этому делу. Одновременно изобрел жидкостную ракету и один американский ученый-изобретатель (Годдард).

Германский работник ракетного дела Валье, погибший при испытании своего изобретения

Сейчас под Берлином имеется специально отведенный участок — «ракетодром», где работают ракетные мастерские

и производятся испытания жидкостных ракет. Сооруженные до сих пор образцы ракет нового типа — только маленькие модели будущих ракетных кораблей. Их длина — около 2 метров. Механизм разработан уже настолько хорошо, что подъем ракеты совершается без отказа. Поднявшись до высшей точки, ракета автоматически раскрывает парашют в верхней своей части, и на этом зонте опорожненная ракетная оболочка плавно опускается вниз. Спуск происходит без повреждений, так что возвратившуюся ракету можно опять зарядить и пустить в новый полет, повторяя подъем одной и той же ракеты сколько угодно раз. На берлинском ракетодроме жидкостная ракета поднималась уже свыше ста раз. Работники этого дела так надежно овладели своей машиной, что показывают даже публичные подъемы ракеты, взимая деньги за это зрелище.

В возможности многократного пользования одной и той же ракетой состоит существенное отличие ракеты жидкостной от пороховой, годной лишь для одного полета. Поэтому, хотя жидкостная ракета по своей заготовительной стоимости и значительно дороже пороховой, она в конечном итоге оказывается не столь дорогой, если оценивать стоимость каждого полета.

Высота подъема новоизобретенных ракет пока еще очень невелика — всего несколько километров. Высших подъемов можно будет добиться с увеличением размеров ракет; это постепенно и будет происходить.

Скажем теперь несколько слов о том, что делается в области ракетного строительства у нас в СССР.

Нам неизвестны подробности устройства немецких жидкостных ракет; они держатся в секрете; публикуются только общие сведения, из которых нельзя извлечь деловых указаний для постройки таких ракет. Поэтому, чтобы не отстать от других стран в деле ракетного строительства (а Германия — не единственная страна, где умеют уже делать ракеты нового образца), нам остается только одно: стать на путь изобретательства и научиться самостоятельно изготовлять жидкостные ракеты. Эту заботу взял на себя недавно Осоавиахим, где имеется теперь особый ракетный отдел, так наз. ЦГИРД, т. е. Центральная группа изучения реактивного (ракетного) движения. Работы ведутся в Москве и в Ленинграде[1]. Задачей московской группы является изобретение аэроплана с ракетным двигателем для подъема на значительную вытоту, куда самолеты обычного устройства залететь не могут. Ленинградская же группа разрабатывает проект жидкостной ракеты для исследования высших слоев атмосферы. Работник Ленинградского ГИРДа инж. А. Н. Штерн изобрел двигатель оригинального устройства для ракеты, по конструкции не похожий на зарубежные образцы и во многих отношениях более совершенный. Предстоящее осенью 1934 г. испытание этого двигателя покажет, оправдывает ли он возлагаемые на него надежды. Та и другая группа заботятся также о подготовке кадров работников ракетной техники.

[1] Среди организаторов и активистов ЛенГИРД был и Я. И. Перельман (*примеч. ред.*).

10. Дальнейшие планы

Ведущей группой в деле мирового ракетного строительства приходится сейчас признать кружок работников берлинского ракетодрома. Он обладает и теоретическими и практическими знаниями ракетной техники и успел уже доказать, что изготовление жидкостных ракет освоено им в полной мере. Интересно послушать поэтому, как эти работники смотрят на ближайшее будущее своего изобретения, каковы дальнейшие их планы. Вот как высказываются они по этому поводу.

Ближайшим следующим этапом, по их мнению, будет изготовление крупной ракеты для исследования (без человека) высоких слоев атмосферы, недоступных никаким другим способам. Аппарат этот будет сравнительно недорог, и такими высотными ракетами запасутся, надо думать, все метеорологические станции мира.

Второй этап — почтовые ракеты дальнего следования. Переброска почты при помощи мощных жидкостных ракет может совершаться с неслыханной до сих пор скоростью. Вот данные для нескольких линий, могущих быть обслуженными такой почтой:

Берлин–Париж	— в 5 минут
Берлин–Нью-Йорк	— » 25 »
Берлин–Токио	— » 40 »
Берлин–Южная Америка	— » 40 »

и любой вообще пункт земного шара — менее чем в час. При весе почтовой ракеты 5 тонн она сможет нести с собой столько корреспонденции, что стоимость пересылки будет составлять по расчетам всего несколько копеек за каждую корреспонденцию. Между тем ракетная переброска писем окажется более быстрой, чем работа телеграфа. Если бы содержание нескольких тысяч писем передавать в Америку слово за словом, то телеграфу потребовалось бы, наверное, несколько суток. А ракета перебрасывает их через океан в полчаса. Такая почта, разумеется, также будет делом безубыточным.

Третий этап — пилотная ракета дальнего следования для сверхбыстрого путешествия через океан. Скорость передвижения здесь такая же, как и для почтовых ракет, т. е. круглым счетом 10 тысяч километров в час. Такая невероятная скорость возможна потому, что «ракетоплан» полетит не через густую атмосферу, а по крайней мере бóльшую часть своего пути очень высоко, в необычайно разреженных слоях воздуха, не представляющего никаких помех быстрому передвижению.

Четвертый этап — облет вокруг Луны с возвращением на Землю. Это кажется слишком неожиданным переходом: от полета в Америку к полету на Луну. До Америки всего 6000–7000 километров, до Луны — 380 000 километров, т. е. в 60 раз больше. Но если передвижение совершается в безвоздушном пространстве, то трудности пути нельзя измерять числом километров.

В межзвездных просторах в полной мере проявляется закон *инерции*, в силу которого тело, раз приведенное в движение, продолжает само двигаться вперед с неизменной скоростью. Никакой энергии для поддержания такого движения не требуется, — безразлично, летит ли тело на шесть тысяч километров или на шесть миллионов километров. Энергия при полете на Луну будет расходоваться только на преодоление земной тяжести; но тяжесть в значительной степени должна быть преодолена также при перелете через океан со скоростью 10 000 километров в час. Не надо поэтому удивляться, что расход горючего для лунного перелета оказывается всего вдвое больше расхода его для полета в Америку (мы говорим о полете в один конец). Вот почему после перелета через океан очередным шагом является уже лунное путешествие.

Что последует за лунным перелетом? После облета Луны без спуска на нее надо будет, разумеется, сделать полет с высадкой на Луне. Это гораздо более сложное предприятие, чем простой облет вокруг Луны, хотя бы на очень близком расстоянии. Облетая кругом Луны, ракета не теряет накопленной скорости; поэтому достаточно лишь изменить направление полета такой ракеты, чтобы при весьма незначительном расходе горючего направить ее путь к Земле. Иное дело при высадке. Чтобы спуститься на лунную поверхность, ракета неизбежно должна лишиться всей накопленной скорости, — иначе она разобьется вдребезги при ударе. А известно, что для остановки движущегося тела требуется затратить ровно столько же энергии, сколько израсходовано было для приведения его в движение. Это значит, что при снижении ракеты на Луну надо снова сжечь много горючего. Следовательно, отправляясь с Земли, ракетный корабль должен иметь на борту соответствующий запас горючего. Но сказанным не исчислен еще весь тот запас горючего, который ракете требуется нести с собой во время такого лунного полета. Не забудем, что понадобится еще расходовать горючее при обратном взлете с Луны. Луна ведь тоже притягивает к себе все вещи, хотя и слабее, чем Земля. Наконец, в четвертый раз придется сжигать бензин с кислородом, чтобы совершить безопасный спуск на Землю, не разбиться при ударе о ее поверхность. Вы видите, что полет на Луну с высадкой неизмеримо сложнее, чем перелет без высадки.

Когда будут совершены первые полеты на Луну, своевременно будет поставить вопрос о путешествии на далекие планеты, на Венеру и на Марс. Как это будет осуществлено, — рано еще обсуждать, хотя маршруты и сроки таких перелетов уже вычислены. Мы побеседуем об этом позже, пока же остановимся на вопросе, без сомнения возникшем уже в уме читателя: как скоро можно ожидать осуществления хотя бы лунного перелета. Об этом высказался искусный американский строитель ракет проф. Годдард, придумавший и пустивший жидкостную ракету своего изобретения (к сожалению, он держит подробности устройства своих ракет в строгой тайне, так как работает по заданиям военного ведомства США). Вот его слова:

«Что касается вопроса о том, через сколько времени может состояться успешная отсылка ракеты на Луну, то я считаю это осуществимым еще для ныне живущего поколения. Сделанный мною удачный пробный пуск ракеты на небольшую высоту показал мне, как должна быть подобная (лунная) ракета устроена для успешного действия».

Если вспомним, как быстро развивались авиация и управляемое воздухоплавание, а если примем в расчет более высокую ступень развития техники в наши дни, то вправе будем разделить уверенность американского ученого, что и ракетное летание может развиться не менее быстрым темпом при благоприятной экономической обстановке.

Упомянем ради полноты еще о некоторых побочных достижениях ракетной техники, предусматриваемых работниками германского ракетодрома. Ракеты могут способствовать развитию и других отраслей техники. Так, между прочим, ракетный двигатель безусловно может облегчить старт самолета и в особенности планера. Установленные у краев пропеллера небольшие ракеты могут привести его в быстрое вращение; возможно, что этим путем удастся разрешить задачу отвесного подъема самолета с места, без разбега. Мыслимо также устройство мощной и экономно работающей ракетной турбины.

Немцы умалчивают еще о военных применениях жидкостных ракет — для переброски бомб: вопрос этот сейчас усиленно разрабатывается в иностранных государствах. Вот что сообщалось об этом в нашей печати[1]:

«Новинка, которой уделяется сейчас очень большое внимание, — это снаряд реактивного (т. е. ракетного) действия. Такой снаряд имеет внутри себя источник энергии для полета, подобно ракете. Этот источник энергии не порох, а жидкое топливо, состоящее из смеси жидкого кислорода и метана, бензина и т. п. Эта смесь развивает при сжигании очень большое количество тепловой энергии, и выходящие назад газы толкают снаряд[2]. В этой области работы направлены на получение снаряда, летающего на сотни, а возможно и на тысячи километров и производящего большое разрушительное, зажигательное или отравляющее действие.

Работы уже вышли из лабораторной стадии, и в настоящее время мы переживаем период испытательных полетов, которые дают дальность до 10–20 километров, — если не верить сенсационным сообщениям буржуазной печати вроде того, которое в 1932 году облетело всю европейскую печать и в котором говорилось, что снаряд, выпущенный в Восточной Пруссии, попал в город Осло, в Норвегии, пролетев около 1000 километров. Приходится сильно сомневаться в реальности подобных сообщений, хотя нельзя отрицать, что работы направлены именно в эту сторону».

---

[1] Журнал «За рубежом», июнь 1933, №13.

[2] Объяснение движения снаряда несколько смутное. Читателю известна уже истинная причина полета ракетных снарядов.

11. Опасен ли полет к звездам?

Читатель, я думаю, убедился теперь, что возможность сооружения ракетного корабля сделалась вполне реальной. По-видимому, недалеко уже время, когда от маленьких моделей перейдут к более крупным, и, наконец, будет построен ракетный корабль, на котором можно пуститься в плавание по мировому пространству. Но безопасен ли такой полет в неведомые глуби Вселенной? Невольно возникают в уме многочисленные опасения, которые мы здесь и рассмотрим.

Мы знаем, что ракетный корабль должен развить скорость около 11 километров в секунду. Но уже пуля, летящая несравненно медленнее, разогревается при пролете через воздух. А метеорные камни, стремительно проникающие в земную атмосферу из мирового пространства, нагреваются до яркого свечения, целиком или частью расплавляются и превращаются в пар. Нельзя безнаказанно пронизать воздух с такой большой скоростью. Уцелеет ли при этом ракетный корабль? Не расплавятся ли его стенки при быстром пролете через атмосферу? Не расплавится ли он, как метеор?

Нет, ракете эта опасность не угрожает. Надо помнить, что ракета вовсе не снимается с места со скоростью 11 километров в секунду, а накопляет эту скорость постепенно: сначала она летит довольно медленно и лишь потом, к концу горения, приобретает свою огромную скорость. Расчет показывает, что еще на высоте 1 километра ракета будет двигаться со скоростью всего 250 метров в секунду, на высоте 2 километров — 350 метров, на высоте 10 километров — 770 метров. Это все еще медленнее ружейной пули. Только на высоте 20 километрев скорость ракеты немного превзойдет скорость пули. Между тем, воздух на такой высоте уже настолько разрежен, что не может оказывать движению ракеты заметное сопротивление. Окончательную же свою скорость в 11 километров в секунду ракетный корабль достигает уже далеко — на целую тысячу километров — выше атмосферы. Вы видите, что сопротивление атмосферы для ракеты — опасность не существующая: где есть атмосфера, там нет еще большой скорости, а где имеется большая скорость, там уже нет атмосферы. Бояться, что ракетный корабль не вылетит из атмосферы, нет никаких оснований.

Часто высказывают другое опасение: что огромная скорость в 11 километров в секунду вредна для нашего организма, он не вынесет ее. Люди, так думающие, уподобляют полет ракеты движению быстро мчащегося автомобиля — движение, которое действительно вызывает неприятные ощущения. Но ракету и автомобиль нельзя сравнить в этом отношении. Автомобиль движется с толчками; его качает и трясет каждую секунду, а эта тряска, конечно, вредна организму. Ракета же полетит совершенно плавно, без единого толчка; при таких условиях движение даже и не ощущается нами. Не забудьте, кроме того, что пассажиры ракетного корабля находятся в плотно закрытой каюте и, значит, при пролете через атмосферу не будут ощущать ни малейшего ветра.

Полет ракеты будет походить не на движение автомобиля, а на движение планеты, — например, земного шара. Мы с вами, читатель, мчимся сейчас вокруг Солнца со скоростью 30 километров в секунду, а разве это чувствуется нами? *Скорость*, как бы ни была она велика, вообще совершенно безвредна. Опасны только *изменения* скорости — нарастание, замедление, если они происходят чересчур резко.

Здесь мы переходим к третьей опасности — возникающей от быстрого нарастания скорости при отправлении в путь. Ракетный корабль, первоначально бывший в покое, через несколько минут должен уже иметь скорость в 11 километров в секунду. Не слишком ли резок здесь переход от неподвижности к стремительному движению? Вынесет ли человек подобное ускорение?

Это — вполне обоснованное опасение, и работники ракетного дела отнеслись к нему очень серьезно. Они начали с того, что установили на опыте, какой темп нарастания скорости человек может переносить без всякого вреда. Оказалось, что если скорость нарастает ежесекундно не более чем на 30 метров, то такое ускорение никакого вреда человеку не причиняет, особенно если он при этот не стоит, а лежит на чем-нибудь мягком. Человек чувствует только, что *становится словно втрое тяжелее*, — ощущение своеобразное, быть может неприятное, но в сущности безвредное. При более быстром темпе увеличения скорости наступает более значительное отяжеление; оно вызывает уже серьезные нарушения в нашем организме, которые могут оказаться даже гибельными.

Любопытно, что животные оказываются гораздо более стойкими в этом отношении, чем человек. Чем тяжелее и крупнее животное, тем хуже переносит оно быстрое нарастание скорости и связанное с этим отяжеление. Кошка хорошо выдерживает отяжеление в 10–20 раз (т. е. секундное нарастание скорости в 100–200 метров в секунду). Лягушка хорошо чувствует себя при гораздо большем отяжелении и не гибнет даже при отяжелении в 2000 раз; это отвечает увеличению скорости ежесекундно на 20 километров! То же замечено для рыб и насекомых.

Установив, что человек способен переносить увеличение скорости за одну секунду только в 30 метров, строители ракет считаются с этим при их проектировании: они регулируют скорость горения заряда с таким расчетом, чтобы получающееся ускорение ракеты не превосходило указанной нормы. Для ракетного корабля с конечной скоростью 11 километров в секунду время горения заряда должно быть растянуто примерно на 5–6 минут, и тогда человеку внутри ракеты не грозит никакая опасность от ускорения, он будет чувствовать себя в течение этих 5–6 минут только втрое тяжелее.

Зато по окончании горения пассажиры ракеты будут испытывать противоположное ощущение — потерю веса. Произойдет это вот почему. После того как заряд сгорит, ракета окажется брошенной в пространство вместе со всем, что находится внутри нее. Вещи не будут больше напирать на стенки корабля или на его пол. Когда же тело не давит на опору, на которой оно лежит,

то не может быть и речи о весе. Такое состояние будет продолжаться почти на протяжении всего пролета. То же самое произойдет и с пассажирами, — они потеряют ощущение веса.

Может ли человек жить в подобном состоянии? Вполне: ни одно отправление нашего организма не нарушится от того, что мы перестанем весить. Говорят, что раз человек, вися вниз головой, чувствует себя плохо, то он должен плохо переносить и отсутствие тяжести. Это рассуждение грубо ошибочно. Висение вниз головой действительно вредно, — но что этим доказывается? Только то, что тяжесть иногда бывает вредна. Это вовсе не означает, что вредно отсутствие тяжести. Жить в невесомой обстановке вполне возможно; вспомним, что все многочисленнейшее население океанов, морей, рек, — т. е. трех четвертей земной поверхности, — в сущности, невесомо: тело, плавающее под водой, теряет целиком свой вес. Нам, существам сухопутным, придется, разумеется, к столь новой обстановке приспособиться, потому что в этих условиях многое будет происходить не так, как мы привыкли видеть.

Часто высказывают беспокойство по поводу того, что ракетный корабль будет уничтожен или приведен в негодность одним из тех небесных камней-метеоров, которые мчатся с огромною скоростью в мировом пространстве. Встреча с крупным метеором в самом деле могла бы сильно повредить или даже вовсе погубить ракетный корабль, — если бы такая встреча произошла. Но много ли вероятия наткнуться на метеор? Для огромного земного шара такие встречи очень часты, потому что Земля занимает много места и, кроме того, сама притягивает к себе небесные камни. Другое дело — ракетный корабль; он для небесного пространства так мал, что может свободно проскальзывать между метеорами, не задевая их. Ученым сделан интересный расчет, который показал следующее: ракете надо странствовать в мировом пространстве 500 лет, чтобы встретиться с одним метеором. Значит, несчастия могут случаться средним числом один раз в 500 лет. Неужели из-за этого отказаться от небесных перелетов? Ведь поезда сходят с рельсов гораздо чаще, чем дважды в тысячелетие, — однако ездим же мы по железным дорогам...

А холод мирового пространства? Разве тонкие металлические стенки ракетного корабля смогут защитить пассажиров от леденящего действия этого чудовищного мороза? Тут снова недоразумение. Почему надо думать, что ракетный корабль будет в небесном пространстве подвержен холоду? Там холодно лишь тогда, когда не греет Солнце. Если вынести градусник за атмосферу и *заслонить его от Солнца*, он, правда, покажет температуру ниже минус 200 градусов. Но разве ракетный корабль будет при полете заслонен от Солнца? Напротив, все время он будет купаться в солнечных лучах. При таких условиях, — как показывает точный расчет, — надо опасаться не холода, а скорее наоборот, — слишком сильного нагревания. При проектировании ракет можно учесть это и принять нужные меры.

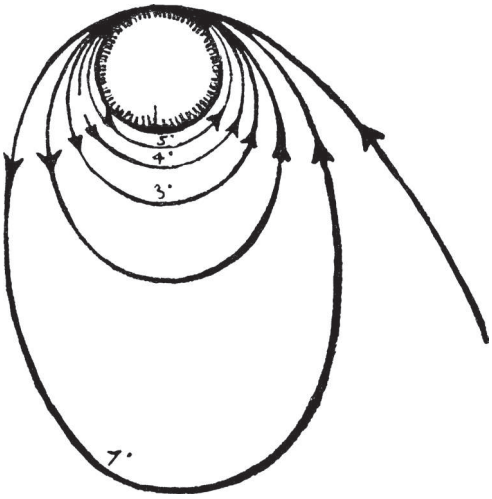
Что еще может помешать успешному полету в мировое пространство? Многих пугает возможность заблудиться в неведомом океане Вселенной.

Соберешься на Луну, а ракету отнесет неизвестно куда, может быть, прямо в раскаленные объятия Солнца. Это — очень наивное представление. Можно вообразить, что в мировом пространстве дуют капризные ветры, которые способны завладеть ракетой и умчать ее по непредвиденному пути. Забывают, что в небесных пространствах господствует сила, могущая действовать на ракетный корабль, — сила всемирного притяжения. А действие этой силы ученые умеют рассчитывать с необычайной точностью. Оттого астрономы так точно предсказывают наступление затмений, определяют наперед не только день и час, но даже секунду, когда затмение начнется и когда кончится. Ничто не меняет определенного порядка в движении небесных светил, никакие случайности здесь невозможны, а потому ученые на многие годы вперед могут определить, где и когда будет находиться та или иная планета. Ракетный корабль, покинув земной шар, включается в круг этих расчисленных светил, и движение его совершается с правильностью движения небесного тела. Ничего неожиданного произойти не может.

Но ведь возможна ошибка в расчете проекта или в его исполнении? Да, ошибок, пожалуй, избежать не удастся, но при тщательном отношении к делу они должны быть невелики. Такие небольшие ошибки вполне исправимы в пути; надо только захватить с собой некоторый избыток горючего, иметь его всегда в резерве. Если пилот заметит в пути, что ракета несет его слишком медленно, он сможет поправить дело дополнительным сжиганием горючего. Заметить же неправильный ход ракетного корабля есть полная возможность путем наблюдения за звездами; эта сторона небесного плавания уже разработана. Точно так же дополнительным сжиганием заряда можно направить ракету по надлежащему пути, если обнаружится, что корабль уклонился в другую сторону. Для этого надо выводную трубу сделать такою, чтобы она могла поворачиваться в стороны. Ракета всегда летит в направлении, противоположном струе вытекающих газов; поэтому, если отклонить в сторону газовую струю, то изменится и направление полета ракеты. Таким путем можно и совсем перевернуть ракету, заставить струю газов вытекать в обратную сторону. Тогда движение ракеты будет замедляться и может быть вовсе прекращено, — ракета остановится.

Этим можно воспользоваться для безопасного спуска на Луну. Приближаясь к Луне, пилот, чтобы не налететь на нее с размаху, должен повернуть ракетный корабль, «дать контрпар», уменьшить ее скорость до нуля с таким расчетом, чтобы ракета остановилась как раз у самой поверхности Луны. Тогда корабль сядет на Луну без всякого толчка.

При возвращении на Землю можно было бы поступить точно так же. Но есть лучший способ, требующий гораздо меньшего расхода горючего. Этот более экономный способ состоит в том, чтобы тормозиться трением о воздух. Ракетный корабль должен сначала пролетать мимо земного шара, только задев слегка его атмосферу; от этого скорость ракеты уменьшится. При вторичном приближении к Земле ракетный корабль должен уже глубже прорезать атмосферу, и т. д. После нескольких таких маневров скорость корабля



Как будет маневрировать ракетный корабль при спуске на Землю. Он опишет 7 постепенно суживающихся петель

уменьшится воздушным сопротивлением настолько, что можно уже будет спланировать на твердую землю (или, лучше, на воду). Маневрирование это займет около десяти часов, зато сбережет много горючего. При спуске на Луну способ этот неприменим, потому что Луна совершенно лишена атмосферы.

До сих пор мы перебирали опасности, угрожающие ракетному кораблю извне. Но ведь беда может грозить ему также и изнутри. Например, каюта корабля наполнена воздухом, а кругом — пустота: не разорвется ли от давления воздуха тонкостенная каюта? Расчет показывает, что страхи эти совершенно напрасны: стальные стенки в 1 миллиметр толщины противостоят напору воздуха (под обычным давлением) с десятикратной безопасностью.

Хватит ли воздуха в каюте для долгого путешествия? Тут уже беспокоиться нечего, — надо только поступить так, как это делает экипаж подводной лодки. Запас кислорода можно взять с собой (его все равно приходится брать на ракету для сжигания заряда), а для удаления вредных продуктов дыхания существуют специальные очистители воздуха. Новейшие американские подводные лодки могут оставаться под водою целый месяц, ни разу не всплывая на поверхность для пополнения воздуха[1]. Перелет же на Луну и обратно продлится всего полторы декады.

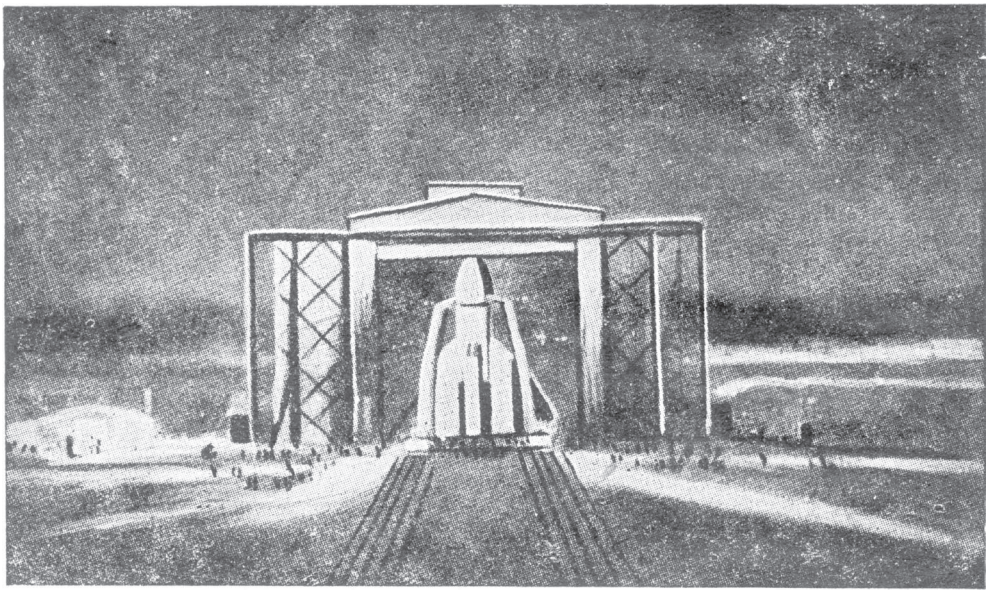
[1] Современные атомные подводные лодки, оборудованные средствами регенерации воздуха и опреснителями воды, могут находиться под водой сколь угодно долго. В реальности время автономного плавания ограничено запасами продовольствия на борту, а также психологической выносливостью экипажа; для лодок, находящихся на боевом дежурстве, в наши дни оно составляет несколько месяцев (*примеч. ред.*).

Мы рассмотрели ряд опасностей, которые рисуются многим в пустыне мирового пространства, и убедились в их нереальности. Теперь же предложим читателю совершить, — пока только воображаемый, — перелет на Луну и обратно. Это даст читателю наглядное представление о том, как примерно будет протекать подобное путешествие в более или менее отдаленном будущем.

12. Небесный перелет

Прежде чем собраться в полет, познакомимся с кораблем, на котором мы понесемся. В настоящий момент мы можем предвидеть его устройство только в самых общих чертах. Подробности выяснятся, когда техника подойдет ближе к осуществлению ракетных полетов в мировое пространство. Но главные черты будущего ракетного корабля можно наметить уже сейчас. На стр. 368 показан его разрез. Рассмотрите его[1].

Значительную часть ракетного корабля занимают вместилища для жидкого кислорода и жидкого горючего (на нашем рисунке имеется в виду жидкий водород; но это может быть и другая способная гореть жидкость). Запасы эти



Ракетный корабль будущего перед отлетом на Луну.
(Из заграничной кинематографической ленты на тему о ракетном путешествии.)
Ракета будет снабжена рулями направления,
чтобы правильно держаться при полете через земную атмосферу

[1] Рисунок этот сделан по наброску К. Э. Циолковского.

Внутреннее устройство ракетного корабля (с наброска К. Э. Циолковского)

при помощи насосов накачиваются в очаг, где они смешиваются, и происходит вспышка. После сгорания получается много газов, которые и вытекают по трубе наружу. Каюта для пассажиров и всего снаряжения должна быть устроена в передней части ракетного корабля. Какие очертания рисунок наш примет под карандашом будущего конструктора, — сейчас рано еще говорить, но некоторое представление о ракетном корабле набросок этот все же дает.

Вы забрались в каюту и прежде всего поражены ее малыми размерами. Ракетный корабль величиной с большой пароход, а в его каюте двоим уже тесновато. Ничего не поделаешь: на борту ракеты первое место уделяется запасам горючего; пассажирам приходится довольствоваться небольшим уголком. Вас плотно закрыли; ни одной скважинки не должно оставаться в стенках каюты, иначе, очутившись в пустоте, вы лишитесь всего воздуха: он уйдет наружу. Окна есть, но они пока закрыты наружными ставнями. Когда корабль минует атмосферу и опасность нагревания стекол от трения будет уже позади, ставни станут излишни: их уберут.

При электрическом свете вы оглядываете тесное свое жилище. Все оно обито мягкой кожей; разобрать, где пол, где потолок, где боковые стенки — невозможно. Чего вы хотите? Во время вашего перелета не будет ни верха, ни низа; значит, нельзя будет установить, где пол и где потолок. Все вещи в каюте наглухо привинчены к ее стенкам, ничто не может сдвинуться с места при толчках и сотрясениях. В каюте находятся рукоятки и кнопки для управления «кочегаркой» и движением корабля; есть разнообразные инструменты для измерений. Не забыты аппараты для автоматической очистки воздуха, наподобие употребляемых в подводных лодках. Имеется, конечно, и запас продовольствия декады на две. Кухонная утварь и посуда довершают снаряжение.

Пилот предупреждает, что приблизился момент отправления в путь. Вы уже знаете, с чем это связано: когда начнется сжигание горючего, тело ваше отяжелеет в три раза. Надо приготовиться к такому необыкновенному ощущению. Вы ложитесь на койку и ждете.

Пилот поворачивает рукоятку пускового механизма. Раздается оглушительный гул, — началось горение, — и одновременно с этим на вас словно налег тяжелый груз. Руки, ноги сделались как бы свинцовыми (точнее было бы сказать — алюминиевыми, потому что вес их возрос всего в 3 раза[1]). Трудно сделать движение, затруднительно даже дышать. Вы лежите неподвижно и обдумываете причину этого странного явления. Понять ее нетрудно. Койка подвязана к той стенке каюты, которая теперь несется вперед с все увеличивающейся скоростью, увлекая за собой и койку. Койка подпирает ваше тело, стремится словно обогнать его, — а вы, ощущая давление койки под собой, воспринимаете это необычное давление как следствие отяжеления вашего собственного тела. Все это длится пять-шесть минут, которые тянутся для вас докучно долго. Но вот рев в машинном отделении прекращается, горение кончилось, а одновременно кончается и ваше пребывание в плену усиленной тяжести.

Вы сразу чувствуете себя легким, как мыльный пузырь, и, забыв настойчивые предостережения пилота, срываетесь с койки, чтобы расправить затекшие члены. Вас подстерегает новая неожиданность: вы не спрыгиваете на пол, а стрелой летите к противоположной стенке. Голова мягко вдавливается в обивку каюты, и затем тело ваше отскакивает назад, чтобы упереться ногами в другую стенку. Снова и снова отскакиваете вы от пружинящей обивки, благословляя предусмотрительного строителя, позаботившегося о том, чтобы вы не страдали от ушибов.

— За поручень! Хватайтесь за поручень, — доносится до вас голос пилота.

Вы следуете его совету, ловите один из многочисленных поручней, свешивающихся со стен, и прекращаете ваши воздушные полеты.

Что же произошло? То, что вы теперь потеряли ощущение веса. Вы легче мыльного пузыря, потому что вы ничего не весите. Если вспомните, что говорилось нами выше, вы поймете и причину этого необычайного явления. Пока ракета неслась ускоренно, она усиленно прижимала к вашему телу койку, и вы чувствовали себя отяжелевшим. Теперь, когда нарастание скорости кончилось, ракета вместе с вами брошена в пространство; и вы и она летите одинаково быстро, не напирая и не увлекая друг друга. А где нет давления на опору, как на Земле, которая к себе притягивает, или нет тяги в точке привеса, там нет и ощущения веса. Ведь вес мы чувствуем благодаря давлению на подставку или благодаря тяге в точке подвеса.

Невесомым, т. е. лишенным всякого веса, сделалось не только ваше тело: то же произошло и со всеми вещами внутри ракетного корабля. Хорошо, что вся обстановка каюты наглухо прикреплена к ее стенкам. Иначе все это металось бы

---

[1] *Длительная* перегрузка, соответствующая пределу физиологических возможностей человека, лежит в пределах 8–10 *g*. *Кратковременная* перегрузка (в течение 3–5 секунд), которую человек выдерживает без потери сознания, — около 15 *g* (*примеч. ред.*).

в беспорядке из угла в угол. Стоило бы до чего-нибудь дотронуться, и от вашего толчка вещь пришла бы в движение. А так как трение при отсутствии веса тоже отсутствует[1], то движение, раз начавшись, сделалось бы бесконечным. Остерегайтесь выпустить что-нибудь из рук: вещь хотя и не упадет «вниз» (какой может быть «низ», где нет тяжести?), но и на месте также не останется: незаметные течения, всегда существующие в воздухе, унесут ее в сторону, и вам ее не поймать. Протянете руку, — и вызванное рукой легкое дуновение отнесет вещь еще дальше. Она будет ускользать от вас, как бабочка на лугу, особенно если вещица мелка, вроде карандаша или листка бумаги.

Многое будет удивлять вас в этой странной обстановке, более похожей на сон, чем на действительность. Вы хотите, например, выпить воды. Забыв, где вы находитесь, берете графин и наклоняете его над стаканом. Но вода в стакан не льется: вопреки вашим ожиданиям, из графина не выливается ни одной капли. Что же удивительного: раз вода ничего не весит, она не может литься. С досады вы хлопаете ладонью по донышку графина. Результат получается еще диковиннее: из графина вылетает большой водяной шар — все его содержимое — и величественно плывет в воздухе. Так и должно быть по законам физики: вода в невесомом состоянии собирается в форме шара[2]. Вы хотите изловчиться так, чтобы приставить губы к этой водяной пилюле и отпить от нее глоток.

Но едва прикасаетесь к ней, как шар растекается по всему лицу и заползает под ваше платье. Пить в каюте ракетного корабля приходится иным способом: всасывая воду через трубочку.

Приготовление пищи из невесомых продуктов будет также связано с неожиданностями и доставит вам немало затруднений.

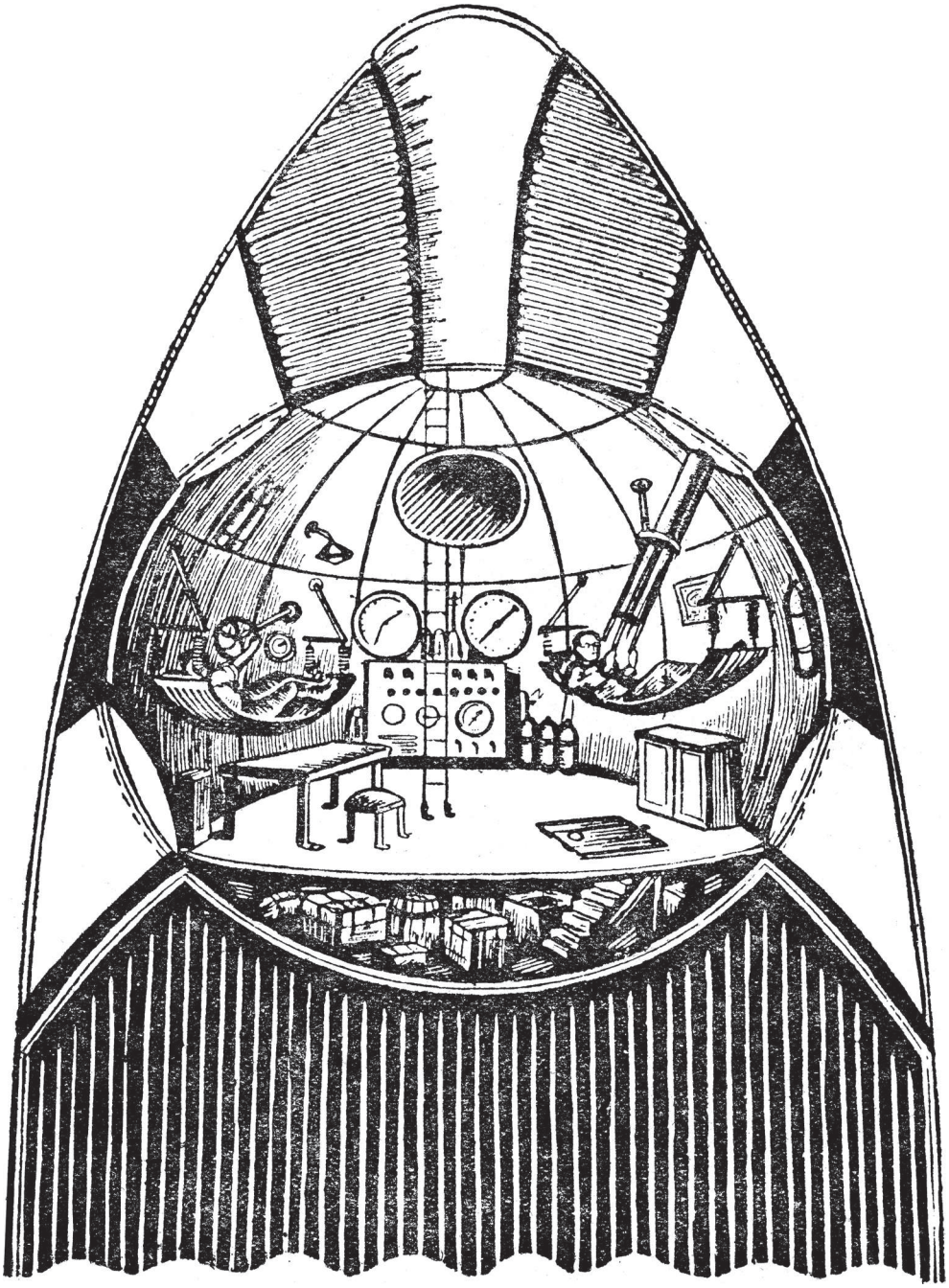
Чтобы довести воду до кипения, при нагревании ее обычным способом придется повозиться чуть ли не целые сутки. В самом деле: при обычных условиях вода в кастрюле нагревается сравнительно быстро только потому, что нижние, нагретые слои воды, как более легкие, вытесняются вверх холодными, вышележащими; перемешивание это происходит само собой, пока все слои воды не нагреются до кипения. Но пробовали ли вы нагревать воду сверху? Попробуйте, положите горячие угольня на металлическую крышку полной кастрюли; вы убедитесь, что это бесконечная история: нагретый слой

---

[1] Это ошибочное утверждение: трение присутствует всегда (*примеч. ред.*).

[2] Если вы можете раздобыть спирт (хотя бы денатурат) и прованское масло, то вам легко будет убедиться в этом, даже и не совершая лунного перелета. Разбавляя спирт водой, составьте смесь такой крепости, чтобы введенная в нее капля масла не тонула и не всплывала. Прибавляя трубочкой к первой капле вторую, третью и т. д, вы убедитесь, что вся введенная в спирт масляная масса получит не бесформенные очертания, а соберется в шар. Это оттого, что масло в таком разбавленном спирте теряет, по закону плавания, целиком свой вес.

[См. «Занимательную физику. Книгу первую», главу «Естественная форма жидкости» (*примеч. ред.*).]



Каюта будущего ракетного корабля

останется наверху, теплота будет передаваться нижеследующим слоям только через воду же, — а теплопроводность воды, как известно, ничтожна; можно довести воду вверху сосуда до кипения и в то же время удерживать на его дне нерастаявшие куски льда. В невесомом мире звездолета также не будет перемешивания слоев при нагревании жидкости: ведь нагретые и ненагретые слои одинаково невесомы; следовательно, вскипятить невесомую воду в кастрюле обычным путем, без специальных мешалок или электрических приборов, довольно трудно.

В невесомой кухне невозможно и жарить на открытой сковороде: упругие пары масла тотчас же отбросят жаркое к потолку. По той же причине — отсутствие перемешивания нагретых частей — нужны особые заботы, чтобы отопить каюту каким-либо нагревательным прибором.

Зато многие предметы обстановки почти излишни в этом мире без тяжести. К чему стулья, если вы можете висеть в воздухе в любом положении, не утомляя ни единого мускула? Стол тоже бесполезен: все поставленное на него унесется, как пух, при малейшем толчке или дуновении. В каюте он заменен особым станком с зажимами. Мебель обычного образца нужна только в те кратковременные промежутки, когда ракетный корабль не летит, а находится на стоянке. Не нужна вам и кровать: вы не удержитесь на ней ни одной минуты — при малейшем движении улетите прочь; пружинный тюфяк будет бросать ваше тело к потолку, как мяч. Чтобы спать покойно, без невольных странствований по всем углам каюты, необходимо пристегнуть себя ремнями к своему ложу. Тюфяк — излишний предмет там, где нет тяжести; вам мягко и на жестком полу: ведь ваше тело ничего не весит, не давит на пол, а следовательно, вы не будете испытывать жесткость.

Приключения такого рода не всегда бывают вполне безопасны; иной раз они могут иметь и печальные последствия. Если бы, например, вы имели неосторожность захватить с собой на ракетный корабль семечек, гороха, сахарного песку, вообще какой-нибудь сыпучий продукт, то едва открыли бы вы пакет, как невесомое содержимое его рассеялось бы в воздухе каюты. Этим засоренным воздухом поневоле пришлось бы дышать, и тогда, попав в дыхательное горло, соринки легко могли бы вызвать удушье. Поэтому никакие сыпучие вещества из предосторожности не должны допускаться на борт звездолета.

Любопытное явление заметили бы вы, если бы пытались зажечь в невесомой обстановке спичку. Она не стала бы гореть. Причина та, что продукты горения, будучи негорючи, окружили бы спичку, прекратили бы доступ кислорода, и пламя погасло бы. В обычной, весомой обстановке этого не происходит потому, что нагретые продукты горения, как более легкие, вытесняются вверх холодным, более тяжелым окружающим воздухом. Где ничто не имеет веса, там все газы одинаково невесомы, и обычных на Земле течений не происходит. Теперь вам понятно, что в каюте ракетного корабля применимы только элетрические, беспламенные нагреватели.

* *
*

Но пора заглянуть за борт корабля, окинуть взором те небесные пространства, через которые вы пролетаете. Давно уже можно убрать наружные ставни с окон каюты; атмосфера Земли осталась далеко позади, и нечего опасаться, что стекла расплавятся от трения о воздух[1]. Вот ставни откинуты. Яркий солнечный свет заливает каюту, — можете выключить электролампочки. Больно смотреть на Солнце, — оно заметно ослепительнее, чем на земном небе. Сказывается отсутствие толстого воздушного слоя, поглощающего часть солнечного света и тепла на Земле. Вокруг Солнца ясно различается серебристое сияние его «короны».

Странная вещь: Солнце ярко сияет, а небо черно, как сажа, и на нем отчетливо светят тысячи немигающих звезд. Это тоже следствие отсутствия атмосферы. Земное небо мы видим синим, потому что воздушные частицы отбрасывают в наш глаз синюю составную часть солнечного света, пропуская мимо себя остальную его часть. Где нет воздуха, там нет частиц, посылающих в наш глаз лучи света; отсутствие же света воспринимается глазом как черный цвет. Оттого небо и кажется нам из окна каюты черным.

По той же причине видны и звезды. На земном небе мы не видим их при сиянии Солнца потому, что лучи теряются в отраженном свете синего свода неба. За пределами атмосферы звезды должны быть видны и днем, рядом с Солнцем. Мерцание звезд также обусловлено атмосферой: где ее нет, звезды не мигают.

Через одно из окошек вы видите полумесяц — белый, яркий, но пока еще почти не увеличенный: мы недостаточно приблизились к Луне, чтобы видеть ее увеличенной. Но что это виднеется на противоположной стороне? Какой-то огромный светлый полукруг с размытыми краями. Он похож на полумесяц, но гораздо крупнее и обращен дугой в противоположную сторону. Почему вы никогда не видели этого светила с Земли? Очень просто: вы жили на нем и, конечно, не могли видеть на небе то, что находилось под вашими ногами. Это не что иное, как земной шар, недавно вами покинутый. Теперь вы собственными глазами убеждаетесь, что и Земля — небесное светило[2], и что все мы, в сущности, жители неба.

Пилот предлагает вам совершить прогулку за борт ракетного корабля. Вы готовы думать, что он шутит. Как! Покинуть каюту, кинуться в бездонную

---

[1] Точнее — не от *трения* о воздух, потому что ракета увлекает прилегающий воздух с собой, а от сильного его *уплотнения*.

[Если быть еще более точным, причиной нагревания ракет (самолетов, метеоров и прочих быстролетящих объектов) является *аэродинамический нагрев* (*примеч. ред.*).]

[2] Здесь нет ошибки: *небесным светилом* называют любой астрономический объект, излучающий собственный или *отраженный* свет (это синоним понятия «небесное тело» (*примеч. ред.*).

глубь небесного пространства, в его леденящий холод, в пустоту, где невозможно дышать! Успокойтесь: прогулка нисколько не опасна. Вы никуда не упадете, не замерзнете, не задохнетесь. Скорость, с какой вы сейчас в каюте мчитесь в мировом пространстве, останется при вас и тогда, когда вы покинете корабль: об этом позаботится закон инерции, который господствует во всем мироздании. А если вы будете за пределами корабля нестись с одной с ним скоростью, то не отстанете от него и, значит, никуда не упадете.

Но отсутствие воздуха? Но холод? Однако вы покинете каюту в специальном снаряжении, которое и будет снабжать вас воздухом. Пилот показывает вам резиновый[1] костюм с металлическим шлемом, весьма сходным с водолазным. От шлема ведет трубка к баллону с сжатым воздухом: вы будете иметь этот баллон за спиной, словно ранец; воздуха в нем достаточно для кратковременной прогулки. Снаряжение нисколько не обременит вас: сколько бы оно ни весило на Земле, здесь оно не весит ровно ничего. Что же касается холода, то недаром ваш водолазный костюм (его, пожалуй, следовало бы назвать «пустолазным») окрашен в черный цвет[2]: на ярком Солнце он нагреется настолько, что вам холодно не будет. Не пришлось бы жаловаться, что чересчур жарко. Итак, безбоязненно облачайтесь в «пустолазный» костюм, откройте двойные («шлюзовые») двери каюты и кидайтесь в небо. Пилот снабжает вас пистолетом. Это для чего? Неужели в небе имеется «преступный элемент», которого нужно опасаться? Конечно, нет: ваш пистолет — оружие передвижения. Ведь вернуться на ракету не так просто, как с нее соскочить. Сколько бы вы ни барахтались в пространстве, вам не сдвинуться с места: не от чего оттолкнуться. Тут-то и выручит вас пистолет: стреляйте в сторону, противоположную той, куда хотите двинуться, и отдача толкнет ваше тело, куда вам надо[3]. Полет будет медлительный (ваше тело утратило вес, но не потеряло своей «массы»), однако он приведет вас к цели.

* * *

На Земле вы привыкли к смене дня и ночи. Здесь, на ракете, в небесном пространстве, нет подобной смены. Часы тянутся однообразно, один как другой. Скоро истечет уже сто часов, как мы покинули земной шар, сияющий там, вдали. Теперь он уже значительно меньше и имеет форму не полукруга, а узкого серпа. Напротив, Луна заметно разрослась, стала вдесятеро крупнее и из полумесяца превратилась почти в круг. Вы пролетели уже девять десятых всего пути. Скоро вы промчитесь через ту границу, где слабеющее притяжение Земли становится равным усиливающемуся притяжению Луны.

---

[1] В современных космических скафандрах в основном используют огнестойкий нейлон либо лавсан (*примеч. ред.*).

[2] Для открытого космоса больше подходит скафандр полностью белого цвета — как раз для защиты от перегрева на Солнце (*примеч. ред.*).

[3] Проще и безопаснее воспользоваться *фалом* — страховочным канатом (*примеч. ред.*).

Ракетный корабль подлетает к Луне.

С этого момента вы перейдете во власть лунного притяжения; власть Земли кончится.

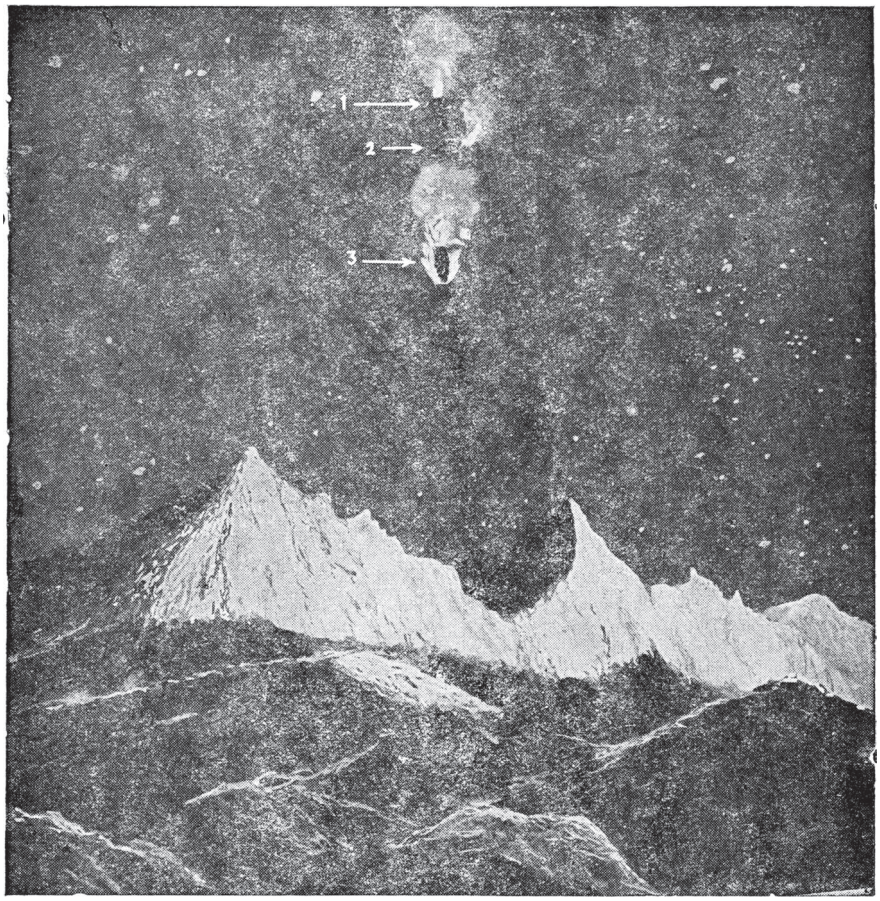
Вот этот рубеж достигнут. Теперь вы можете сказать, что ваш корабль уже не *летит* на Луну, а попросту *падает* на нее. Сначала крайне медленное, падение это с каждым часом становится быстрее. Еще 30 часов, и корабль очутится на поверхности Луны. Нельзя допускать, чтобы он рухнул на лунную почву со скоростью падения: это был бы катастрофический конец перелета. Надо принять меры, чтобы ослабить удар ракеты о почву. И пилот позаботится об этом в последние минуты падения.

Пока же вы можете спокойно изучать расстилающийся перед вами лунный мир. Как он не похож

Какой видна будет Луна из окон ракетного корабля

«Вы можете изучать расстилающийся перед вами лунный мир»

на земной! Прежде всего, Луна гораздо меньше Земли: полная ее поверхность равна пространству азиатского материка. Вы можете охватить взглядом только одно полушарие Луны — площадь величиной с Африку. Ни одно облачко не застилает открытой перед вами картины; она не закрывается даже дымкой тумана. Луна совершенно лишена атмосферы: там нет ни облаков, ни туманов, ни дождей, ни воды, ни морей, ни рек. Сухой, безводный мир ожидает вас впереди, — мир, лишенный растительности и живой природы, мир, где нет и не может быть обитателей. Как бы ни старалось воображение романистов населить лунные пустыни живыми существами, — это будут лишь создания человеческой фантазии. Реальная Луна безжизненна.



Спуск ракетного корабля на Луну:
1 — ракета начинает поворачиваться;
2 — момент поворота;
3 — в таком положении корабль снижается на лунную поверхность

И все-таки этот загадочный мир влечет к себе мысль человека, стремящегося раскрыть все его тайны. Жадно бродит ваш взгляд по обширным лунным низменностям, которые некогда ошибочно получили от земных ученых название «морей»; с любопытством всматриваетесь вы в многочисленные воронкообразные лунные горы, рассыпанные всюду, большие и крошечные; следуете взглядом за цепями лунных гор, окаймляющих некоторые безводные моря Луны. Все это сделано словно из мела; и на белом фоне особенно резко выступают черные тени отдаленных гор и целых хребтов.

От внимательного глаза вашего не ускользает вращение Луны. Она и в самом деле вертится вокруг оси чрезвычайно медленно: один ее оборот совершается

в месячный срок. Обходя в то же время вокруг Земли, Луна всегда оказывается повернутой к ней одной и той же своей половиной. Никогда не обращает она к Земле противоположной половины, и как устроено это скрытое от нас полушарие Луны, — никто не знает. Для того-то и нужно облететь Луну кругом, чтобы узнать, что делается на ее невидимой для нас половине[1].

Вы уже настолько близко подлетели к Луне, что пора подумать о спуске. Пилот выполняет ответственный маневр: начинает вновь сжигание горючего и, отклонив немного вбок выпускную трубу, заставляет корабль описать в пространстве полукруг. В результате ракета оказывается повернутой отверстием трубы уже не к Земле, а к Луне. Теперь вытекание газов уменьшает скорость, накопленную ракетой при падении. Темп замедления таков, что к моменту, когда звездолет находится у самой лунной поверхности, скорость его равна нулю. Плавно, без толчка ракетный корабль садится на лунную почву. Вы достигли места назначения.

13. Один час в лунном мире

Вы на Луне, — но пока еще внутри тесной каюты. Вам хочется ступить ногой на лунную почву, побродить по склонам ее гор, спускаться в их странные воронки, собрать образцы лунных пород и минералов. Ну что ж, вы ведь уже совершили раз экскурсию в пустое пространство и знаете, как это надо делать. Надевайте «пустолазный» костюм с запасом воздуха в баллоне за вашей спиной, открывайте двойную дверь каюты и спрыгивайте на лунную почву.

К вам вернулось ощущение тяжести, от которого вы успели было уже отвыкнуть за 130 часов небесного перелета. Но тяжесть здесь, на Луне, не та, что на Земле: она заметно слабее. Это не обман чувств; Луна действительно притягивает вещи на своей поверхности с меньшею силою, чем Земля, — с меньшею в шесть раз. Оттого на Луне вещи весят лишь шестую долю того, что весили бы они на Земле. Килограммовая гиря, подвешенная к крючку пружинного безмена, вытянула бы на Луне всего лишь 170 граммов. Это слабое притяжение — причина того, что на Луне нет атмосферы: не удерживаемая достаточной силой, лунная атмосфера, если и существовала когда-нибудь, давно должна была рассеяться в окружающем ее пустом пространстве.

В лунном мире вы можете зато показывать чудеса ловкости и силы. Подпрыгните, — вы подниметесь метра на четыре. Разбежавшись, можете сделать прыжок длиною метров в двадцать. Огромный камень, который на Земле вы и не подумали бы приподнять, здесь, на Луне, подкидывается вами, как мяч. Все это потому, конечно, что лунная тяжесть вшестеро слабее земной. Дальность стрельбы здесь невероятная: пуля из винтовки должна залететь

[1] Впервые обратная сторона Луны была сфотографирована советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3» 7 октября 1959 г. (*примеч. ред.*).

Вид на Луне. На черном небе виден земной шар, надвигающийся на диск Солнца. Ярким ободком обрисовывается земная атмосфера, преломляющая лучи солнечного света. Для Луны наступает момент полного солнечного затмения

в 20 раз дальше, чем на Земле, — потому что на Луне нет воздуха, нет помехи полету пули; и еще в 6 раз дальше, — потому что сила тяжести в 6 раз слабее. А в общем итоге пуля залетела бы на Луне в 20 × 6, т. е. в 120 раз дальше, чем на Земле. Если на Земле наибольшая дальность полета пули 4 километра, то на Луне — 480 километров! Другая особенность стрельбы на Луне та, что выстрела совершенно не слышно: где нет воздуха, не может быть и звука.

Небо на Луне так же черно, как и в мировом пространстве, и на нем так же ослепительно сияет Солнце и не мигая светят звезды. Вокруг Солнца вы видите его слабую жемчужную оболочку, которая с Земли видна только в моменты полного солнечного затмения. Это загадочная «корона» Солнца; что она такое, — ученые не знают[1]. По размерам круг Солнца не больше того, какой мы видим с Земли, хотя теперь мы на 400 тысяч километров дальше от Солнца. Но что значит 400 тысяч, даже целый миллион километров по сравнению с 150 миллионами километров расстояния от Солнца?

На лунном небе должно быть видно еще одно светило — наша Земля; но сейчас она обращена к Луне своей неосвещенной (лучами Солнца) половиной; мы можем лишь угадывать ее присутствие на небе потому, что ею заслонена часть звездной пыли, густо устилающей черный свод неба. Иной раз Земля может заслонять собой не только звезды, но и Солнце; тогда на Луне бывает солнечное затмение (а на Земле в это же самое время наблюдается лунное затмение, — Луна погружается в тень Земли).

Побродив по Луне, собрав коллекции, сделав снимки лунных видов, вы собираетесь в обратный путь. Дальних путешествий в лунном мире предпринимать в вашем снаряжении нельзя, — в баллоне не хватит воздуха для дыхания. Приходится ограничиться небольшой прогулкой вокруг места посадки звездолета. Итак, — в обратный путь. Снова забираетесь в каюту, снова укладываетесь на койку в ожидании отяжеления. Раздается рев горения в машинном отделении, ракетный корабль медленно снимается с лунной почвы и, все ускоряя бег, устремляется в черную бездну неба.

Сто тридцать часов обратного путешествия не богаты новыми впечатлениями. Все это вы уже пережили при перелете с Земли на Луну. Новостью является для вас лишь сложный маневр спуска на Землю, когда пилот, возобновив горение последних остатков ракетного заряда, начнет описывать спиральные петли около земного шара. При каждом облете Земли корабль задевает атмосферу и, тормозясь о нее, замедляет свое движение. Наконец, скорость сделалась уже настолько мала, что пилот решается совершить планирующий спуск на землю, а еще лучше — на воду, во избежание толчка. Это, пожалуй, самый опасный момент всего путешествия. Если маневр пройдет удачно, вы сможете приветствовать ваших друзей и предъявить им образчики посещенной вами лунной природы.

---

[1] *Солнечная корона* — верхний, самый разреженный и горячий слой атмосферы Солнца, состоящий из плазмы (электронов и ионов) (*примеч. ред.*).

Так будут происходить лунные перелеты тогда, когда люди научатся строить большие ракетные корабли. Так или примерно так; подробности предусмотреть, конечно, невозможно.

14. Мир планет

Луна — ближайшее к нам небесное светило; вполне естественно, что она будет первой станцией в будущих небесных путешествиях. Куда потом можно будет лететь? Что еще можно посетить на небе, кроме Луны?

Можно направить путь на некоторые планеты. Но прежде чем говорить об их посещении, побеседуем о том, что они собою представляют[1].

В необъятном море ярких точек, усеивающих звездное небо, есть светила, которые в миллионы раз ближе к нам и совершенно иначе устроены, нежели все остальные звезды. Для беглого взгляда они теряются среди тысяч других; лишь порою яркость некоторых из них и спокойный, немерцающий свет привлекают к ним наше внимание. Если, заметив такие светила, мы станем следить за ними изо дня в день, запоминая положение их среди соседних, то вскоре обнаружим у них существенную особенность. Все прочие звезды от восхода до захода плывут по небу в стройном единении друг с другом, не изменяя очертаний составляемых ими фигур (созвездий); эти же немногие светила постоянно нарушают согласное шествие небесного воинства: они движутся то медленнее остальных, отставая от общего течения, то, напротив, забегают вперед, постепенно меняя свое положение среди неизменных узоров звездного неба.

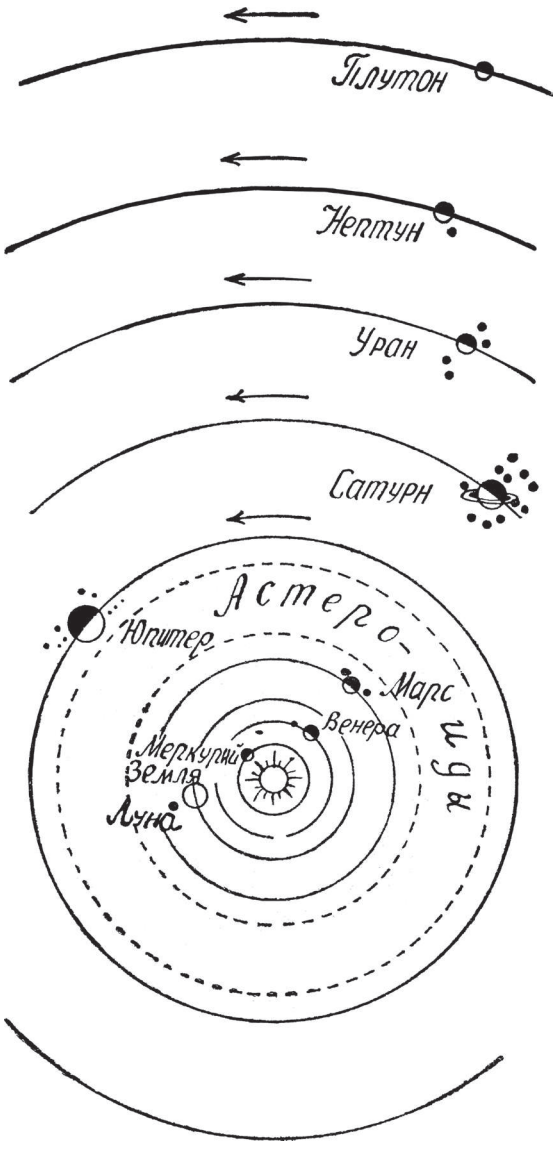
Загадочная особенность этих звезд замечена была уже в глубокой древности. Люди давно выделили их из тысяч других, присвоив им общее название «планет», т. е. (по-гречески) «странствующих» или «блуждающих» светил. Каждая планета получила имя одного из древних божеств; эти названия — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн — и теперь еще сохранились за планетами на языках многих народов.

Что такое эти «странствующие звезды», люди постигли сравнительно недавно. Всего три столетия отделяют нас от того времени, когда бессмертный Галилей — первый человек, направивший на небо зрительную трубу, — мог убедиться, что планеты не самосветящиеся тела, а огромные темные шары, небесные сестры нашей Земли, лишь озаренные Солнцем. Они такие же миры, как и обитаемый нами земной шар, только видимые с огромного расстояния.

---

[1] Дальнейший текст даной главы написан Я. П. на основании начальных глав книги 1919 г. «Далекие миры» (см. с. 219 настоящего издания). Любознательный читатель может сравнить эти тексты и отметить, какие взгляды автора изменились за 15 лет активной публицистической деятельности вследствие открытий и уточнений, выполненных действующими астрономами (*примеч. ред.*).

В таком страшном отдалении наша холодная Земля, залитая лучами Солнца, казалась бы тоже светящейся звездочкой. Эти немногие далекие миры составляют вместе одну широко раскинувшуюся планетную семью, одну «систему», в которой Солнце занимает центральное и первенствующее положение, могучим своим притяжением обусловливая ее прочность. А далеко за крайней планетой нашей системы, в бездонных глубинах небесного пространства, горят и светят другие раскаленные солнца — звезды; вокруг них также, быть может, кружат тяготеющие к ним планеты, — но мы о них ничего не знаем. Самые могущественные телескопы, в тысячи раз усиливающие силу нашего зрения, недостаточны, чтобы показать нам эти звездные планеты. Расстояния звезд непостижимо огромны: ближайшая звезда удалена от нас в 300 000 раз больше, нежели Солнце, а остальные еще в десять, сто, тысячу раз дальше этой ближайшей звездной соседки.

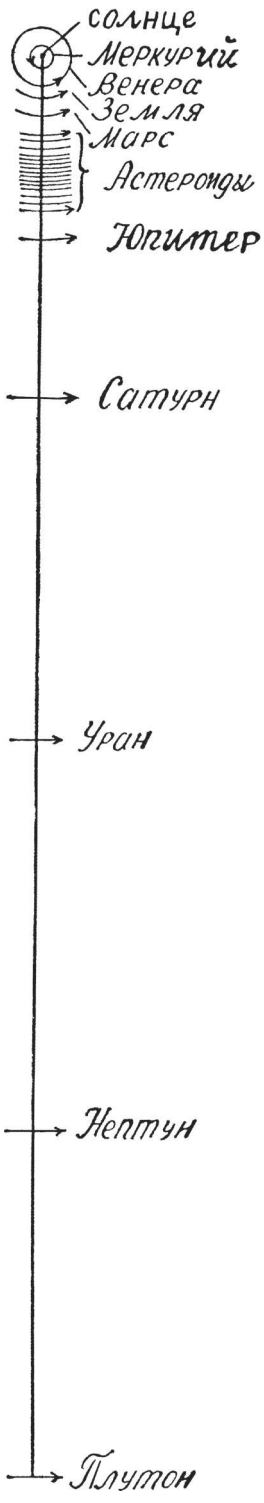


План Солнечной системы.
Как расположены пути планет вокруг Солнца
(без соблюдения масштаба)

Изучению доступны пока только те планеты, которые кружатся около нашего Солнца. Сколько их? Древние, не знавшие телескопа, насчитывали всего пять планет[1], сколько видим и мы невооруженным глазом. Телескоп значительно обогатил нашу планетную систему: он показал нам

[1] Собственно, не 5, а 7, потому что древние называли Солнце и Луну также планетами.

Более точное изображение планетных расстояний



9 крупных, главных планет (с их спутниками) и свыше тысячи мелких. Подчиняясь притяжению огромного Солнца, все члены этой многочисленной семьи безостановочно движутся вокруг него по замкнутым путям — *орбитам*.

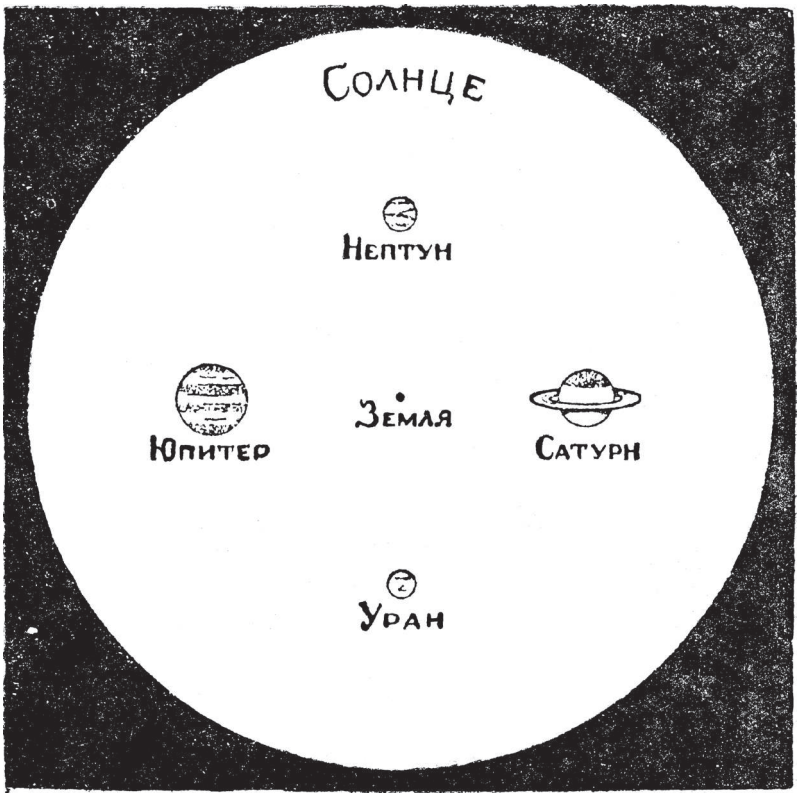
В пространствах Вселенной планетные пути не отмечены, конечно, никакими вещественными знаками, но силы и законы, управляющие движением планет, действуют с таким постоянством, что орбита каждой планеты почти неизменно сохраняет одну и ту же форму, словно миры скользят по невидимым рельсам. Кроме того, пути главнейших планет расположены почти все в одной плоскости. Поэтому оказывается возможным изобразить на чертеже наглядный план нашей планетной системы.

Такой схематический план частью представлен здесь на рис. (см. стр. 382 и 383). Маленький круг — путь Меркурия — планеты, ближайшей к Солнцу. Орбиту эту охватывают орбиты (не изображенные полностью) следующих более отдаленных от Солнца планет. Второй круг, считая от центра, изображает орбиту Венеры; на третьем месте — наша Земля; на четвертом — Марс. Затем следует широкая полоса тесно сближенных орбит множества мелких планет — *астероидов*. Ее охватывают орбиты Юпитера, затем — Сатурна, Урана, Нептуна и, наконец, Плутона[1].

Ради простоты часто изображают орбиты в форме кругов. В действительности же планетные орбиты — сжатые круги, а Солнце находится не в серединной точке каждого эллипса, а несколько сбоку от центра. Отсюда происходит, между прочим, то, что, обращаясь вокруг Солнца, каждая планета не отстоит от него все время на одинаковом расстоянии, а то приближается к нему, то удаляется.

Нетрудно охватить взглядом план расположения планетных путей, — но никто не в силах объять те огромные расстояния, на которые они раскинуты. Промежуток, отделяющий Солнце от Земли, равен

[1] См. комментарий на с. 109 (*примеч. ред.*).



Величина Солнца по сравнению с размерами крупнейших планет

150 000 000 километров. Можем ли мы отчетливо представить подобную дистанцию, в 11½ тысяч раз превышающую поперечник земного шара? Кругосветное путешествие длится целый месяц, достижение же Солнца теми же средствами потребовало бы 300 лет. Звук, проносящийся через воздух со скоростью километра в три секунды, пролетел бы при такой же скорости от Земли до Солнца только в 14 лет. Но Земля кружится еще далеко от границы Солнечной системы.

Чтобы не обременять памяти огромными числами, поступим так, как поступают астрономы: примем среднее расстояние Земли от Солнца за единицу меры и перемерим ею небесные расстояния. Тогда не придется уже выписывать длинные ряды цифр. Расстояние Меркурия и Венеры от Солнца выразится приблизительно в 0,4 и 0,7 нашей единицы длины. Марс окажется на расстоянии 1,52 таких единиц от Солнца, Юпитер — на расстоянии 5,2, Сатурн — 9,5, Уран — 19,2, Нептун — 30,1 и, наконец, Плутон, кружащийся на самой далекой окраине нашей планетной системы, закинут от Солнца в 39,5 раз дальше Земли.

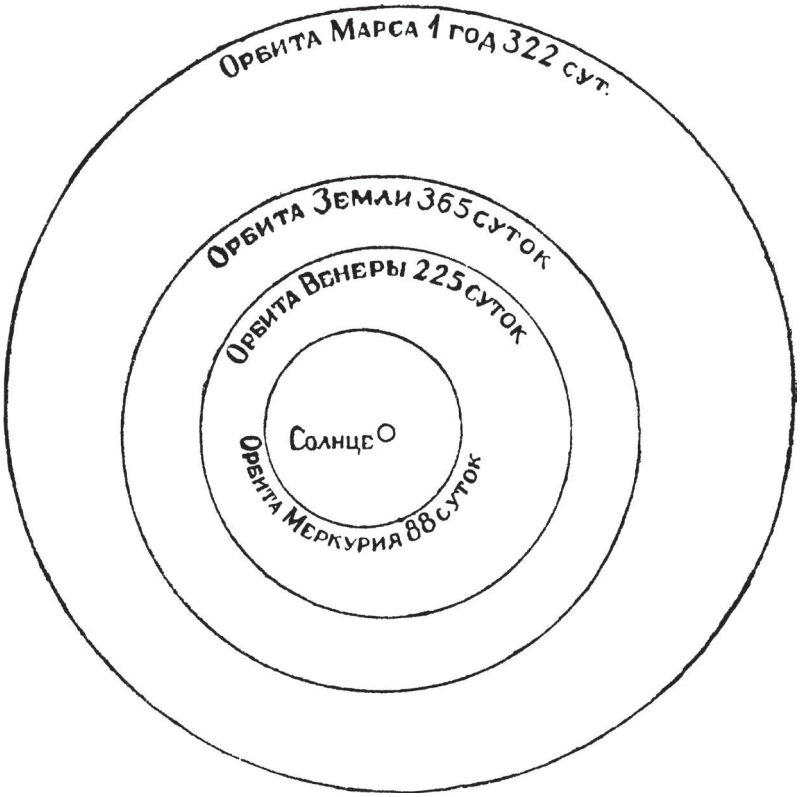
Уменьшенное подобие Солнечной системы, составленное из самых обыденных предметов, соответственно удаленных друг от друга, еще более поможет нам запомнить эти отношения. Пусть горошинка изображает земной шар. Как далеко от нее надо поместить предмет, изображающий Солнце, — шар поперечником в полметра? 11½ тысяч горошин, выстроенных по прямой линии сплошным рядом, составят около 60 метров, — здесь и следует поместить «Солнце». В 300 метрах от этого «Солнца» будет кружиться Юпитер; в соответствии с горошиной — «Землей», ему надо придать размеры яблока. Нептун, величиной с вишню, придется отодвинуть уже почти на 2 километра. А последняя планета — Плутон будет отстоять почти на 2½ километра. Следовательно, обитаемый нами мир по сравнению с пространством всей Солнечной системы так же ничтожен, как ничтожна горошина на круглой равнине в 5 километров поперечником, т. е. площадью в целый крупный город.

Постараемся также уяснить себе, как страшно уединено в пространстве наше Солнце с его планетами от остальных далеких солнц Вселенной. На нашем примере, где Земля — горошина, а поперечник всей планетной системы равен 5 километрам, ближайшая звезда оказалась бы на расстоянии 18 000 километров (полтора поперечника земного шара). Межзвездные пустыни, отделяющие во Вселенной одну солнечную систему от другой, примерно во столько же раз превосходят поперечник земного шара, во сколько раз этот поперечник больше ширины горошины!

Какие же планеты из перечисленных раньше можно рассчитывать посетить? По причинам, которые станут ясны позже, при современном уровне техники речь может идти о путешествиях лишь на две соседние планеты — на Венеру и на Марс. Это к тому же и самые интересные для нас из всех планет, потому что только на них можно подозревать существование живой природы. Климат и устройство прочих планет не дают оснований для подобного допущения. Что же представляют собою Венера и Марс?

Путь Венеры лежит в 40 миллионов километров от пути земного шара. Из всех планетных сестер нашей Земли Венера подходит к нам на самое близкое расстояние (если не считать некоторых маленьких астероидов). Правда, это «самое близкое» расстояние почти в сто раз больше расстояния Луны от нас, но в глазах астрономов 40 миллионов километров — еще довольно тесное соседство. Так как и Земля и Венера кружатся вокруг Солнца, то Венера не всегда, конечно, находится в таком близком 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 находятся по одну сторону Солнца. Вот почему расстояние между Землей и ее небесной соседкой колеблется от 40 до 260 миллионов километров. А соответственно удалению меняются, конечно, также яркость и видимые размеры Венеры.

Точные измерения Венеры установили удивительный факт: она имеет одинаковые с Землей размеры.



Пути ближайших к нам планет

Плотность обоих миров также почти одинакова; поэтому на поверхности их должно быть примерно одно и то же напряжение тяжести: земной килограмм, перенесенный в этот соседний мир, весил бы также около 1 килограмма.

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, живая природа, или же это огромная безжизненная глыба мертвой материи, как Луна?

С достоверностью можно сказать, что на Венере есть атмосфера, притом более высокая и плотная, чем на Земле. В этой густой атмосфере вечно плавают плотные облака, которые еще недавно считались водяными. Почти сплошной пеленой застилают они небо в этом мире и скрывают от нас его поверхность. Ни один астроном не может поэтому сказать, что видел какую-нибудь подробность на поверхности самой планеты Венеры, а не на ее облачном покрывале.

Благодаря близости к Солнцу, Венера обегает свою орбиту быстрее Земли: 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, застилая лик Венеры, не позволяет нам решить вопрос о том, как чередуются в этом мире дни и ночи; не установлено, в какой срок шар Венеры совершает полный оборот вокруг своей оси. Понятно, почему так трудно узнать это; ведь в телескоп не видно твердой поверхности Венеры, следовательно, нет никаких постоянных отметин, по которым можно было бы судить о вращении планеты. И еще недавно среди астрономов царило разногласие по вопросу о продолжительности «суток» Венеры. Одни полагали, что Венера вращается чрезвычайно медленно, именно, что сутки ее равны году, т. е. в 225 раз длиннее земных; тогда Венера должна быть вечно обращена одной и той же стороной к Солнцу, между тем как другое ее полушарие погружено в вечный мрак и холод. Другие утверждают, что сутки Венеры гораздо короче. Измерения последних лет больше говорят за правильность второго мнения: сутки Венеры, по-видимому, равны полутора-двум нашим декадам.

Достоверные сведения о ближайшем к нам мире, как видите, немногочисленны. Ничего не известно о его материках; мы не знаем даже, существуют ли на Венере горы и т. п. А о климате можем строить только догадки. Надо думать, что на этой планете очень жаркий, притом ровный климат, мало изменяющийся в течение года и от дня к ночи. Солнце светит вдвое ярче, чем у нас, но ясных дней почти не бывает. Плотный слой облаков без просвета застилает небесный свод, и если бы мы родились на Венере, мы никогда не видали бы картины звездного неба.

Что касается живой природы, какая мыслима на этой планете, то еще недавно с большой вероятностью допускали там жизнь, сходную с земной. Но исследования последних лет открыли, что в атмосфере Венеры нет кислорода. Точно так же установлено отсутствие в атмосфере Венеры водяных паров. Облака Венеры не представляют собою, как думали раньше, сгущенных паров воды: в этом мире, по-видимому, нет воды. Облака Венеры — одна из загадок планетной астрономии; скорее всего, это пылевые образования, вызванные бушующими в ее атмосфере вихрями, которые поднимают густые клубы песчаной пыли. Сама же атмосфера, по-видимому, состоит из азота. Можно ли допускать существование живой природы в среде без воды и свободного кислорода? Такой жизни, как на Земле, там быть не может. Но отвергать существование на Венере всякой жизни было бы неосмотрительно. Нельзя брать на себя смелость утверждать, что жизнь не может воплотиться в иные формы, непохожие на те, которые мы привыкли видеть вокруг себя.

Другой сосед Земли — Марс — изучен лучше Венеры, потому что условия его наблюдения гораздо благоприятнее. Венера в пору наибольшей близости к Земле обращена к нам неосвещенной своей половиной и потому не может быть наблюдаема. Марс напротив, когда бывает к нам всего ближе, смотрит на Землю своим освещенным полушарием. Это значительно облегчает его изучение.

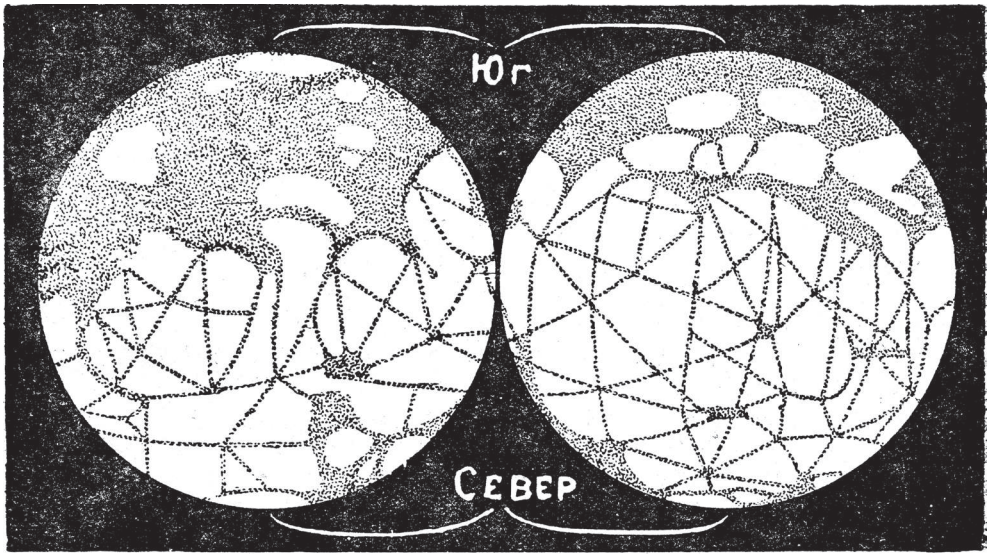
Как далек от нас этот мир? Вследствие вытянутости орбит Земли и Марса небесные пути их не везде одинаково отстоят друг от друга. Там, где обе орбиты всего теснее сближены, расстояние между ними равно 55 миллионам километров. Ближе чем на 55 миллионов километров Земля и Марс не могут подходить друг к другу. Но и в таком соседстве обе планеты бывают довольно редко — именно каждые 16 лет, во время так называемых «великих противостояний» Марса. С нетерпением ожидают астрономы этих редких моментов и спешат воспользоваться кратковременной близостью, чтобы изучать нашего загадочного соседа. 1924 год был одним из таких драгоценных для астрономов периодов. Но благоприятное время длится недолго: подобно случайно встретившимся путникам, обе планеты скоро вновь расходятся, так как Земля в безостановочном беге кругом Солнца перегоняет Марс. Через два года планеты сближаются снова, — но теперь находятся уже в тех местах орбит, где их разделяет большее расстояние. С каждой следующей встречей, повторяющейся примерно в двухлетний срок, взаимное расстояние Земли и Марса в момент сближения все возрастает, доходя до 90 миллионов километров. Затем планеты при встречах вновь сближаются.

По размерам Марс — одна из самых маленьких планет (главных) нашей системы. Он по объему больше Меркурия и, вероятно, Плутона, но в 7 раз меньше Земли; поверхность же его меньше земной раза в четыре, т. е. равна поверхности только сухой части нашей планеты. Из всех планет Марс отличается наименьшим напряжением тяжести: на нем тела весят почти втрое меньше, чем на Земле.

От Солнца Марс отстоит в 1½ раза дальше, нежели Земля, и обегает обширную свою орбиту в 687 земных суток; следовательно, его «год» почти равен двум земным, а каждый сезон — весна, лето, осень и зима — продолжается около 6 наших месяцев. Но «сутки» Марса близки к нашим: они длятся 24 часа 37 минут. Этот маленький мир должен иметь те же три климатических пояса, как и Земля: жаркий, умеренный и холодный, и также расположенные, как и на Земле. Однако там должно быть холоднее, чем на Земле.

В сильные телескопы можно видеть, что вокруг Марса обращаются две луны. Они крошечные: поперечник каждой из них не больше двух-трех десятков километров; странно даже называть эти небесные пылинки мирами. Других столь маленьких лун мы не знаем во всей Солнечной системе; наша Луна с поперечником в 3½ тысячи километров, — гигант рядом с этими пигмеями. Обе луны Марса обращаются на сравнительно близком расстоянии от него: одна удалена от поверхности планеты на 5½ тысяч километров, другая — на 20 тысяч; это гораздо меньше тех 400 тысяч километров, которые отделяют Землю от Луны.

Но обратимся к самой планете, так сильно интересующей астрономов и всех нас. Большинство астрономов согласно в том, что Марс окружен разреженной атмосферой, вдвое менее плотной, чем воздух на наших высочайших горных вершинах. Барометр, перенесенный на Марс, показывал бы давление



Планета Марс с ее материками (белые участки) и предполагаемыми «каналами». Показаны карты обоих полушарий

в 7–8 раз меньшее, чем обычное у нас[1]. Под таким слабым давлением вода должна кипеть не при 100° (Цельсия), а всего лишь при 40°, и должна испариться гораздо быстрее, чем на Земле. Однако неплотная атмосфера Марса содержит небольшое количество водяных паров, и в ней почти никогда не бывает облаков. Лик Марса всегда ясен, в противоположность другой нашей небесной соседке Венере, скрывающей свое лицо под завесой густых облачных образований.

Мы уже сказали, что Марс более холодный, чем Земля, мир, Солнце скупо льет на него свои лучи. Удаленный от Солнца в 1½ раза дальше, нежели Земля, он получает света и тепла в 1½ × 1½, т. е. в 2¼ раза меньше нашей планеты. На земном шаре места, получающие от Солнца во столько же раз меньше теплоты, чем равный участок у экватора Марса, расположены примерно на широте Мурманска. Значит, если бы атмосфера Марса была подобна земной, то климат его был бы настолько же суровее климата Земли, насколько условия Мурманска хуже условий Цейлона. Последние измерения температуры на Марсе, сделанные в Лавелевской обсерватории, показывают, что она равняется от 7 до 18° тепла по Цельсию в экваториальных частях планеты: около полюсов она доходит до 60–70° (ниже нуля)[2]. Такая температура на экваторе

[1] Давление на поверхности Марса в 160 раз меньше земного (*примеч. ред.*).

[2] Температура на Марсе колеблется от −153°С на полюсах зимой и до +20°С на экваторе летом (*примеч. ред.*).

Марса соответствует холодному летнему дню у нас на Земле. Другие ученые приходят к несколько иным, хотя не особенно отличным выводам. Пока же все говорит за то, что Марс не такая мертвая, холодная пустыня, как это думает кое-кто еще до сих пор. Эти числа станут красноречивее, если вспомним, что средняя температура, например, Тобольска — около 0°. Зной наших летних дней на Марсе совершенно неизвестен.

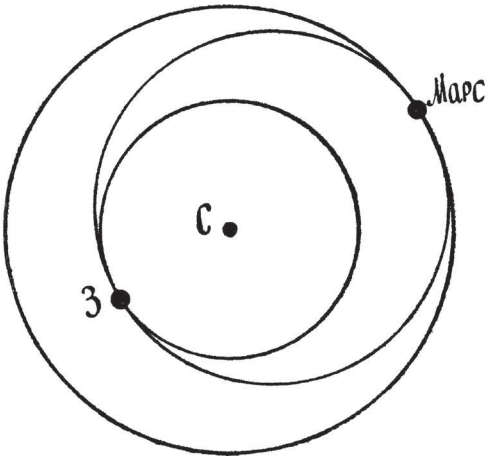
У Марса есть одна любопытная особенность, которая породила много толков и споров. На его поверхности замечены были тонкие прямые линии, которые прорезывают его материки. Одно время думали, что это не что иное, как каналы, искусственно вырытые для орошения материков. Раз так, то не приходилось уже сомневаться, что на этой планете есть разумные обитатели. Отсюда и пошла молва об обитаемости Марса. Однако, когда сооружены были очень сильные телескопы, то оказалось, что в эти могущественные трубы вовсе не видно каналов Марса. Постепенно выяснилось, что знаменитые каналы — не более как обман зрения, и что в действительности их не существует. Вместе с тем отпало и доказательство существования на Марсе искусных инженеров и техников. Однако это еще не значит, что Марс обязательно должен быть лишен всяких обитателей.

15. На Марс и Венеру

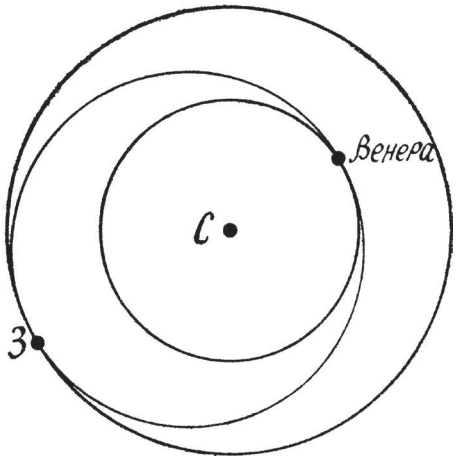
Полеты на планеты гораздо труднее осуществимы, нежели путешествие на Луну, главным образом из-за их гораздо большей отдаленности. Ближайшая планета — Венера — в сто раз дальше Луны, даже если лететь на Венеру тогда, когда она помещается всего ближе к Земле. Марс в ближайшем его положении в 150 раз дальше Луны.

Но не следует думать что лететь на эти планеты придется в моменты их наибольшей близости. Перелет по прямой линии хотя и кратчайший, но в данном случае — самый невыгодный: он требует такого огромного расхода горючего, каким совершенно немыслимо снабдить звездолет. Вспомним, что Земля несется вокруг Солнца со скоростью 30 километров в секунду. Такую же скорость имеет, конечно, и ракета, пока она находится на Земле. Но покинув Землю, ракета сохранит эту скорость — по закону инерции. Чтобы направиться к Марсу кратчайшим путем, звездолет должен лишиться этой 30-километровой скорости, относящей его в сторону.

Мы уже говорили прежде о том, что для остановки тела, движущегося с какой-нибудь скоростью, требуется столько же энергии, сколько и для придания телу этой скорости. Значит, отправляясь на Марс кратчайшим путем, звездолет должен начать с того, чтобы израсходовать огромный запас горючего для уничтожения 30-километровой скорости, а подлетая к Марсу, который мчится вокруг Солнца с 24-километровой секундной скоростью, звездолету придется для успешной безопасной посадки приобрести скорость движения Марса.



Маршрут путешествия с Земли (буква З) на Марс. Буквой С обозначено Солнце



Маршрут путешествия с Земли (З) на Венеру

Вы видите теперь, как невыгоден кратчайший путь: он требует двукратного сжигания заряда «сверх сметы», в первый раз для уничтожения 30-километровой скорости, во второй — для получения 24-километровой скорости. Расчет дает для необходимого при этих условиях заряда такие огромные числа, которые делают подобный перелет совершенно неосуществимым.

Вместо того, чтобы уничтожить 30-километровую скорость, лучше использовать ее для полета. Это возможно, если лететь не кратчайшим путем, а напротив — дальнейшим. Надо направиться на Марс, когда он находится по ту сторону Солнца. В этом случае достаточно добавить к существующим уже 30 километрам скорости в секунду еще около 12 километров, и тогда звездолет, имея скорость 42 километра в секунду, помчится по кривому пути, который приведет его к месту, где находится Марс. Расход горючего здесь лишь немногим больше, чем для полета на Луну.

С этой стороны, со стороны выбора маршрута, вопрос о полете на Марс решается удовлетворительно. Сходным образом избирается и путь на Венеру: кругом Солнца к *дальнейшему* местонахождению этой планеты. Хуже обстоит дело с *продолжительностью* путешествия: полет на Марс по сейчас указанному пути в один конец должен длиться 260 суток. Но надо вернуться и назад на Землю. Земля же не стоит неподвижно: за это время она далеко отойдет от места, где она находилась в начале путешествия; значит, когда звездолет через 520 суток вернется, он не найдет Земли на прежнем месте и должен будет еще странствовать, чтобы ее настигнуть. От этого весь срок путешествия значительно удлиняется, до нескольких лет. Итак, ракетный корабль должен захватить с собой продовольствия на несколько лет: нельзя же рассчитывать на пополнение провианта в мировом пространстве или в мире Марса,

холодном и, может быть, пустынном. Запасы пищи на целые годы составят весьма значительный груз, для подъема которого понадобится огромное количество горючего.

Снова, как видите, упираемся мы в вопрос о горючем, о чрезмерно большом заряде. Надо прямо сказать, что при современном состоянии звездоплавания не видно пока даже теоретического выхода из этого заколдованного круга. Если техника будущего не изыщет каких-нибудь чрезвычайно мощных источников энергии, то перелеты даже на ближайшие планеты едва ли удастся осуществить. И уж, конечно, рано ставить вопрос о полетах на более далекие планеты.

При трезвом взгляде на дело не приходится говорить и о перелете на звездные планеты, т. е. на планеты других солнц Вселенной, удаленных от нас в миллионы раз дальше, чем Марс или Венера. Заглавие нашей книжки — «К звездам на ракете» надо понимать не в том смысле, что речь будет идти о перелетах на звезды. Ракетный корабль берет курс на звезды, но долететь сможет только до Луны, в лучшем случае — до ближайших планет. Покинуть нашу солнечную систему при тех орудиях техники, которыми человек сейчас располагает или вправе пока предвидеть, — он не может. Рассчитывать на непредвиденные открытия будущего, разумеется, позволительно, но это уже будет гадание, а не трезвое научное рассмотрение вопроса. В этой книге я не уделяю места таким чаяниям, которые не имеют под собою твердой опоры фактов. Огромным, неслыханным достижением является уже и возможность достигнуть Луны.

16. Основоположник звездоплавания

Наша беседа о возможности летать на ракетах в мировом пространстве была бы слишком не полна, если бы мы не уделили должного внимания тому человеку, который заложил прочные основы ракетного летания и предуказал путь дальнейшего развития этой молодой отрасли техники. Вы уже знаете, о ком я говорю: о замечательном советском ученом-изобретателе *Константине Эдуардовиче Циолковском*. О нем было уже сказано раньше несколько слов. Но он заслуживает того, чтобы на жизни и трудах его остановиться подробнее.

В 1932 г. советская общественность чествовала Циолковского по случаю его 75-летия. В Калуге, давнем месте его жительства, в Москве, в Ленинграде устроены были торжественные собрания по этому поводу. Президиум ЦИК СССР наградил его орденом Красного трудового знамени. Каковы же его заслуги?

Они сводятся к важным изобретениям в области воздушного и заатмосферного транспорта. Задолго до появления воздушных кораблей Циолковский был энергичным поборником развития дирижаблестроения; он правильно

Константин Эдуардович Циолковский, первый в мире теоретик звездоплавания. Родился в 1857 г.

оценил значение этого рода транспорта для обширных просторов нашей страны. Им придуман был и разработан (раньше Цеппелина за границей) тип управляемого корабля, более совершенного, чем дирижабли нынешних систем. Это — знаменитый *цельнометаллический* дирижабль Циолковского.

Опередив Запад в области теорий дирижаблестроения, Циолковский сделал то же и в области авиации. Еще раньше, чем американцы Райты впервые добились успеха с полетом на аэроплане, Циолковский самостоятельно разработал теорию аэроплана, дал тип его и чертежи, вполне оправдавшиеся позднее. Он правильно предсказал скорость, продолжительность полета и др. особенности моноплана.

Эти работы Циолковского в области воздушного транспорта основаны на его собственных опытах, исследованиях и теоретических расчетах в области сопротивления воздуха. Он успешно занимался разработкой этого трудного вопроса, когда почти никто еще к этому не приступал. Только впоследствии другие ученые пришли к выводам, найденным Циолковским.

И, наконец, он же первый в мире указал способ передвижения управляемым полетом в безвоздушной среде, за пределами атмосферы, разработал общепринятую теперь теорию ракетного летания и предуказал путь его развития от ракетного аппарата, неподвижно витающего в воздухе, до подлинного ракетного корабля, завоевывающего мировое пространство. Весь мир чтит его как истинного «отца звездоплавания».

Однако признание крупных заслуг Циолковского пришло лишь теперь, на склоне его жизни. Только советская власть сумела оценить и отличить этого выдающегося человека; при царском правительстве он пребывал почти в полной неизвестности и жестоко боролся с самой крайней нуждой. Бросим беглый взгляд на тернистый, полный лишений и неудач, путь его трудовой жизни.

Циолковский родился в 1857 г. в селе Ижевском, бывш. Рязанской губернии, в крайне бедной семье мелкого служащего. В возрасте 10 или 11 лет мальчик заболел скарлатиной и почти потерял слух. Еще через два года на него обрушился новый удар: умерла его мать, заботившаяся об обучении детей, и мальчик попал под опеку малограмотной сестры матери; отец, всецело занятый добыванием средств пропитания, не мог уделять внимания заботам о воспитании детей.

Уже в эту печальную пору жизни юный Циолковский проявил свою исключительную способность к изобретательству: изготовил самодвижущуюся коляску и локомотив, приводившийся в действие спиральной пружиной; сделал токарный станок по дереву, коляску с крыльями, ходившую «против ветра и по всякому направлению», и струнный музыкальный инструмент с педалью и колесом для приведения в действие. Ходить в школу глухой мальчик не мог и потому систематически ничему не обучался. Он был в полной мере самоучкой. Началось его самоучение следующим образом.

«Лет 14-ти, — рассказывает он, — я вздумал почитать арифметику, и мне показалось все там совершенно ясным и понятным. С этого времени я понял, что книга — вещь вполне мне доступная. Я разбирал с любопытством и пониманием несколько отцовских книг по естественным и математическим наукам. Меня увлекает измерение расстояния до недоступных предметов, съемка планов, определение высот. Чтение физики толкнуло меня на устройство автомобиля, движущегося струей пара, и бумажного аэростата (воздушного шара) с водородом».

На 17-ом году жизни Циолковский был отправлен своим отцом в Москву искать счастья. Ведя здесь суровую жизнь, перебиваясь на 10–15 рублей в месяц, питаясь одним лишь хлебом, юноша усердно работал над пополнением своего образования. Без учителей и руководства он изучил здесь высшую математику и механику, делает опыты по физике. Через два года такой жизни он возвращается к отцу. Занимаясь частными уроками, он устраивает на дому небольшую мастерскую и изготовляет в ней приборы и механизмы своего изобретения.

С выходом отца в отставку Циолковские переселяются в Рязань, где достать частные уроки не удалось. Циолковский решает тогда сделаться школьным учителем: сдает нужный экзамен и получает право преподавать математику в так наз. уездных и городских начальных училищах (низшие школы). В 1880 г. он получает долгожданную школьную работу: его назначают учителем арифметики и геометрии в уездной школе гор. Боровска Рязанской губ. Весь же свой досуг он отдает физическим опытам, а также углубленному изучению математики и теоретической физики. К этому времени относится его первое теоретическое исследование в области физики. Рукопись свою он послал в Петербург, в научное общество (Физико-химическое), за что и был избран его членом.

Тогда же он серьезно занялся теорией воздушного корабля; «В 1885 г., имея 28 лет, — рассказывает он, — я твердо решился отдаться воздухоплаванию и теоретически разработать механически управляемый аэростат (т. е. воздушный корабль). Работал я два года почти непрерывно. Вставал чуть свет и, уже проработавши над своим сочинением, отправлялся в училище. После такого двухлетнего напряжения сил у меня целый год чувствовалась тяжесть в голове».

Об итогах своей работы Циолковский сделал доклад в Москве, в научном обществе. Отнеслись к нему покровительственно, обещали выхлопотать

перевод в Москву, но перевод не состоялся. Это была особенно тяжелая пора жизни Циолковского. «Я был, — пишет он, — совсем болен, потерял голос; пожар уничтожил мою библиотеку и мои модели». Оправился он только через год и снова принялся за работу.

Как жил Циолковский в те годы, рассказывает один из его посетителей:

«Я познакомился с Циолковским в 1887 г. в г. Боровске, куда попал случайно, и крайне заинтересовался рассказами туземцев о сумасшедшем изобретателе Циолковском, который утверждает, что наступит время, когда корабли понесутся по воздушному океану с страшной скоростью, куда захотят. Я решил навестить изобретателя.

Первое впечатление при моем визите привело меня в удручающее настроение: маленькая квартира; в ней большая семья — муж, жена, дети — и бедность, бедность из всех щелей помещения; посреди — разные модели, в такой обстановке отец семейства занимается изобретениями.

Однако ж, если бы люди никогда не занимались подобными „пустяками“, то у нас не было бы ни пароходов, ни железных дорог, ни телеграфа, ни других изобретений, которыми облагодетельствовано человечество».

Вскоре Циолковский был переведен в более крупный город, в Калугу, где проживает и до настоящего времени (на улице, которая теперь называется «улицей Циолковского»). Здесь он производит опыты над сопротивлением воздуха, печатает об этом статьи в научном журнале, выпускает свою первую книгу под заглавием: «Аэростат металлический, управляемый» (около 200 страниц). Все это несколько повышает его в глазах школьного начальства, и его допускают к преподаванию в Калужской средней школе (в реальном училище).

В 1890 г. Циолковский послал в Ленинград (тогда еще Петербург) знаменитому химику Менделееву (который занимался также и воздухоплаванием) бумажную модель оболочки дирижабля своего изобретения и относящуюся к модели рукопись. Благодаря Менделееву о работе Циолковского сделан был доклад в воздухоплавательном отделе Технического общества. Ознакомившись с рукописью Циолковского, специалисты похвалили его усердие, но вынесли такой приговор, что идея управляемого воздушного корабля несбыточна: он обречен остаться навсегда игрушкой ветров... (а в наши дни эти «игрушки ветров» облетают кругом света, достигают полюса и служат грозным военным оружием). Циолковского не обескуражил такой приговор; он остался при прежнем мнении, продолжал настойчиво разрабатывать свое изобретение, хотя и не находил никакой поддержки. Подобно ракете, которую он так глубоко изучил, наш изобретатель неуклонно двигался вперед, без всякой внешней опоры, одной лишь внутренней энергией. Он видел торжество своих идей на Западе, когда трудами немецкого изобретателя Цеппелина были созданы первые воздушные корабли, свободно двигавшиеся против ветра. И только советская общественность по заслугам оценила идеи и труды Циолковского

и добилась того, что приступлено было наконец к работам по осуществлению дирижабля его конструкции.

Не станем подробно описывать особенности дирижабля Циолковского; это не имеет прямого отношения к теме нашей книжки. Ограничимся лишь кратким описанием со слов самого изобретателя:

«Весь дирижабль строится из волнистой стали. Так как выгодны только большие дирижабли, то оболочка будет вроде кровельного железа. И как крыши сохраняются десятки лет, так и наши дирижабли могут при незначительных заботах о них служить сотню лет. Нет надобности даже в дорогой хромоникелевой нержавеющей стали. Можно ограничиться и обыкновенной дешевой. Как дома с железной крышей не нуждаются в особых защитах, так и стальные дирижабли не будут нуждаться в ангарах.

Постройка оболочки моего стального дирижабля совершается внизу, на горизонтальной плоскости — чрезвычайно удобно, быстро и дешево — путем электрической сварки. Ясно, что дорогая верфь при этом не нужна. В таком положении оболочки она наполняется водородом и поднимается на воздух. После этого к ней прицепляется уже заранее готовая гондола. Воздушных отделений внутри оболочки (в водороде) никаких нет. Поэтому не может быть никакой диффузии[1] и опасности от смешения водорода с воздухом. Подъемная сила корабля меняется примерно на двадцать процентов путем подогревания водорода выхлопными газами. Дирижабль может подниматься только при пуске моторов и среднем подогревании, положим, на 30 градусов. Есть возможность подогреть его еще на 30° или совсем остановить подогревание. В первом случае его подъемная сила увеличится на 11 процентов, во втором — уменьшится на столько же. Понятно после этого, что дирижабль не нуждается для отвесных движений ни в потере газа, ни в обременительном балласте.

При опускании корабля или при сжатии его водорода от тех или других причин продольная ось дирижабля наклоняется. Этого избегают особой стягивающей оболочку системой тросов. Неравномерное их стягивание может служить для поддерживания горизонтальности оси корабля при наклонах его от разных причин. Тросовая система распределяет все тяжести гондолы на верхнюю часть оболочки.

Все это резко увеличивает использование стальных дирижаблей нового типа и делает их лучшим и наиболее дешевым средством транспорта».

Мы подходим, наконец, к тем работам Циолковского, в которых всего ярче сказались его самобытный ум и глубина мысли. В этой книжке была уже обрисована сущность работ Циолковского в области звездоплавания. Не станем повторять сказанного и остановимся только на одной подробности, которая не была отмечена раньше. Мы не рассматривали того, каким собственно образом произойдет самый отлет ракеты с Земли в мировое пространство. Расскажем поэтому, как представляет себе картину отлета Циолковский.

Отлет межпланетной ракеты с Земли состоится где-нибудь в высокой горной местности. Должна быть подготовлена прямая, ровная дорога для

[1] Взаимного проникновения газов.

разбега, идущая наклонно вверх под углом 10–20 градусов. Ракета помещается на самодвижущемся экипаже, например на автомобиле, мчащемся с наибольшей возможною для него скоростью. Получив таким образом начальный разбег, ракета начинает свой самостоятельный восходящий полет под действием взрывающихся в ней горючих веществ. По мере возрастания скорости крутизна взлета постепенно уменьшается, путь ракеты становится все более пологим. Вынырнув за атмосферу, аппарат принимает горизонтальное направление и начинает кружиться около земного шара в расстоянии тысячи или двух тысяч километров от его поверхности, наподобие спутника.

Мы уже знаем, что это возможно при секундной скорости 8 километров. Такая скорость достигается постепенно: горение регулируют так, чтобы секундное ускорение не слишком превышало привычное нам ускорение земной тяжести. Благодаря этим предосторожностям искусственная тяжесть, возникающая в ракете при взрывании зарядов, не представляет опасности для пассажиров.

Так достигается первый, самый трудный этап путешествия — превращение ракеты в спутника Земли. Чтобы заставить теперь ракету удалиться на расстояние Луны или еще далее, потребуется лишь добавочным взрыванием зарядов увеличить раза в 1½ скорость той же ракеты.

Мы сказали раньше, что начальный разбег сообщается ракете автомобилем. Но для этой цели пригодны вообще любые транспортные средства: паровоз, пароход, аэроплан, дирижабль. Взамен колесного экипажа Циолковский предлагает воспользоваться для разбега другой ракетой, которую он называет «земной», — в отличие от «космической», предназначенной для межпланетного рейса. Ракета «космическая» должна быть временно помещена внутрь ракеты «земной», которая, не отрываясь от почвы, сообщит ей надлежащую скорость и в нужный момент освободит для самостоятельного полета в мировое пространство. «Земная» ракета под действием взрывания будет скользить без колес по особым обильно смазанным рельсам. Потеря энергии на трение (ослабленное смазкой) сильно уменьшается при весьма больших скоростях. Что же касается сопротивления воздуха, то его можно довести до незначительной величины, придав ракете удлиненную форму. Если бы возможно было построить ракету во сто раз длиннее ее толщины, сопротивление воздуха было бы настолько ничтожно, что им можно было бы и вовсе пренебречь. Длину земной ракеты нельзя, однако, практически делать свыше 100 метров, а так как толщина ее должна быть не меньше нескольких метров, то ракета окажется всего в 20–30 раз длиннее своего поперечника. Впрочем, и при таких условиях общее сопротивление движению самой ракеты будет составлять всего несколько процентов энергии ее движения.

Итак, открытая спереди «земная» ракета с вложенной в нее «космической» стремительно движется по подговленной для нее дороге. Наступает момент, когда надо освободить «космическую» ракету и пустить ее в мировое пространство. Каким образом это сделать? Циолковский указывает простое

средство: надо затормозить «земную» ракету, — «космическая» вырвется тогда из нее по инерции и, при одновременном пуске взрывного механизма, начнет самостоятельно двигаться с возрастающей скоростью. Торможение же земной ракеты достигается просто тем, что конечный участок дороги оставляют несмазанным: увеличенное трение замедлит и, наконец, совсем прекратит движение вспомогательной ракеты без добавочного расхода энергии. Еще лучший способ состоит в том, что из «земной» ракеты выдвигаются поперечные плоскости: сопротивление им воздуха громадно, и ракета скоро остановится.

В течение двадцати лет Циолковский оставался единственным человеком во всем мире, который верил в возможность действительно проникнуть в мировое пространство, посетить Луну, быть может, со временем и планеты. Его идеи о техническом завоевании неба почти никем не разделялись. О трудах его в этой области знало, пожалуй, всего несколько сот человек, если не меньше. Статьи и книги его мало кем читались; самое имя его известно было весьма немногим. Лишь незадолго до революции, когда появилась первая популярная книга по звездоплаванию[1], сведения о Циолковском и его трудах стали проникать в широкие круги. Но ту известность в массах, какой пользуется сейчас его имя, Циолковский приобрел уже при советской власти, после 1918 года, когда в рабочих аудиториях стали читаться о нем многочисленные лекции. Параллельно получил Циолковский признание и за рубежом, где ученые лишь в 20-х годах нынешнего столетия самостоятельно пришли к тем же выводам, какие установил наш изобретатель еще за десять лет до империалистической войны. Первенство Циолковского никем на Западе не оспаривается.

Очерки жизни и многолетних трудов Циолковского закончим следующими его словами:

«Основной мотив моей жизни — сделать что-нибудь полезное для людей, не прожить даром жизни, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы. Но я надеюсь, что мои работы, — может быть скоро, а может быть, и в отдаленном будущем, — дадут обществу горы хлеба и бездну могущества».

[1] «Межпланетные путешествия» Я. И. Перельмана. 1915 г.

Прибавление

17. Небесная сигнализация

Многих интересует вопрос, нельзя ли вместо того, чтобы лететь на Луну или на планеты, завязать с ними сношения посредством каких-нибудь сигналов.

Вопрос этот имеет давнюю историю, о которой, однако, мало кто знает. Проекты сношений с планетами посредством сигналов серьезно обсуждались даже тогда, когда никто не помышлял еще об осуществлении межпланетных перелетов. Около ста лет назад предложен был следующий проект небесной сигнализации, который приписывают знаменитому немецкому математику Гауссу.

«Вот основная идея Гаусса, — читаем мы в старинной книге: — нужно показать жителям Луны то геометрическое построение, с помощью которого обыкновенно доказывается Пифагорова теорема. Средство — культура земной поверхности где-нибудь на громадной равнине. Чтобы изобразить геометрические фигуры, нужно пользоваться контрастом между темными полосами лесов и золотисто-желтыми площадями хлебных полей. Это удобнее сделать в стране, где жители только временно пользуются обрабатываемой землей и, следовательно, легко подчиняются указаниям. Таким образом, выполнение данной мысли не потребовало бы чрезмерных затрат.

Гаусс говорил об этом с глубокой серьезностью. Он придумал еще один способ завязать сношения с обитателями Луны. Способ состоит в применении „гелиотропа“ — прибора, изобретенного Гауссом и могущего служить не только для измерения углов треугольников с весьма длинными сторонами, но и для передачи сигналов. По мысли Гаусса, нет даже необходимости составлять из зеркал громадную отражающую поверхность: достаточно известного числа хорошо обученных людей с самым обыкновенным зеркалом. Следует выбрать время, когда обитатели Луны наверное смотрят на Землю, — например, когда наша планета покрывает Венеру. Зеркала отбрасывают свет по направлению к Луне. Чтобы жители Луны узнали о нашем существовании, нужно прерывать этот свет через равные промежутки времени; так можно сообщить им числа, которые имеют большое значение в математике. Конечно, чтобы эти знаки привлекли внимание, нужно выбрать подходящий день, когда яркость света, отраженного гелиотропом, будет особенно велика. Гаусс предпочитал математические знаки, потому что у нас и у обитателей далеких миров могут оказаться общими только основные математические понятия».

Конечно, никаких попыток осуществить этот план не делалось, особенно после того, как выяснилось, что на Луне нет ни воздуха, ни воды, и что, следовательно, нельзя считать наш спутник обитаемым миром.

Разговоры о сигнализации на планеты временно прекратились. Но они вновь оживились в конце прошлого века, вскоре после открытия «каналов» на Марсе. Тогда еще не подозревали, что мнимые каналы попросту обман

зрения; их считали за сооружения, выполненные разумными обитателями Марса: взгляд этот и сейчас еще довольно распространен, хотя неосновательность его достаточно прочно установлена. Вопрос ставился тогда не столько о том, чтобы послать сигналы с Земли на Марс, сколько о том, чтобы самим дождаться сигналов от жителей Марса. Считалось, что существа, покрывшие свою планету сетью широких и длинных каналов, ушли по пути технического развития гораздо дальше нас, а потому им легче наладить телеграфную связь с нами, чем нам с ними.

Среди таких толков вдруг (в 1890 г.) приходит известие, что астрономы заметили на границе дневной и ночной половин Марса какие-то загадочные световые выступы. В сильные телескопы можно было следить за ними довольно долго и убедиться, что это ни в коем случае не облака. Что же это такое? Горячие головы решили, что это не что иное, как ожидаемые сигналы обитателей Марса, желающих вступить в общение с жителями Земли. Когда через два года Марс снова оказался в соседстве с нашей планетой, загадочные световые «сигналы» были опять замечены. То же повторилось и еще через два года. Однако сторонников сигнализации постигло большое разочарование. Английский астроном Кемпбелл объяснил появление световых выступов самым естественным образом: это не что иное, как части материков, залитые солнечным светом. «Марс, — писал он, — был отдален от нас на 60 миллионов километров. Телескопы увеличивали в 500 раз, т. е. приближали планету к нам на 120 000 километров. Луна от нас втрое дальше этого расстояния, — и все же мы простым глазом можем видеть на границе ее дневной и ночной половин световые выступы, образуемые горными хребтами и большими кратерами».

Дело обошлось без участия обитателей Марса. Это не помешало тому, чтобы в 1900 г., когда опять были замечены подобные же явления, снова заговорили о мнимых сигналах марсиан.

С развитием техники сооружения мощных прожекторов многие увлекающиеся люди стали серьезно помышлять о посылке световых сигналов на Марс. Выдвинули план об отражении солнечных лучей с Земли на Марс при помощи огромных зеркал. Отражающим поверхностям можно придать изменчивую форму. Сегодня марсиане усмотрят на Земле светлый квадрат; завтра квадрат заменяется треугольником; на третий день на месте треугольника появляется круг, — все это будет убедительно доказывать, что здесь не случайная игра природы, а дело рук разумных существ. В том, что жители Марса существуют, что они обладают хорошими телескопами и старательно наблюдают поверхность нашей планеты, — ни у кого из сторонников этого плана не возникало сомнений.

Однако чтобы обитатели Марса могли уловить не только лучи, отбрасываемые земным зеркалом, но также и форму самого зеркала, надо придать ему невероятные размеры: оно должно быть в десятки километров поперечником. Это — во-первых. Второе возражение еще серьезнее. Сторонники проекта забывают о том, как расположены по отношению друг к другу обе планеты

в периоды наибольшего сближения. Тогда Земля и Марс находятся по одну сторону от Солнца на одной прямой линии с ним. Какая половина нашей планеты обращена тогда к Марсу — дневная или ночная? Конечно, ночная, та, которая отвращена от Солнца. А если так, то проектируемый солнечный телеграф с Земли на Марс действовать не может: лучи Солнца, отразившись от зеркала на Земле, могут быть отброшены куда угодно, но только не на Марс.

Проект солнечного телеграфирования на Марс поэтому надо признать совершенно неосуществимым.

Но существует другой проект: ночная оптическая сигнализация посредством прожектора огромной силы. Еще не так давно подобная идея казалась бы смешной: слишком слабы были раньше наши оптические средства. Но в последние годы техника освещения шагнула далеко вперед. Мы располагаем авиационными маяками небывалой яркости; летчик невооруженным глазом может заметить свет такого маяка с расстояния 300–400 километров. Яркость их исчисляется в миллиард и больше свечей. Так отчего не воспользоваться ими для сигнализации через мировое пространство, на далекий Марс, где вооруженные могущественными телескопами марсиане уловят их в свои инструменты?

Но что подумают о них жители Марса? Догадаются ли, что эти огоньки принадлежат разумным обитателям, желающим заявить соседнему миру о своем существовании?

Для придания этой сигнализации большей убедительности предлагалось размещать источники света так, чтобы они образовали геометрическую фигуру. И тогда жители Марса ответят нам каким-нибудь другим чертежом. Взаимное знакомство будет достигнуто, и останется лишь выработать какой-нибудь условный язык для обмена мыслями.

Трезвый расчет, однако, охлаждает пыл мечтателей о подобном телеграфе. Чтобы геометрический чертеж мог быть усмотрен на Марсе в телескопы нашей силы, линии чертежа должны иметь в толщину километров 15, а длина их соответственно этому должна измеряться *сотнями километров*. Чертеж придется раскинуть на площади величиной с Германию или Францию, — предприятие совершенно неисполнимое. Но это еще не все: мало придать чертежу размеры целого государства, надо еще, чтобы и яркость световых сигналов была достаточна для уловления их марсианами. Но чтобы свет прожектора мог быть виден на Марсе, нужны не миллиарды свечей, а десятки триллионов — яркость, о которой осветительная техника и мечтать пока не может. Изобретение беспроводного телеграфа направило мысь о межпланетных сношениях на новый путь. Разговоры о радиосигналах с Марса вновь начались лет 10 назад. В 1920 г. и 1922 г. неоднократно отмечались случаи приема радиостанциями таких сигналов, для которых, по некоторым соображениям, затруднительно допустить земное происхождение; это обстоятельство, в связи с тем, что сигналы наблюдались как раз в период наибольшей близости Марса к Земле, побудило искать станцию отправления загадочных сигналов именно на этой планете.

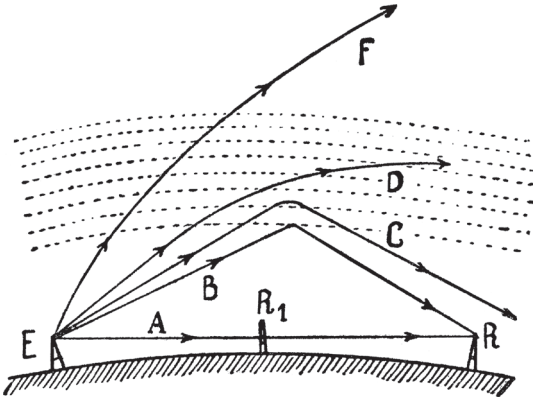
В 1920 г. в Анды (Южная Америка) были направлены лучшие радиотехники маркониевой компании[1] с особо чувствительными приемниками, настроенными на длину волны 300 километров (почему-то решено было, что радиопередатчик марсиан работает именно на такой длине волны). Никаких сигналов, однако, принято не было. «Все приборы, — гласит донесение, — настроенные на длину волны в 300 000 метров, не обнаружили никаких признаков радиоволн в момент нахождения Марса на ближайшем расстоянии от Земли». Безрезультатна была и поездка самого итальянского изобретателя радиотелеграфа — Маркони в Средиземное море для уловления ожидаемых сигналов (в 1920 г.), а также старания принять радиосигналы с Марса на 24-ламповый радиоприемник во время так называемого «великого противостояния» этой планеты в 1924 г.

Но если у марсиан есть радио, то отчего бы не послать им радиосигнал с Земли и тем заявить им о своем существовании? Правда, неизвестно, поймут ли они нас и поймем ли мы их ответ, если даже сношения завяжутся. Придуманы были остроумные способы так сигнализировать, чтобы обеспечить взаимное понимание, но прежде всего надо преодолеть немалые физические и технические трудности. Дело в том, что хотя на земной поверхности для современного радиотелеграфа не существует непреодолимых расстояний, передаваться вверх электрические волны могут беспрепятственно всего лишь на сотню или на две километров. Дело в том, что на высоте 50–200 километров простирается слой разреженной атмосферы, отличающийся от нижележащих слоев значительною электропроводностью. Такой слой, — его называют «слоем Хивизайда»[2], — непрозрачен для электрических волн большой и средней длины: он частью отражает падающие на него электрические лучи назад, частью поглощает их, не выпуская наружу. Этот заслон, охватывающий непроницаемой оболочкой весь земной шар, прозрачен до некоторой степени лишь для электрических лучей, которые направлены отвесно вверх; но энергия ослабленных волн, проникающих через это «окошечко», чересчур ничтожна, чтобы заставить работать аппараты отдаленных станций. Если чувствительность марсовых приемников такая же, как земных аппаратов, то для успешной передачи сигнала на Марс потребовалась бы радиотелеграфная станция не менее чем в 10 000 000 киловатт.

Подобные затруднения, вероятно, возникли бы и для обладателей Марса, если бы они пожелали установить радиосвязь с нами, — их электрические

[1] *Гульельмо Джованни Мария Маркони* (1874–1937) — итальянский радиотехник и предприниматель, лауреат Нобелевской премии по физике за вклад в развитие беспроволочной телеграфии (1909 г.), основатель Wireless Telegraph & Signal Company (впоследствии Marconi Company) (*примеч. ред.*).

[2] *Оливер Хевисайд* (1850–1925) — английский ученый-самоучка; в 1902 г. предсказал существование ионизованного слоя Кеннелли–Хевисайда, играющего важную роль в распространении средних и коротких радиоволн. Начало космической эры показало, что радиосвязи с космическими объектами этот слой не мешает (*примеч. ред.*).



Действие «слоя Хивизайда» на электрические лучи.
Лучи B, C, D радиостанции E с большой длиной волны отклоняются обратно к Земле, и только луч F с короткими волнами проходит через слой Хивизайда, проникая в мировое пространство

волны, проникшие через слои атмосферы Марса, должны были бы отразиться от непроницаемой для электрических лучей наружной оболочки нашей атмосферы.

Можно, конечно, попытаться установить радиосвязь с планетами на *коротких* волнах, способных проникать через слои Хивизайда. Прием радиоэхо из мирового пространства доказывает, что радиосигналы той мощности, какой обладают земные станции, могут проникать на довольно значительные расстояния вглубь Вселенной — гораздо дальше Луны. Нельзя поэтому решительно отвергать возможность пересылать со временем радиосигналы на Марс. Но будет ли сигнал принят? Есть ли в самом деле люди на Марсе? Нужно предостеречь от поспешных выводов об обитаемости планет. Надо не ждать сигналов от предполагаемых обитателей, быть может не существующих, а изучать планеты и в конечном счете самим полететь на планету и исследовать этот мир. Разрешение всех тех вопросов, ответов на которые ожидают от сигнализации, надо искать лишь на путях звездоплавания, делающего на наших глазах первые шаги к своему осуществлению.

Что читать дальше

Кто желал бы поближе познакомиться с вопросами, затронутыми в этой книжке, тот может прочитать следующие сочинения:

Я. И. Перельман — «Межпланетные путешествия. Основы ракетного летания и звездоплавания».

Проф. Н. А. Рынин — «Межпланетные сообщения», в 9 книгах:

1. Мечты, легенды и первые фантазии. 1928.
2. Космические корабли в фантазиях романистов. 1928.
3. Теория реактивного движения. 1929.
4. Ракеты. 1929.
5. Суперавиация и суперартиллерия. 1929.
6. Лучистая энергия. 1931.
7. К. Э. Циолковский. 1931.
8. Теория космического полета. 1932.
9. Астронавигация. 1932.

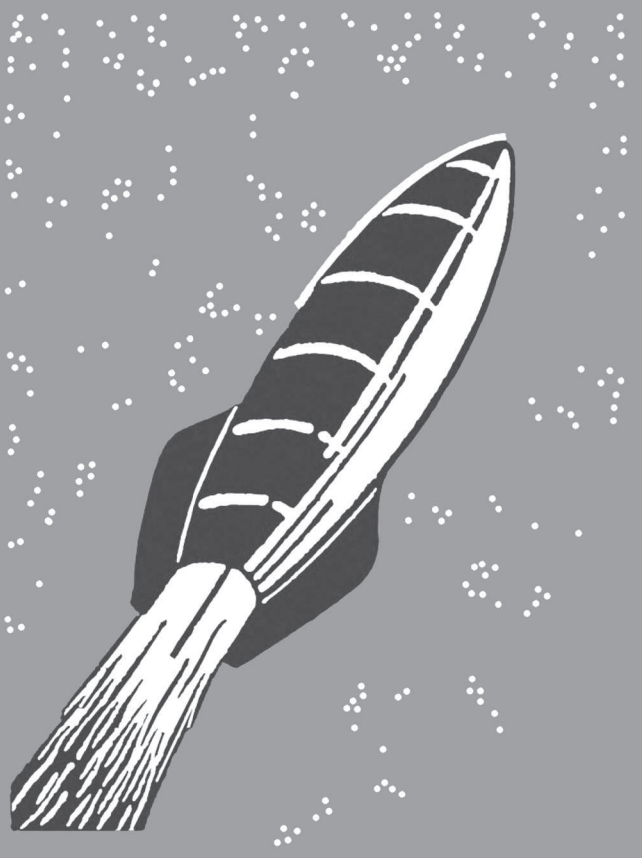
Жизнеописание Циолковского, кроме сейчас упомнянутой книги проф. Н. А. Рынина, изложено также в книжке:

Я. И. Перельман — «Циолковский, его жизнь, изобретения и научные труды».

Стратосферным полетам посвящена книжка проф. Н. А. Рынина — «В стратосферу», 1934 г.

Я. И. Перельман

Межпланетные путешествия



ОНТИ
1935

Предисловие автора

Первое издание этой книги, двадцать лет назад, я напутствовал следующими строками:

«Было время, когда признавалось невозможным переплыть океан. Нынешнее всеобщее убеждение в недосягаемости небесных светил обосновано, в сущности, не лучше, нежели вера наших предков в недостижимость антиподов. Правильный путь к разрешению проблемы заатмосферного летания и межпланетных путешествий уже намечен, — к чести русской науки, — трудами нашего ученого. Практическое же разрешение этой грандиозной задачи может осуществиться в недалеком будущем.

Этой маленькой экскурсией в область космической физики автор, помимо прямой задачи, преследует и другую цель: он желал бы до некоторой степени рассеять существующее в публике предубеждение против небесной механики и физики как знаний слишком отвлеченных, неспособных будто бы дать пищу живому уму. Наука, которая открывает возможность успешно соперничать в полете воображения с фантазией остроумнейших романистов, проверять и исправлять их смелые замыслы, наука, указывающая пути осуществления величайших грез человечества, должна перестать казаться сухой и скучной. Автор надеется, что простейшие сведения из этой области знания, которые рассеяны в настоящей книге, заронят в уме любознательного читателя интерес к изучению механики и физики Вселенной и возбудят желание ближе познакомиться с фундаментом величественной науки о небе.

Чтение этой книги не требует никаких специальных познаний. Материал, предназначенный для более подготовленных читателей, отнесен в отдел Приложений».

За два десятилетия, протекшие со времени выхода в свет первого издания этой книги, предмет ее пережил стремительную эволюцию. Из проблемы чисто теоретической заатмосферное летание успело вырасти в практическую задачу современной техники. Оно перестало быть мечтой и начинает претворяться в действительность на глазах нынешнего поколения.

Столь значительная перемена не могла, конечно, не сказаться на содержании книги, отразившей в десяти своих изданиях последовательные этапы развития проблемы заатмосферного летания. Каждое новое издание перерабатывалось, исправлялось, пополнялось целыми главами. Новый текст нельзя было механически присоединять к прежнему, потому что новые достижения не только обогащали содержание той или иной главы, но и меняли ее перспективу: приходилось всю главу составлять заново. Параллельно с расширением материала рос и объем книги. Настоящее, 10-е издание почти втрое больше первого. И это — несмотря на то, что книга рассматривает преимущественно

Текст и иллюстрации (обложка Г. Б. Ибаха) воспроизводятся по изданию:

Перельман Я. И. Межпланетные путешествия : [Основы ракетного метания]. — 10-е изд. — Ленинград ; Москва : Онти. Глав. ред. науч.-попул. юношеской лит-ры, 1935 (Ленинград : тип. им. Евг. Соколовой).

лишь принципиальные, физико-астрономические стороны проблемы, без углубления в конструктивные частности.

По форме изложения книга в основном тексте по-прежнему остается сочинением популярным. Ее цель — правильно ориентировать читателя, ознакомить с главными вопросами, рассеять предубеждение против осуществимости нового рода транспорта, не затушевывая в то же время стоящих на его пути трудностей. Чтение книги должно служить ступенью к проработке существующей специальной литературы. Литература эта множится с каждым годом; если при первом своем появлении «Межпланетные путешествия» были единственной в мире отдельно изданной книгой по своему предмету, то сейчас имеется уже известный выбор книг на эту тему, популярных и научных, русских и иностранных.

Излишне добавлять, что и в настоящее, 10-е издание понадобилось внести ряд изменений по сравнению с предшествовавшим, несмотря на то, что оба издания разделены промежутком всего в один год.

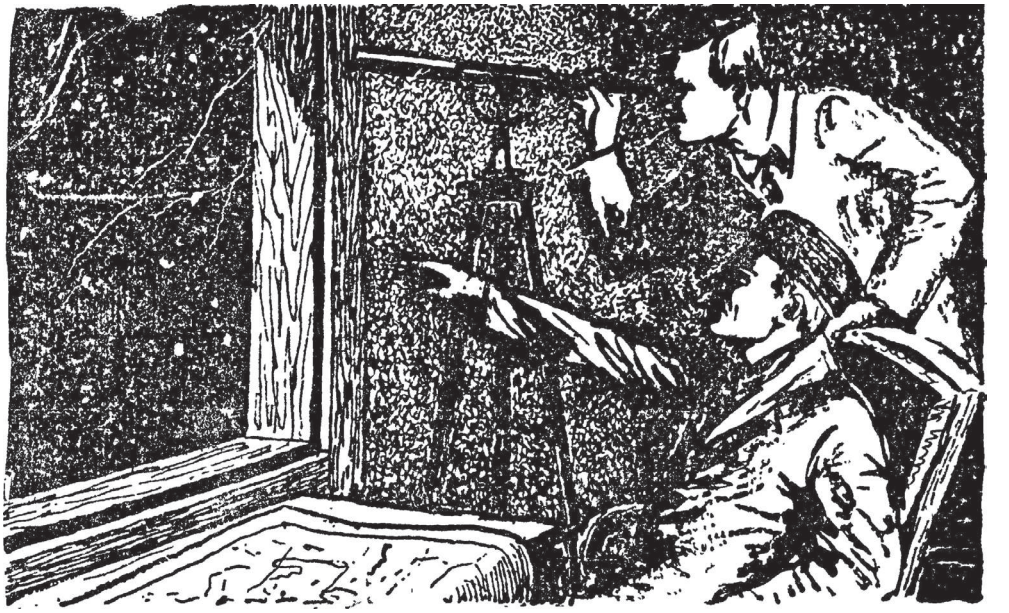
Я. П.

Предисловие К. Э. Циолковского к шестому изданию

В 1903 г. в петербургском ежемесячном журнале «Научное обозрение» (№5) появилась моя математическая работа о ракетном снаряде для заатмосферного летания: «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Журнал был мало распространенный и скорее философский и литературный, а никак не технический. Поэтому, кроме немногих иностранцев, никто моей работы не заметил. После торжества авиации я получил возможность возвратиться в печати к затронутой теме: в 1911–1912 гг. была опубликована в «Вестнике воздухоплавания» моя новая работа под тем же заглавием. Она содержала резюме первой работы и значительное ее развитие. Работа обратила на себя внимание специалистов, — но широким кругам читателей идеи мои стали известны лишь с того времени, когда за пропаганду их принялся автор «Занимательной физики» Я. И. Перельман, выпустивший в 1915 г. свою популярную книгу «Межпланетные путешествия». Это сочинение явилось первой в мире серьезной, хотя и вполне общепонятной книгой, рассматривающей проблему межпланетных перелетов и распространяющей правильные сведения о космической ракете. Книга имела большой успех и выдержала за истекшие 14 лет пять изданий. Автор давно известен своими популярными, остроумными и вполне научными трудами по физике, астрономии и математике, написанными к тому же чудесным языком и легко воспринимаемыми читателями.

Горячо приветствую появление настоящего, шестого по счету издания «Межпланетных путешествий», пополненного и обновленного сообразно продвижению этой проблемы новейшими исследованиями.

К. Циолковский.



Проложенная Ньютоном дорога
Страданий облегчила тяжкий гнет;
С тех пор открытий сделано уж много,
И, верно, мы к Луне когда-нибудь,
Благодаря парам, направим путь.

Байрон («Дон Жуан», 1823 г.)

1. Величайшая греза человечества

Мысль о путешествиях на другие планеты, о странствовании в межзвездных пустынях недавно была только заманчивой грезой. Рассуждать на эту тему можно было разве лишь так, как говорили об авиации несколько веков назад, в эпоху Леонардо да Винчи. Но сейчас нет уже сомнений, что подобно тому, как авиация из красивой мечты превратилась в повседневную действительность, так в недалеком будущем осуществится и мысль о космических путешествиях. Наступит день, когда небесные корабли-звездолеты ринутся в глубь Вселенной и перенесут бывших пленников Земли на Луну, к планетам — в другие миры, казалось бы, навеки недоступные для земного человечества.

Двести-триста лет назад, когда воздухоплавание было только фантастической грезой, вопрос о межзвездных полетах казался тесно связанным с проблемой летания и плавания в атмосфере.

Но вот мы путешествуем уже в воздухе над горными хребтами и пустынями, летим через материки и океаны, побывали над полюсом, облетели кругом всю планету, словом — добились сказочных успехов в деле летания в воздухе. Более того: в самые последние годы человек стал проникать в высшие, сильно разреженные слои атмосферы, в область стратосферы, где невозможно дышать из-за недостатка кислорода и где господствует мороз в 50–90°. Естественной является мысль, что покорение заатмосферных высот и достижение небесных светил — не столь уж далеки. Однако это не так: на пути к полетам в мировое пространство делаются сейчас лишь первые скромные шаги и притом вовсе не теми средствами, какими пользуются авиация и воздухоплавание.

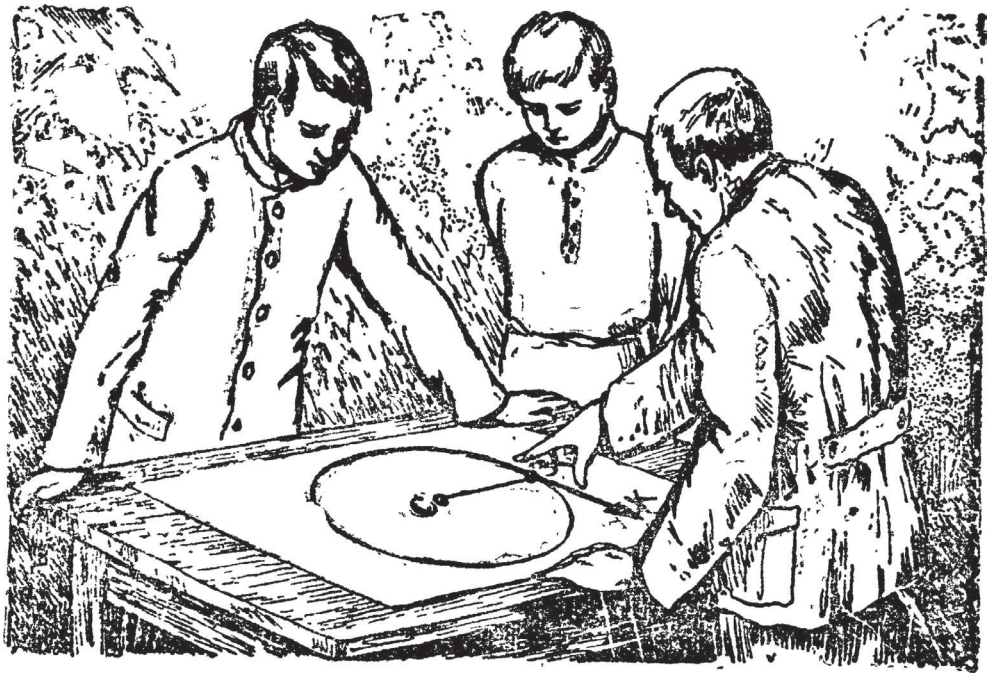
Иначе и быть не может: полет в воздухе и полет в пустоте— проблемы совершенно разные. Воздушные шары поддерживаются на высоте выталкивающим действием окружающего воздуха. Где воздуха нет, там всякий воздушный шар, чем бы он ни был наполнен, должен падать вниз как камень. Специалисты утверждают, что никогда в будущем воздушные шары не поднимутся выше 40 километров, т. е. выше тех слоев атмосферы, где воздух разрежен в 300–400 раз. Что касается самолетов, то, с точки зрения механики, они движутся так же, как и пароход или паровоз: колеса паровоза отталкиваются от рельсов, винт парохода — от воды, пропеллер аэроплана — от воздуха. Но в заатмосферных пустынях, в мировом пространстве нет среды, на которую можно было бы так или иначе опереться.

Значит, чтобы осуществить межпланетные полеты, техника должна обратиться к другим приемам летания; она должна выработать такой аппарат, который мог бы передвигаться, управляясь, в безводушном пространстве, не имея никакой опоры вокруг себя. Для разрешения так поставленной задачи техника вынуждена искать принципиально иных путей.

2. Всемирное тяготение и земная тяжесть

Прежде чем приступить к этим поискам, уделим внимание тем невидимым цепям, которые приковывают нас к земному шару — познакомимся ближе с действием силы всемирного тяготения. С нею-то главным образом и предстоит иметь дело будущим плавателям по мировому океану.

Начнем с одного распространенного заблуждения. Часто приходится слышать о некоторой «сфере» земного притяжения, выйдя за пределы которой тела не подвержены уже притягивающему действию нашей планеты. От этого превратного представления надо отрешиться. Никакой «сферы» земного притяжения, никаких пределов для него не существует. Притяжение Земли, да и всякого тела, простирается *беспредельно*: оно лишь ослабевает с расстоянием, но никогда и нигде не прекращается вовсе. Когда мы мысленно переносимся с Земли на Луну и подпадаем под притягательное действие нашего спутника, мы не должны представлять себе дело так, будто где-то прекращается земное



притяжение и начинается притяжение лунное; нет, на Луне появляются оба притяжения, но лунное превозмогает, — и явно заметно лишь действие преобладающей силы притяжения нашего спутника.

Однако близ лунной поверхности сказывается также и земное притяжение. Да и у нас на Земле наряду с земным притяжением проявляется тяготение Луны и Солнца; о нем дважды в сутки молчаливо, но убедительно свидетельствуют морские приливы.

Взаимное притяжение присуще не только телам небесным; это одно из основных свойств всякой материи. Им обладают даже самые мелкие крупинки вещества, где бы они ни помещались и какой бы ни были природы. Ни на мгновение не перестает оно проявляться везде и всюду, на каждом шагу,

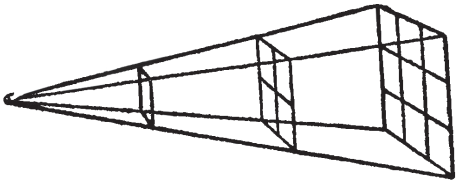


Рис. 1. Всемирное притяжение: закон расстояний.
На двойном расстоянии притяжение уменьшается в 2 × 2, т. е. в 4 раза, на тройном — в 3 × 3, т. е. в 9 раз, и т. д. — «пропорционально квадрату расстояния»

в великом и в малом. «Падение яблока с дерева, провал моста, сцепление почвы, явление прилива, предварение равноденствий, орбиты планет со всеми их возмущениями, существование атмосферы, солнечное тепло, вся область астрономического тяготения, так же как форма наших домов и мебели, совокупность условий обыденной жизни и даже наше существование — всецело зависят от этого основного свойства вещества», — так картинно изображает английский физик проф. О. Лодж значение тяготения в природе. Каждые две частицы любого вещества притягивают друг друга, — и никогда, ни при каких условиях взаимное их притяжение не прекращается: ослабевая с расстоянием, оно нисколько не уменьшается с течением времени.

Как же велика сила взаимного притяжения тел? Она может быть и невообразимо ничтожна, и чудовищно могущественна — в зависимости от размеров притягивающихся масс и от их взаимного расстояния.

Два яблока, по 100 г каждое, подвешенные одно от другого на расстоянии в 10 см (между центрами яблок), притягиваются с ничтожною силою в $\frac{1}{150\,000}$ мг. Это в сотни тысяч раз меньше веса песчинки. Ясно, что подобная сила едва способна преодолеть жесткость нитей, поддерживающих яблоки, и, конечно, не в состоянии сблизить яблоки сколько-нибудь заметным образом. Два взрослых человека, отстоящие на метр один от другого, взаимно притягиваются с силой около 40-й доли миллиграмма[1]. Столь ничтожная сила не может обнаружиться в условиях обыденной жизни. Она недостаточна даже, чтобы разорвать паутинную нить; а ведь чтобы сдвинуть с места человека, нужно преодолеть трение его подошв о пол; для груза в 65 кг трение достигает 20 кг, т. е. в 800 миллионов раз больше, чем упомянутая сила взаимного притяжения человеческих тел. Удивительно ли, что в условиях обиходной жизни мы не замечаем на Земле взаимного тяготения предметов?

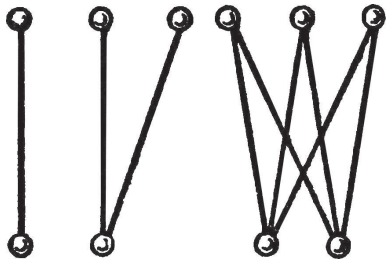


Рис. 2. Всемирное притяжение: закон масс.
1 единица массы притягивает 1 единицу с силою 1 ед.;
2 ед. массы притягивают 1 ед. с силою 2 ед.;
3 ед. массы притягивают 2 ед. с силою 2 × 3, т. е. 6 ед., и т. д.

[1] См. Приложение 1 (с. 536 настоящего издания).

Но если бы трения не было, если бы два человеческих существа висели без опоры в пустом пространстве и ничто не мешало проявляться их взаимному притяжению, — то какие бы чувства ни питали эти люди друг к другу, они непреодолимо влеклись бы навстречу силою всемирного тяготения, хотя скорость этого сближения под действием столь ничтожной силы была бы крайне незначительна.

Увеличьте притягивающиеся массы — и сила взаимного тяготения заметно возрастет. Провозглашенный *Ньютоном* закон всемирного тяготения утверждает: притяжение тел увеличивается пропорционально произведению их масс и уменьшается пропорционально квадрату взаимного расстояния. Можно вычислить, что два линейных корабля по 25 000 тонн каждый, плавая на расстоянии километра друг от друга, взаимно притягиваются с силою 4 г (см. Приложение 1). Это в сто шестьдесят тысяч раз больше упомянутой силы притяжения двух человеческих существ, но, разумеется, слишком еще недостаточно, чтобы преодолеть сопротивление воды и сблизить суда вплотную. Да и при полном отсутствии сопротивления оба корабля под действием столь ничтожной силы в течение первого часа сблизились бы всего на два сантиметра.

Даже притяжение целых горных хребтов требует для своего обнаружения тончайших измерений. Отвес, помещенный во Владикавказе, отклоняется от вертикали притяжением соседних Кавказских гор на угол всего лишь в 37 секунд.

Зато для таких огромных масс, как Солнце и планеты, взаимное притяжение даже на отдаленнейших расстояниях достигает степеней, превосходящих наше воображение.

Земля, несмотря на неимоверную отдаленность от Солнца, удерживается на своей орбите единственно лишь могучим взаимным притяжением обоих тел. Предположите на минуту, что это взаимное притяжение внезапно прекратилось и что инженеры задались целью заменить невидимые цепи тяготения материальными связями, — иначе говоря, желают привязать земной шар к Солнцу, скажем, стальными канатами. Вам знакомы, конечно, те свитые из проволоки тросы, которые применяются для подъемников. Каждый из них способен выдержать груз свыше 16 тонн. Знаете ли, сколько таких тросов понадобилось бы, чтобы помешать нашей планете удалиться от Солнца и, значит, как бы заменить силу взаимного притяжения Земли и Солнца? Цифра с пятнадцатью нулями мало скажет вашему воображению. Вы получите более наглядное представление о могуществе этого притяжения, если я сообщу вам, что всю обращенную к Солнцу поверхность земного шара пришлось бы густо покрыть непроходимым лесом таких тросов, по 70 на каждый квадратный метр.

Так огромна невидимая сила, влекущая планеты к Солнцу.

Впрочем, для межпланетных полетов не понадобится рассекать эту связь миров и сдвигать небесные светила с их вековечных путей. Будущему моряку

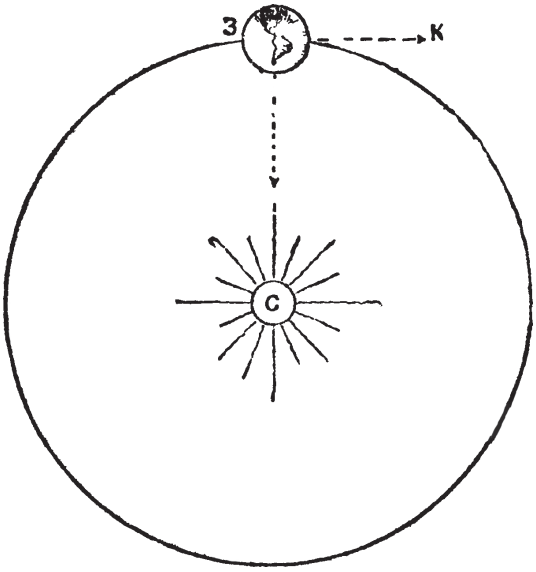


Рис. 3. Действие солнечного притяжения на Землю.
По инерции Земля стремится двигаться по касательной ЗК; притяжение Солнца заставляет ее уклоняться от касательной и переводит на криволинейный путь

Вселенной придется считаться лишь с притягательным действием планет и Солнца на мелкие тела, и прежде всего, конечно, с силой тяжести близ земной поверхности: она-то и приковывает нас к нашей планете.

Земная тяжесть интересует нас сейчас не тем, что она заставляет каждое лежащее или подвешенное земное тело давить на свою опору. Для нас важнее то, что всем телам, оставленным без опоры, тяжесть сообщает движение «вниз», к центру Земли. Вопреки обычному мнению, для всех тел — тяжелых и легких — быстрота этого движения в безвоздушном пространстве совершенно одинакова, и по истечении первой секунды падения всегда равна 10 м/сек[1]. По истечении второй секунды к накопленной 10-метровой скорости присоединяются еще 10 м: скорость удваивается. Возрастание скорости длится все время, пока совершается падение. С каждой секундой скорость падения возрастает на одну и ту же величину — на 10 м/сек. Поэтому к концу третьей секунды скорость равна 30 м/сек, к концу четвертой— 40, и т. д. Если же тело брошено снизу вверх, то скорость взлета, наоборот, уменьшается каждую следующую секунду на те же 10 м/сек: по истечении первой секунды она на 10 м/сек меньше, чем начальная; по истечении второй — еще на 10 м/сек меньше, т. е. в итоге на 20 м/сек, и т. д., пока не истощится вся первоначально

[1] Точнее — 9,8 м/сек; округляем это число ради простоты.

сообщенная телу скорость и оно не начнет падать вниз. (Так происходит лишь до тех пор, пока взлетающее тело не слишком удаляется от земной поверхности; на значительном расстоянии от Земли напряжение тяжести ослабевает, и тогда ежесекундно отнимается уже не 10 м/сек, а меньше.) Сухие цифры, — но они должны нам многое пояснить.

В старину, говорят, к ноге каторжан приковывали цепь с тяжелой гирей, чтобы отяжелить их шаг и сделать неспособными к побегу. Все мы, жители Земли, незримо отягчены подобной же гирей, мешающей нам вырваться из земного плена в окружающий простор Вселенной. При малейшем усилии подняться ввысь невидимая гиря дает себя чувствовать и влечет нас вниз с возрастающей стремительностью. Быстрота нарастания скорости падения — по 10 м в секунду за секунду — служит мерою отягчающего действия невидимой гири, которая держит нас в земном плену.

Все мечтающие о полетах по беспредельному океану Вселенной должны сожалеть о том, что человеческому роду приходится жить как раз на той планете, которую мы именуем «Землей». Среди небесных сестер земного шара не все обладают столь значительным напряжением тяжести, как наша планета. Вы убедитесь в этом, если взглянете на прилагаемую табличку, где напряжение тяжести на различных планетах дано по сравнению с напряжением земной тяжести.

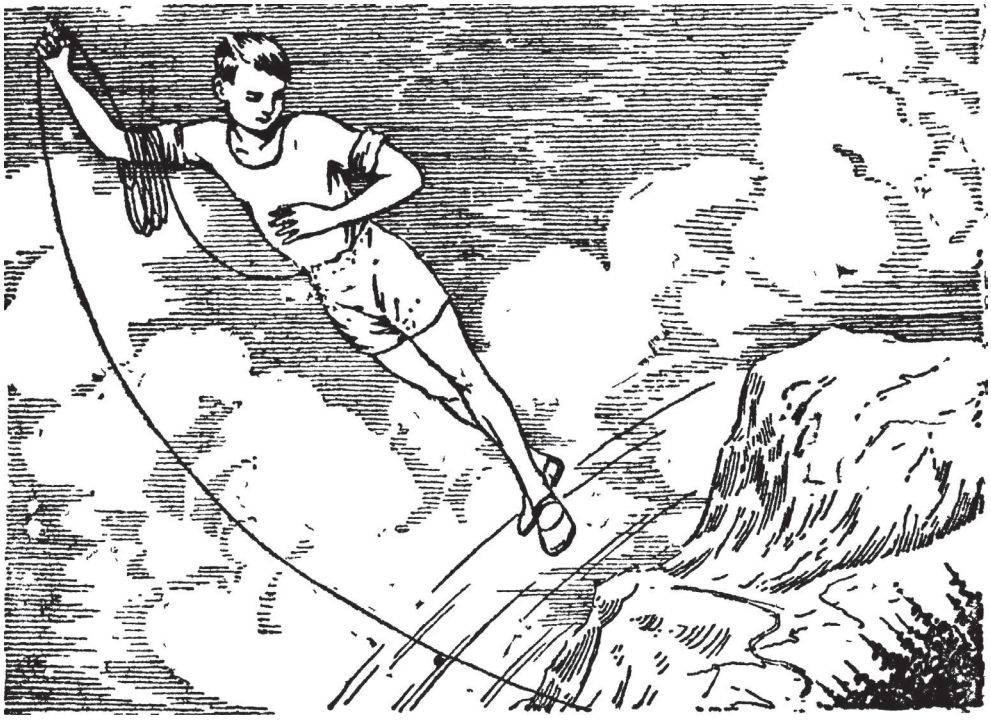


Рис. 4. Если бы тяжесть на Земле была такая же, как на Эросе...

Напряжение тяжести

(На Земле = 1)

На Юпитере	2,54
» Нептуне	1,14
» Сатурне	1,06
» Венере	0,9
» Уране	0,89
» Марсе	0,38
» Меркурии	0,37
» Плутоне	0,06
» Луне	0,17
» астероиде Церере	0,03
» » Эросе	0,0006

Будь условия тяжести у нас такие, как на Меркурии или на Луне, а тем более на Церере или Эросе, не пришлось бы, пожалуй, писать теперь этой книги, потому что люди давно путешествовали бы уже по мировому пространству. На мелких астероидах достаточно было бы просто оттолкнуться от планеты, чтобы навеки унестись в простор Вселенной...

Итак, межпланетные перелеты, помимо изыскания способов управления в пустоте, требуют разрешения вопроса о том, какими способами возможно бороться с силою земного притяжения.

Мысль наша способна вообразить лишь троякого рода борьбу с земною тяжестью:

1) можно искать средств *укрыться* или заслониться от силы притяжения, сделаться для нее неуязвимым;

2) можно пытаться *ослабить* напряжение земной тяжести; и, наконец —

3) оставляя силу земной тяжести без изменения, изыскивать средства ее *преодолеть*.

Каждый из трех путей в случае успеха сулит возможность освободиться от плена тяжести и пуститься в свободное плавание по Вселенной.

В этой последовательности мы и рассмотрим далее наиболее любопытные, заманчивые или поучительные проекты осуществления космических перелетов, прежде чем перейдем к изложению современного состояния вопроса.

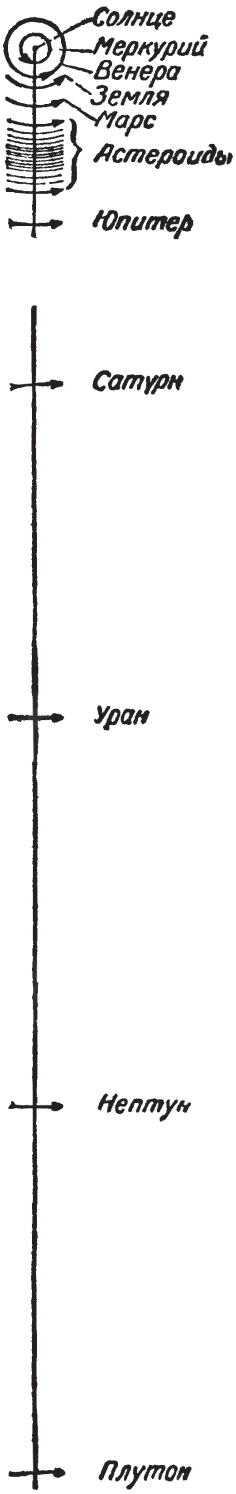


Рис. 5. Относительные расстояния планет от Солнца

3. Можно ли укрыться от силы тяжести?

С детства привыкли мы к тому, что все вещи прикованы своим весом к Земле; нам трудно поэтому даже мысленно отрешиться от тяжести и представить себе картину того, что было бы, если бы мы умели эту силу уничтожать по своему желанию. Такую фантастическую картину нарисовал в одной из своих статей американский ученый *Г. Сервис*[1]:

«Если бы в самый разгар военной кампании мы могли посылать волны, которые нейтрализовали бы силу тяжести, то всюду, куда бы они ни попадали, немедленно наступал бы хаос. Гигантские пушки взлетали бы на воздух как мыльные пузыри. Марширующие солдаты, внезапно почувствовав себя легче перышка, беспомощно витали бы в воздухе, всецело во власти неприятеля, находящегося вне сферы действия этих волн. Картина забавная и, как может показаться, невероятная, — а между тем так было бы в действительности, если бы людям удалось подчинить своей власти силу тяжести».

Все это, конечно, фантазия. Не приходится и думать о том, чтобы распоряжаться силою тяготения по своему желанию. Мы не в состоянии даже сколько-нибудь отклонить эту силу от пути, по которому она действует, не можем

[1] *Гаррет П. Сервис* (Гарретт Патнем Сервисс (1851–1929)) — автор популярной книги «Астрономия с биноклем», давно переведенной на русский язык.

ни одного тела защитить от ее действия. Тяготение — единственная сила природы, для которой не существует преград. Какое бы огромное, какое бы плотное тело ни стояло на ее пути, — сила эта проникает сквозь него как через пустое место. Тел, для тяготения непроницаемых, — сколько нам известно, — в природе нет.

Но если бы человеческому гению посчастливилось в будущем отыскать или приготовить такое непроницаемое для тяготения вещество, смогли ли бы мы с его помощью укрыться от силы притяжения, сбросить цепи тяжести и свободно ринуться в мировое пространство?

Английский писатель *Герберт Уэллс* подробно развил мысль о заслоне от тяготения в фантастическом романе «Первые люди на Луне»[1]. Ученый герой романа, изобретатель Кевор, открыл способ изготовления именно такого вещества, непроницаемого для тяготения. Об этом фантастическом веществе, названном в романе «кеворитом», автор рассуждает так:

«Почти каждое тело отличается непрозрачностью для какого-нибудь рода лучистой энергии и прозрачно для других ее видов. Стекло, например, пропускает видимый свет, но для невидимых лучей, производящих нагревание, оно гораздо менее прозрачно; квасцы, прозрачные для видимых лучей света, полностью задерживают лучи невидимые, нагревающие. Напротив, раствор йода в жидкости, называемой сероуглеродом, непрозрачен для видимых лучей света, но свободно пропускает невидимые, греющие лучи; через сосуд с такой жидкостью не видно пламени, но хорошо ощущается его теплота. Металлы непрозрачны не только для лучей света, видимого и невидимого, но и для электрических колебаний, которые, однако, свободно проходят сквозь стекло или через упомянутый раствор, как сквозь пустое пространство, и т. д.

Далее. Мы знаем, что для всемирного тяготения, т. е. для силы тяжести, проницаемы все тела. Вы можете поставить преграды, чтобы отрезать лучам света доступ к предметам; с помощью металлических листов можете оградить предмет от доступа радиоволн, — но никакими преградами не можете вы защитить предмет от действия тяготения Солнца или от силы земной тяжести. Почему, собственно, в природе нет подобных преград для тяготения — трудно сказать. Однако Кевор не видел причин, почему бы и не существовать такому веществу, непроницаемому для тяготения; он считал себя способным искусственно создать такое непроницаемое для тяготения вещество.

Всякий, обладающий хоть искрой воображения, легко представит себе, какие необычайные возможности открывает перед нами подобное вещество. Если, например, нужно поднять груз, то, как бы огромен он ни был, достаточно будет разостлать под ним лист из этого вещества — и груз можно будет поднять хоть соломинкой».

Располагая столь замечательным веществом, герои романа сооружают небесный дирижабль, в котором и совершают смелый перелет на Луну. Устройство

[1] Подлинник появился в 1901 г. Имеется несколько русских переводов.

снаряда весьма несложно: в нем нет никакого двигательного механизма, так как он перемещается действием внешних сил. Вот описание этого фантастического аппарата:

«Вообразите себе шарообразный снаряд, достаточно просторный, чтобы вместить двух человек с их багажом. Снаряд будет иметь две оболочки — внутреннюю и наружную; внутренняя — из толстого стекла, наружная — стальная. Можно взять с собою запас сгущенного воздуха, концентрированной пищи, аппараты для дистилляции воды и т. п. Стальной шар будет снаружи весь покрыт слоем кеворита. Внутренняя стеклянная оболочка будет сплошная, кроме люка; стальная же будет состоять из отдельных частей, и каждая такая часть может сворачиваться как штора. Когда все шторы наглухо спущены, внутрь шара не может проникнуть ни свет, никакой вообще вид лучистой энергии, ни сила всемирного тяготения. Но вообразите, что одна из штор поднята; тогда любое массивное тело, которое случайно находится вдали против этого окна, притянет нас к себе. Практически мы можем путешествовать в мировом пространстве в том направлении, в каком пожелаем, притягиваемые то одним, то другим небесным телом».

Интересно описан в романе момент отправления аппарата в путь. Слой «кеворита», покрывающий аппарат, делает его совершенно невесомым. Невесомое тело не может спокойно лежать на дне воздушного океана; с ним должно произойти то же, что происходит с пробкой, погруженной на дно озера: она всплывает на поверхность воды. Точно так же невесомый аппарат должен стремительно подняться ввысь и, миновав крайние границы атмосферы, умчаться по инерции в мировое пространство. Герои романа Уэллса так и полетели. А очутившись далеко за пределами атмосферы, они, открывая одни заслонки, закрывая другие, подвергая свой снаряд притяжению то Солнца, то Земли, то Луны, добрались наконец до поверхности нашего спутника. Впоследствии таким же путем аппарат благополучно возвратился на Землю.

Описанный проект космических перелетов кажется на первый взгляд настолько правдоподобным, что естественно возникает мысль: не в этом ли направлении следует искать разрешения задачи звездоплавания? Нельзя ли, в самом деле, найти или изобрести вещество, непроницаемое для тяготения, и, пользуясь им, устроить межпланетный корабль?

Достаточно, однако, глубже вдуматься в эту идею, чтобы убедиться в полной ее несостоятельности.

Не говорю уже о том, как мало у нас надежды отыскать вещество, заслоняющее от тяготения. Ведь последние элементарные частицы, электроны и протоны, из которых построены все виды материи, обладают весомостью и проницаемы для тяготения. Немыслимо представить себе, чтобы какое-нибудь их сочетание могло обладать иными свойствами в этом отношении.

Современное представление о сущности тяготения (учение А. Эйнштейна) рассматривает его вовсе не как силу природы, а как своеобразное

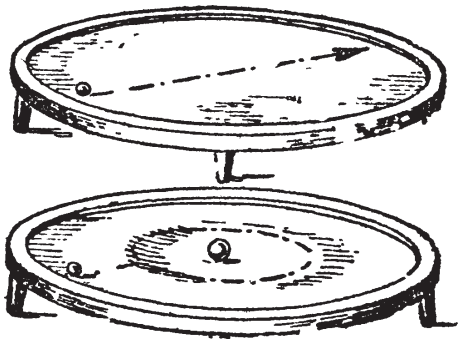


Рис. 6. Аналогия тяготения по воззрениям Эйнштейна

воздействие материи на форму окружающего пространства: пространство в соседстве с материей приобретает кривизну. Уяснить себе это крайне необычное воззрение можно отчасти с помощью следующей аналогии. У вас имеется натянутая на обруче ткань; вы пускаете по ткани (мимо центра) легкий шарик — он покатится по прямой линии. Но вообразите, что вблизи пути легкого шарика положен на ткань крупный свинцовый шар. Он вдавит под собою ткань в виде чашки; легкий шарик, пущенный в прежнем направлении, не пронесется мимо этой чашки по прямой линии, а будет втянут вдавленностъю и закружится по ее склонам вокруг свинцового шара, как планета около Солнца. Планеты — такова сущность учения Эйнштейна — обращаются вокруг Солнца не потому, что отклоняются от прямолинейного пути притягательной силой центрального светила, а потому, что пространство, окружающее Солнце, искривлено.

Читатель не должен забывать, что картина эта — всего лишь грубая аналогия, пытающаяся придать наглядность крайне отвлеченным представлениям. Как бы то ни было, современный взгляд на природу тяготения исключает возможность существования экрана, непроницаемого для действия этого фактора. Но пусть даже фантастический «кеворит» найден, пусть сооружен аппарат по идее английского романиста. Пригоден ли будет такой аппарат для межпланетных путешествий, как описано в романе? Посмотрим.

В уме читателя, вероятно, уже мелькнуло сомнение, когда романист говорил нам о возможности поднятъ тяжелый груз «хоть соломинкой», поместив под ним непроницаемый для тяготения экран. Ведь это значит ни более ни менее, как разрешить проблему вечного двигателя, создать энергию ни из чего! Вообразите, в самом деле, что мы обладаем заслоном от тяготения. Подкладываем лист «кеворита» под любой груз, поднимаем без всякой затраты энергии наш теперь уже невесомый груз на любую высоту и снова убираем экран. Груз, конечно, падает вниз и может произвести при падении некоторую работу. Повторяем эту простую операцию дважды, трижды, тысячу, миллион

раз, сколько пожелаем — и получаем произвольно большое количество энергии, ниоткуда ее не заимствуя.

Выходит, что непроницаемый для тяготения экран дает нам чудесную возможность творить энергию ни из чего, так как ее появление, по-видимому, не сопровождается одновременным исчезновением равного количества энергии в другом месте или в иной форме. Если бы герой романа действительно побывал на Луне и возвратился на Землю тем способом, какой там описан, то в результате подобного путешествия мир обогатился бы энергией. Общее количество ее во Вселенной увеличилось бы на столько, сколько составляет разность работ, совершаемых силою тяготения при падении человеческого тела с Луны на Землю и с Земли на Луну. Земля притягивает сильнее, чем Луна, и, следовательно, первая работа больше второй. Пусть эта прибавка энергии ничтожна по сравнению с запасом ее во Вселенной, все же такое сотворение энергии несомненно противоречит закону сохранения энергии.

Если мы пришли к явному противоречию с законами природы, то, очевидно, в рассуждение вкралась незамеченная нами ошибка. Нетрудно понять, где именно надо ее искать. Идея заслона, непроницаемого для тяготения, сама по себе не заключает *логической* нелепости; но ошибочно думать, будто с помощью его можно сделать тело невесомым *без затраты энергии*. Нельзя перенести тело за экран тяготения, не производя при этом никакой работы. Невозможно задвинуть шторы «кеворитного» шара, не применяя силы. Обе операции должны сопровождаться затратой количества энергии, равного тому, которое потом является словно созданным из ничего. В этом и состоит разрешение противоречия, к которому мы пришли.

Задвигая заслонки межпланетного аппарата, герои Уэллса тем самым словно рассекали невидимую цепь притяжения, которая приковывала их к Земле. Мы знаем в точности крепость этой цепи и можем вычислить величину работы, необходимой для ее разрыва. Это та работа, которую мы совершили бы, если бы перенесли весомое тело с земной поверхности в бесконечно удаленную точку пространства, где сила земного притяжения равна нулю.

Есть люди, привыкшие относиться к слову «бесконечность» с мистическим благоговением, и упоминание этого слова нередко порождает в уме нематематика весьма превратные представления. Когда я сказал о работе, производимой телом на *бесконечном* пути, иные читатели, вероятно, уже решили про себя, что эта работа бесконечно велика. На самом деле она, хотя и очень велика, но имеет конечную величину, которую математик может в точности вычислить. Работу перенесения весомого тела с земной поверхности в бесконечность мы можем рассматривать как сумму бесконечного ряда слагаемых, которые быстро уменьшаются, потому что с удалением от Земли сила притяжения заметно ослабевает. Сумма подобных слагаемых, хотя бы их было бесчисленное множество, нередко дает результат конечный. Сделайте шаг, потом еще полшага, затем еще ¼ шага, еще ⅛, 1/16, 1/32 и т. д. Вы можете подвигаться так целую вечность — и все же не сделаете больше двух полных шагов.

При учете работы тяготения мы имеем нечто вроде подобного суммирования, и читатель не должен удивляться, что работа эта даже на бесконечном пути имеет значение конечное. Можно вычислить, что для груза в 1 кг работа его перенесения с земной поверхности в бесконечность составляет немного более 6 миллионов килограммометров[1]. Так как эта техническая оценка работы не для всех понятна, то поясню, что она равна величине работы, которую произвел бы, например, подъемный кран, подняв паровоз с тендером (75 т) на высоту 80 м. Современные океанские пароходы-исполины с турбинами мощностью в 100 000 лошадиных сил совершают ту же работу менее чем в одну секунду.

Далее. В смысле затраты работы совершенно безразлично, перенесете ли вы груз с Земли в бесконечно удаленную точку или же в весьма близкое место, но такое, где он вовсе не притягивается Землей. В обоих случаях вы совершили бы одинаковую работу: величина ее зависит не от длины пройденного пути, а только от разности силы притяжения в крайних точках пути. При переносе тела в бесконечность работа производится на протяжении бесконечно длинного пути; при переносе за экран тяготения та же самая работа затрачивается в те несколько мгновений, пока совершается перенос. Надо ли говорить, что вторую работу практически было бы еще труднее произвести, чем первую?

Теперь становится очевидной безнадежность фантастического проекта Уэллса. Романист не подозревал, что перенесение тела за экран, непроницаемый для тяготения, представляет неимоверно трудную механическую задачу[2]. Задвинуть заслонки «кеворитного» снаряда не так просто, как захлопнуть дверцу автомобиля: в промежуток времени, пока закрываются заслоны и пассажиры уединяются от весомого мира, должна быть выполнена работа, равная работе перенесения пассажиров в бесконечность. А так как два человека весят свыше 100 кг, то, значит, задвигая заслонки снаряда, герои романа должны были в одну секунду совершить работу не мало не много в 600 миллионов килограммометров. Это столь же легко выполнитъ, как втащить сорок паровозов на вершину Эйфелевой башни в течение одной секунды. Обладая такой мощностью, мы и без «кеворита» могли бы буквально прыгнуть с Земли на Луну...

Итак, идея странствовать во Вселенной под защитою вещества, непроницаемого для тяготения, приводит к тому, что в логике называется «порочным кругом». Чтобы воспользоваться таким веществом, надо преодолеть притяжение Земли, т. е. выполнять именно то, ради чего и должен быть придуман заслон тяготения. Следовательно, заслон для тяготения не разрешил бы проблемы небесных путешествий.

---

[1] Я. П. часто использует при рассуждении *техническую систему единиц* (МКГСС) — систему единиц измерения, в которой основными единицами являются метр, килограмм-сила и секунда. В наши дни МКГСС все еще продолжает использоваться на ряде промышленных предприятий (*примеч. ред.*).

[2] На этот давно обнаруженный мною недосмотр в рассуждениях Уэллса я имел возможность обратить внимание писателя лишь в 1934 г., при его посещении СССР.

4. Можно ли ослабить земную тяжесть?

Если несбыточны надежды укрыться от силы тяжести, то, быть может, существуют способы хотя бы *ослабить* тяжесть на земной поверхности?

Казалось бы, закон тяготения не допускает подобной возможности даже в теории: сила притяжения зависит ведь от массы земного шара, уменьшить которую мы не в состоянии. Однако это не так. Речь идет о напряжении тяжести на *поверхности* нашей планеты, а именно, как известно, зависит не от одной лишь массы, но и от расстояния до центра земного шара, т. е. от величины земного радиуса. Если бы мы могли разрыхлить земной шар настолько, чтобы, увеличившись в объеме, он приобрел радиус, например, вдвое больше, чем теперь, то напряжение тяжести на поверхности такого шара стало бы вчетверо меньше. В самом деле: находясь на поверхности Земли, мы были бы вдвое дальше от притягивающего центра (шарообразные тела притягиваются так, словно вся их масса сосредоточена в центре). Выгода от подобного переустройства обитаемой нами планеты получилась бы еще и та, что поверхность земного шара увеличилась бы в четыре раза. Людям жилось бы на Земле буквально вчетверо «свободнее» и вчетверо «легче»...

Разумеется, современная и даже будущая техника не в состоянии осуществить ничего подобного.

Механика указывает и другой путь к ослаблению земной тяжести. Он состоит в том, чтобы ускорить быстроту вращения Земли вокруг оси.

Уже и теперь центробежный эффект вращения земного шара уменьшает вес каждого тела на экваторе на $\frac{1}{290}$ долю. В соединении с другой причиной (вздутием земного шара у экватора) вращение Земли действует так, что все тела на экваторе весят на ½% меньше, чем близ полюсов. Паровоз, весящий в Москве 60 т, становится по прибытии в Архангельск на 60 кг тяжелее, а в Одессу — на столько же легче. Партия угля в 5000 т, доставленная со Шпицбергена в экваториальный порт, уменьшилась бы в весе на 20 т, если бы приемщику пришла фантазия принять груз, пользуясь пружинными весами, выверенными на Шпицбергене. Линкор, весящий в Архангельске 20 000 т, становится по прибытии в экваториальные воды легче на 80 т; но это, конечно, неощутительно, так как соответственно легче делаются и все другие тела, не исключая и воды в океане. Разницу веса похищает главным образом центробежный эффект: на экваторе он несколько больше, чем в удаленных от него широтах, где точки земной поверхности при вращении Земли описывают гораздо меньшие круги.

Нетрудно доказать, что если бы Земля вращалась в 17 раз быстрее, чем теперь, то центробежный эффект на экваторе увеличился бы в 17 × 17, т. е. почти в 290 раз. Вспомнив, что теперь центробежный эффект похищает у тел как раз $\frac{1}{290}$ долю их веса, вы поймете, что на экваторе столь быстро вращающейся Земли тела *совсем не имели бы веса*. Стоило бы тогда лишь достичь экватора, чтобы, слегка оттолкнувшись там, ринуться в мировое пространство. Задача звездоплавания разрешалась бы крайне просто. А если бы Земля вращалась еще быстрее, мы сделались бы небесными странниками поневоле, так как инерция при вращении сама отбросила бы нас в бездонную глубь неба. Людям приходилось бы задумываться уже над проблемой «земных», а не межпланетных странствований...

Но мы чересчур далеко забрели в область фантазии. Все сказанное лежит, конечно, за гранью достижимого. Если бы в наших силах и была возможность ускорить вращение земного шара, то, вертясь достаточно быстро, Земля расплющилась бы (в плоскости своего экватора), а быть может, даже еще ранее разлетелась бы на части, как чересчур быстро заверченный жернов. Возможность путешествовать в межзвездных пространствах приобретена была бы слишком дорогой ценой...

5. Вопреки тяжести — на волнах света

Из трех мыслимых способов борьбы с тяготением мы рассмотрели и отвергли два: способ защиты от тяготения и способ ослабления земной тяжести. Ни тот, ни другой не дают надежды успешно разрешить заманчивую проблему межпланетных перелетов. Бесплодны всякие попытки укрыться от силы

тяготения; безнадежно стремление ослабить напряжение тяжести. Остается одно: вступить с тяготением в борьбу, искать средство *преодолеть* его и покинуть нашу планету *вопреки* притяжению.

Проектов подобного рода существует несколько. Они, без сомнения, интереснее всех других, так как их авторы не измышляют фантастических веществ вроде «экрана тяготения», не предлагают переделать земной шар или изменить скорость его вращения.

Один из проектов рассматриваемой категории предлагает воспользоваться для межпланетных перелетов *давлением световых лучей*. Лицам, мало знакомым с физикой, должно казаться невероятным, что нежные лучи света оказывают давление на озаряемые ими предметы. Между тем одной из величайших заслуг нашего гениального физика П. Н. Лебедева[1] было то, что он на опыте обнаружил и измерил отталкивающую силу лучей света.

Всякое светящееся тело, будь то свеча на вашем столе, электрическая лампа, раскаленное Солнце или даже темное тело, испускающее невидимые лучи, давит своими лучами на озаряемые тела. П. Н. Лебедеву удалось измерить силу давления, оказываемого солнечными лучами на освещаемые ими земные предметы: в мерах веса она составляет около ½ мг для площади в квадратный метр. Если умножить полмиллиграмма на площадь большого круга земного шара, мы получим для давления солнечных лучей на Землю весьма внушительный итог: около 60 000 т.

Такова величина силы, с которой Солнце давлением своих лучей постоянно отталкивает нашу планету. Сама по себе взятая, сила эта велика. Но если сравнить ее с величиною солнечного *притяжения*, то окажется, что отталкивание в 60 000 т не может иметь заметного влияния на движение земного шара: сила эта в 60 *триллионов* раз слабее солнечного притяжения. Далекий Сириус, от которого свет странствует к нам 8 лет, притягивает Землю с гораздо большею силою — 10 миллионов тонн, а планета наша словно не чувствует этого. Не забудем, что 60 000 т — это вес только одного большого океанского парохода. (Вычислено, что под давлением солнечных лучей земной шар должен удаляться от Солнца на 2½ мм в год.)

Однако чем тело меньше, тем бóльшую долю силы притяжения составляет световое давление. Вы поймете, почему это, если вспомните, что притяжение пропорционально *массе* тела, световое же давление пропорционально его *поверхности*. Уменьшите мысленно земной шар так, чтобы поперечник его стал вдвое меньше. Объем, а с ним и масса Земля уменьшается в $2 \times 2 \times 2 = 8$ раз, поверхность же уменьшится лишь в $2 \times 2 = 4$ раза; значит, притяжение ослабнет в 8 раз, пропорционально уменьшению массы; световое же давление уменьшится соответственно поверхности, т. е. всего лишь в 4 раза. Вы видите,

[1] *Петр Николаевич Лебедев* (1866–1912) — русский физик-экспериментатор, в частности, первым подтвердивший на опыте вывод Максвелла о наличии светового давления (*примеч. ред.*).

это притяжение ослабело заметнее, чем световое давление. Уменьшите Землю еще вдвое — получится снова выгода в пользу светового давления.

Если будете продолжать и далее это неравное состязание кубов с квадратами, то неизбежно дойдете до таких мелких частиц, для которых световое давление наконец сравняется с притяжением. Подобная частица не будет уже приближаться к Солнцу — притяжение уничтожится равным отталкиванием. Вычислено, это для шарика плотности воды это должно иметь место в том случае, если поперечник его немного менее тысячной доли миллиметра.

Ясно, что если подобный шарик будет еще меньше, то световое отталкивание превзойдет силу притяжения, и крупинка будет уже стремиться не к Солнцу, а от Солнца. Чем крупинка меньше, тем сильнее должна она отталкиваться от Солнца. Перевес светового давления над тяготением, конечно, выражается ничтожной величиной, но ведь и ничтожность — относительна. Масса пылинки, которую эта сила движет, также чрезвычайно мала; и мы не должны удивляться тому, что маленькая сила сообщает весьма маленькой массе огромную скорость — в десятки, сотни и тысячи километров в секунду[1]...

Как читатель узнает позже, достаточно сообщить телу секундную скорость около 11 км, чтобы отослать его с земной поверхности в мировое пространство, а при начальной скорости в 17 км в сек. тело сможет свободно странствовать по планетной системе. Значит, если ничтожная земная пылинка очутится почему-либо за пределами атмосферы, она будет подхвачена там световым давлением и увлечется им в мировое пространство, навсегда покинув породившую ее Землю. Она будет мчаться с возрастающей скоростью все далее и далее к окраинам нашей планетной системы, пересекая орбиты Марса, астероидов, Юпитера и через каких-нибудь полторы декады будет уже у крайней границы нашей солнечной системы.

Два американских ученых, Никольс и Гулл, изучавшие световое давление одновременно с П. Н. Лебедевым, произвели следующий чрезвычайно поучительный опыт. В абсолютно пустую стеклянную трубку, имеющую перехват как в песочных часах (рис. 7), они насыпали смесь прокаленных грибных спор и наждачного порошка. Прокаленные и, следовательно, превращенные в уголь споры необычайно малы и легки; они имеют не более 0,002 мм в поперечнике и в десять раз легче воды. Поэтому, если направить на них сильный свет, сосредоточенный помощью зажигательного стекла[2], то можно ожидать, что пылинки будут отталкиваться световыми лучами. Так и происходило в опыте: когда смесь пересыпалась сквозь шейку перехвата, то направленный

[1] «Однако закон обратной пропорциональности радиусу не имеет больше силы, когда радиус становится слишком малым в сравнении с длиной волны отталкивающих световых лучей: при некотором радиусе, близком к 0,0001 мм, отношение давления к притяжению начинает быстро уменьшаться» (Пойнтинг).

[2] Сосредоточенный пучок лучей, естественно, должен оказывать более сильное давление, нежели обыкновенный.

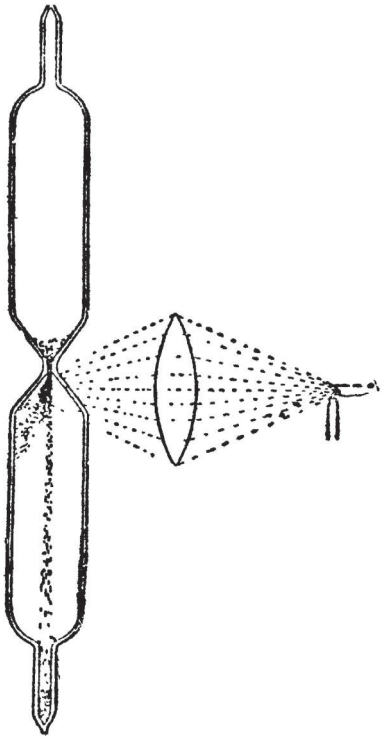


Рис. 7. Опыт Никольса и Гулла, обнаруживающий давление световых лучей

сюда свет (вольтовой дуги) отталкивал угольные пылинки, между тем как более тяжелые частицы наждачного порошка падали отвесно.

Загадочная особенность кометных хвостов, словно отталкиваемых Солнцем, по всей вероятности, объясняется именно лучевым давлением. Об этом догадывался гениальный Кеплер, законодатель планетной системы, писавший три века назад следующие строки в своем трактате о кометах: «По натуре всех вещей полагаю, что когда материя в пространстве Вселенной извержена бывает и сия пропускающая свет голова кометы прямыми лучами Солнца ударяется и пронизывается, то из внутренней материи кометы нечто им следует и тою же дорогою исходит, которой солнечные лучи пробивают и тело кометы освещают... Указание на причину, что из материи кометного тела нечто непрерывно изгоняется солнечными лучами силою оных, подал мне хвост кометы, о коем известно, что он всегда удаляется в сторону, противоположную Солнцу, и лучами Солнца формируется... Итак, нимало не сомневайся, читатель, что хвосты комет образуются Солнцем из материи, из головы изгнанной».

Не может ли и человек воспользоваться тою же силою для межпланетных путешествий? Для этого не надо было бы непременно уменьшаться до микроскопических размеров; достаточно устроить аппарат с таким же выгодным отношением поверхности и массы, как у мельчайших пылинок, отталкиваемых лучами Солнца. Другими словами: поверхность аппарата должна быть во столько же раз больше поверхности пылинки, во сколько раз вес снаряда больше веса этой пылинки.

Автор одного астрономического романа перенес своих героев на другие планеты именно в подобном аппарате. Его герои соорудили каюту из легчайшего материала, снабженную огромным, но легким зеркалом, которое можно было поворачивать наподобие паруса. Помещая зеркало под различными углами к солнечным лучам, пассажиры небесного корабля, смотря по желанию, либо ослабляли отталкивающее действие света, либо же сводили его на нет, всецело отдаваясь притягательной силе. Они плавали взад и вперед по океану Вселенной, посещая одну планету за другой.

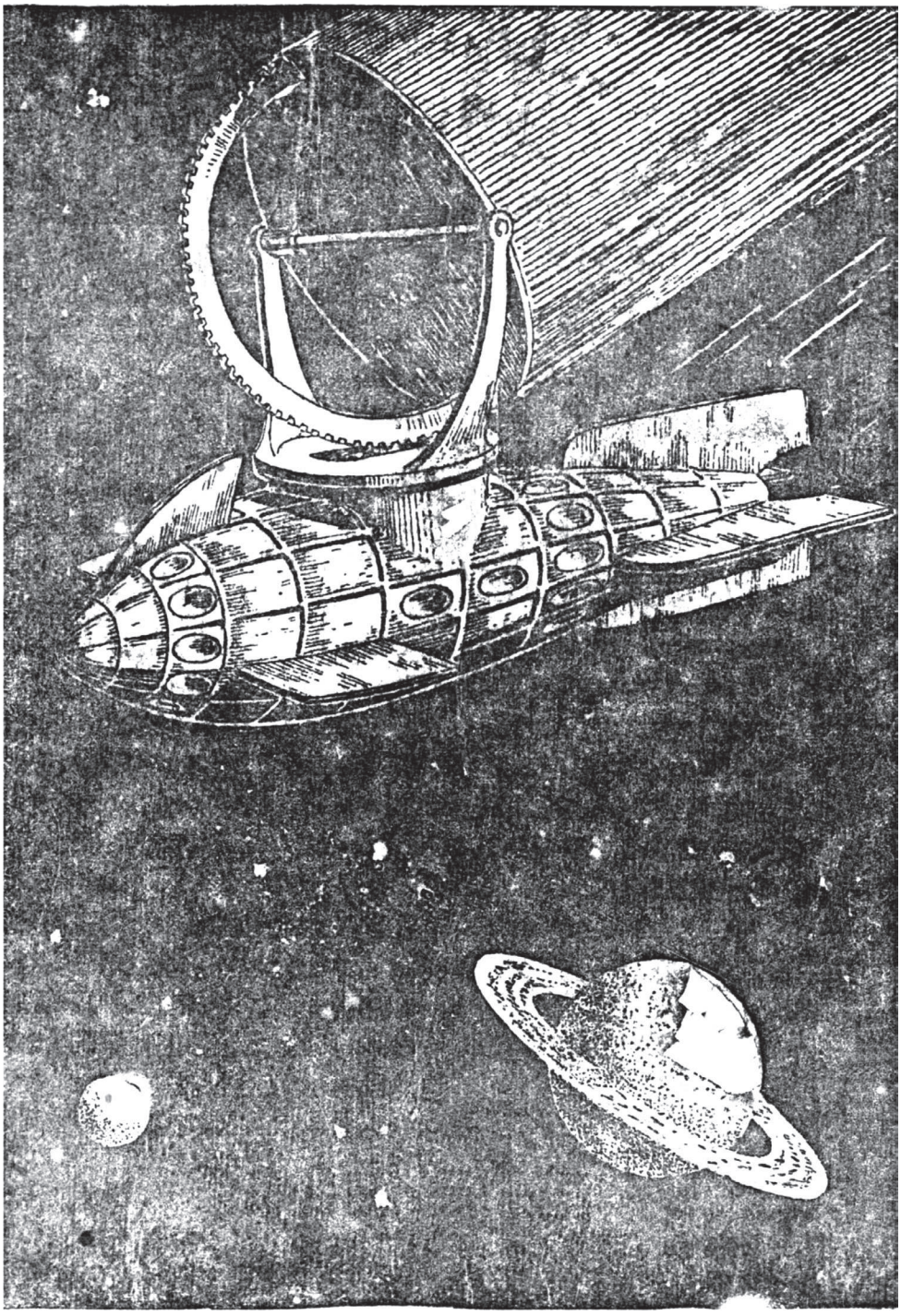


Рис. 8. Фантастическое путешествие давлением световых лучей

В романе все выходит правдоподобно и заманчиво. Но точный расчет разрушает эту мечту, не оставляя надежды на осуществление подобного проекта. Ведь зеркало площадью в один квадратный метр должно обладать массою не менее килограмма; мы хотим, чтобы под действием светового давления оно приобрело скорость, дающую ему возможность свободно странствовать в солнечной системе, т. е. — как узнаем далее — 17 км/сек. Легко рассчитать, что такая скорость может накопиться под действием светового давления только в... 130 лет!

Правда, изготовив зеркало из легчайшего металла — лития, при толщине 0,1 мм, мы имели бы на кв. метр его массу только в 50 г. Срок накопления космической скорости для такого зеркала (но не для увлекаемого им аппарата!) сокращается в 20 раз. Практически это, однако, не меняет дела: ясно, что при подобных темпах изменения скорости маневрирование космическим кораблем невозможно. К тому же не надо упускать из виду, что световое давление должно двигать, кроме зеркала, также и весь соединенный с ним аппарат, пассажиров и груз.

Использовать световое давление можно было бы, пожалуй, лишь для перемещения так называемой внеземной станции, о которой речь будет у нас впереди (см. далее главу «Искусственная луна»).

Столь же безнадежно обстоит вопрос с проектом применить для этой цели радиоволны, посылаемые с Земли в мировое пространство. Во-первых, за внешние пределы земной атмосферы может пробиться в лучшем случае только незначительная часть посылаемых электромагнитных лучей (см. об этом статью «Межпланетная сигнализация» в Приложениях к книге). Если для движения звездолета оказывается недостаточной механическая энергия солнечного излучения, то что сказать об излучении земных радиостанций? Что же касается управления межпланетным кораблем по радио, то и об этом тоже говорить не приходится, потому что такое управление возможно было бы лишь в случае, если бы корабль имел в себе механизм для движения в безвоздушном пространстве, — а в этом ведь и вся задача.

6. Из пушки на Луну. Теория

Небесные силы отказали нам в помощи. Остается рассчитывать лишь на могущество человеческой техники, преодолевшей уже немало природных препятствий. Найдем ли мы в ней орудие достаточно могучее, чтобы разорвать оковы тяжести и ринуться в простор мироздания для исследования иных миров?

Надо было обладать оригинальным умом Жюля Верна, чтобы в смертоносном орудии — в пушке — усмотреть средство «вознестись живым на небо». Большинство людей не отдает себе отчета в том, что с механической точки зрения пушка — самая мощная из всех машин, созданных до сих пор

человеческой изобретательностью. Пороховые газы, образующиеся в канале орудия при выстреле, оказывают на снаряд давление в 2–3 тысячи килограммов на квадратный сантиметр: это в несколько раз превышает чудовищное давление водных масс в глубочайших пучинах океана. Чтобы оценить работоспособность современной пушки в единицах мощности, т. е. в лошадиных силах[1], рассмотрим 40-сантиметровое орудие, выбрасывающее снаряд в 600 кг со скоростью 900 м/сек. «Живая сила» такого снаряда — полупроизведение массы на квадрат скорости — составляет около 24 000 000 кгм. Если принять во внимание, что столь огромный запас работы развивается в течение небольшой доли секунды — в данном случае 30-й, — то окажется, что секундная работа, выполняемая пушкой, т. е. ее *мощность*, определяется числом 10 000 000 лош. сил. Между тем мощность машин величайшего океанского парохода[2] только 200 000 лош. сил; понадобилось бы полсотни двигателей подобного исполина, чтобы выполнить механическую работу, совершаемую пороховыми газами орудия в течение секунды.

Не без основания, как видим, предлагал французский романист именно с помощью пушки разрешить проблему заатмосферных полетов. В своих

[1] В нашей стране *лошадиная сила* как внесистемная единица формально вышла из употребления и применяется лишь в технике (например, при исчислении мощности автомобилей, при расчете транспортного налога и т. п.). Метрическая лошадиная сила точно равна 735,49875 ваттам (*примеч. ред.*).

[2] «Куин Мери» («Королева Мария»).

романах он оставил нам самый популярный проект межпланетных путешествий. Кто в юности не путешествовал с его героями на Луну внутри пушечного ядра?

Остроумная идея, разработанная романистом в двух произведениях— «От Земли до Луны» и «Вокруг Луны»[1], заслуживает большего внимания, чем то, которое обычно ей уделяется. Увлекшись фабулой произведения, читатели склонны превратно оценивать его основную мысль, считая ее фантастичной там, где она реальна, и осуществимой там, где она несбыточна. Рассмотрим же поближе проект Жюля Верна как техническую идею.

Признаюсь, не без волнения приступаю я к строгому разбору пленительных повестей увлекательного романиста. За десятки лет, протекших со времени появления (1865–1870 гг.) этих произведений, увенчанных премией Академии[2], они успели стать любимым чтением молодежи всех стран. В годы моей юности они зажгли во мне впервые живой интерес к астрономии; не сомневаюсь, что тем же обязаны им и многие тысячи других читателей. И если я решаюсь вонзить анатомический нож в поэтическое создание романиста, то утешаю себя мыслью, что следую лишь примеру его даровитого соотечественника, известного физика Шарля Гильома[3].

Вы имеете превратное представление о науке, если думаете, что она безжалостно подсекает крылья воображению и обрекает нас пресмыкаться в обыденности повседневной жизни. Бесплодной Сахарой было бы поле научных исследований, если бы ученые не прибегали к услугам воображения, не умели отвлекаться от мира видимого, чтобы создавать мысленные, неосязаемые образы. Ни одного шага не делает наука без воображения; она постоянно питается плодами фантазии, но фантазии научной, рисующей воображаемые образы со всею возможною отчетливостью.

Научный разбор романа Жюля Верна не есть поэтому столкновение действительности с фантазией. Нет, это соперничество двух родов воображения — научного и ненаучного. И победа остается за наукой вовсе не потому, что романист слишком много фантазировал. Напротив, он фантазировал недостаточно, не достроил до конца своих мысленных образов. Созданная им фантастическая картина межпланетного путешествия страдает недоделанностью. Нам придется восполнить эти недостающие подробности, и не наша вина, если упущенные черты существенно изменяют всю картину.

Надо ли пересказывать содержание романа, который у всех в памяти? Напомню лишь вкратце, словами самого Жюля Верна, главнейшие из интересующих нас обстоятельств.

---

[1] Имеется русский перевод под редакцией и с примечаниями Я. И. Перельмана.

[2] Имеется в виду *Французская академия* — научное учреждение, целями которого является изучение французского языка, литературы и т. п. (*примеч. ред.*).

[3] См. последнюю главу его «Initation à la Méchanique» (есть русский перевод под заглавием «Введение в механику»).

«В 186... году весь мир был в высшей степени взволнован одним научным опытом, первым и совершенно оригинальным в летописях науки. Члены Пушечного клуба, основанного артиллеристами в Балтиморе после американской войны[1], вздумали войти в сношение с Луной, — да, с Луной, — послав в нее снаряд. Их председатель, Барбикен, инициатор предприятия, посоветовавшись с астрономами Кэмбриджской (в Сев. Америке) обсерватории, принял все необходимые меры, чтобы обеспечить это необыкновенное предприятие.

Согласно указаниям, данным членами обсерватории, пушка, из которой будет сделан выстрел, должна быть установлена в стране, расположенной между 0° и 28° северной или южной широты, чтобы можно было навести ее на Луну в зените. Снаряду должна быть дана первоначальная скорость в 16 тысяч метров в секунду. Выпущенный 1 декабря в десять часов сорок секунд вечера, он должен достичь цели через четыре дня после своего отправления, 5 декабря, ровно в полночь, в тот самый момент, когда Луна будет находиться в своем перигее, т. е. в ближайшем расстоянии от Земли.

Решено было, что 1) снаряд будет представлять собою алюминиевую гранату диаметром в 275 см, со стенками толщиной в 30 см, и будет весить 9 т; 2) пушка будет чугунная, длиною 275 м, и будет вылита прямо в земле; 3) на заряд будет взято 107 т пироксилина, который, развив под снарядом шесть миллиардов литров газа, легко добросит его до ночного светила.

Когда эти вопросы были разрешены, председатель клуба, Барбикен, выбрал место, где после чудовищной работы была вполне успешно отлита эта колумбиада (пушка).

В таком положении находились дела, когда случилось событие, во сто раз увеличившее интерес, возбужденный этим великим предприятием.

Один француз, фантаст-парижанин, умный и отважный, попросил заключить его в снаряд, так как он хочет попасть на Луну и познакомиться с земным спутником[2]. Он помирил председателя Барбикена с его смертельным врагом, капитаном Николаем, и в залог примерения уговорил их отправиться вместе с ним в снаряде. Предложение было принято. Изменили форму снаряда. Теперь он стал цилиндроконическим. Этот род воздушного вагона снабдили сильными пружинами и легко разбирающимися перегородками, которые должны были ослабить силу толчка при выстреле. Захватили съестных припасов на год и воды на несколько месяцев, газа на несколько дней. Особый автоматический аппарат изготовлял и доставлял воздух, необходимый для дыхания трем путешественникам.

1 декабря в назначенный час, в присутствии необычайного скопления зрителей, начался полет, — и в первый раз три человеческих существа, покинув земной шар, понеслись в мировое пространство с полной уверенностью, что достигнут своей цели».

---

[1] Северных и южных штатов. *Я. П.*

[2] В романе он фигурирует под именем Ардана, — прозрачный псевдоним известного французского аэронавта и фотографа Надара (Феликса Турнашона), который и послужил прообразом этого персонажа. *Я. П.*

Прежде всего нам предстоит обсудить, конечно, вопрос о том, насколько реальна самая идея закинуть пушечное ядро на Луну. Мысль о возможности бросить тело с такой скоростью, которая навсегда унесла бы его с Земли, кажется многим совершенно нелепой. Большинство людей привыкло думать, что всякое брошенное тело непременно должно упасть обратно. Таким людям идея Жюля Верна о посылке ядра на Луну представляется абсурдной и беспочвенной. Мыслимо ли, в самом деле, сообщить земному телу такую скорость, чтобы оно безвозвратно покинуло нашу планету? Механика дает на этот вопрос безусловно положительный ответ.

Предоставим слово Ньютону. В своих «Математических началах физики», фундаменте современной механики и астрономии, он писал (книга I, отд. I, определение V):

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетает по кривой — прежде чем упасть на Землю — на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет), если бросить его с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше; если с десятикратною, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно по желанию увеличить и дальность полета и уменьшить кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии 10°, 30° и 90°, можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности».

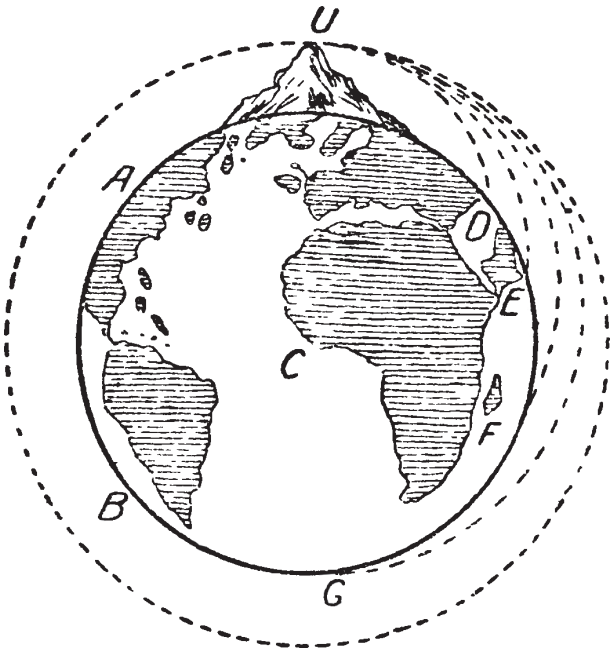


Рис. 10. Воображаемый опыт Ньютона с пушечными снарядами

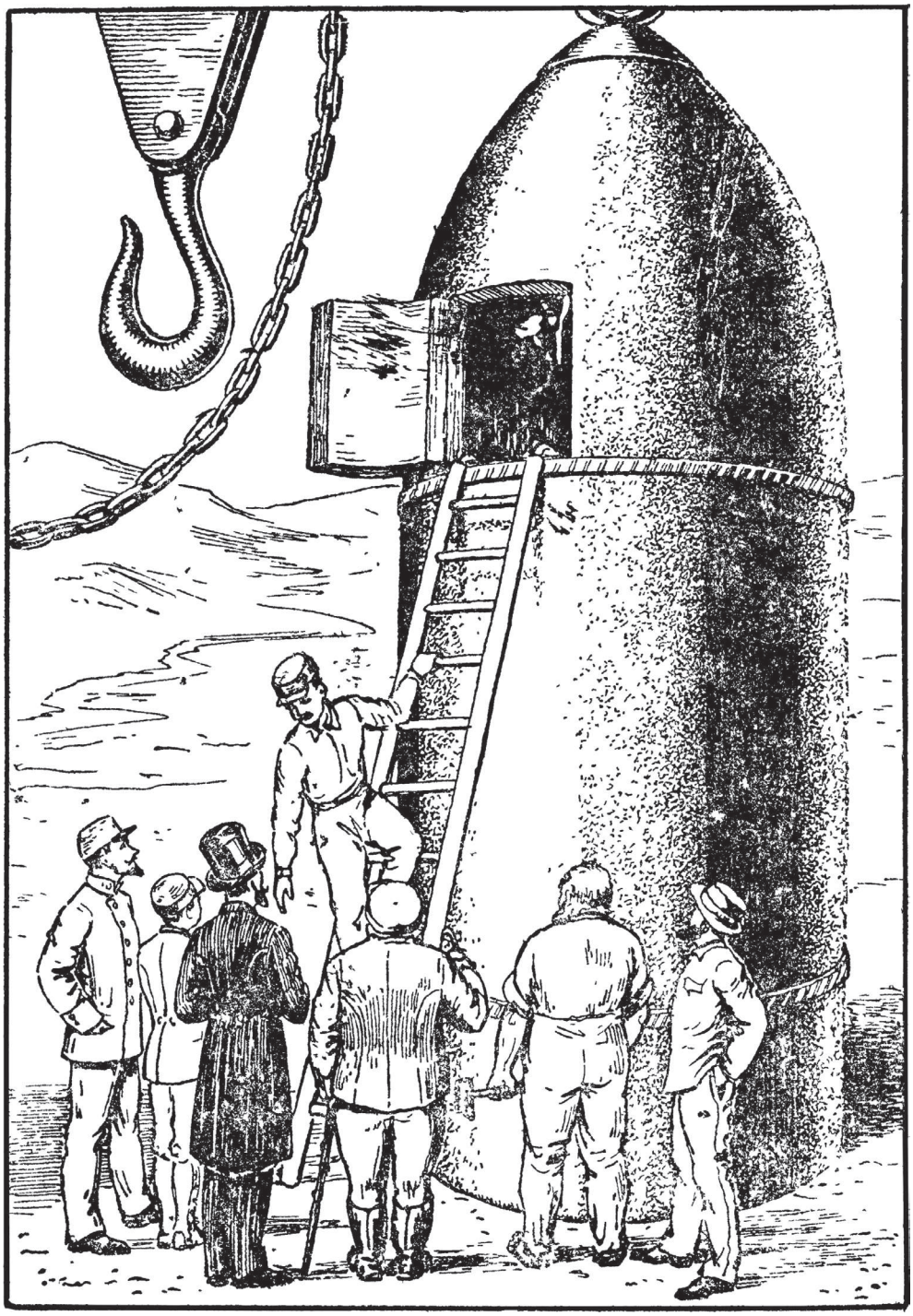


Рис. 9. Проект Жюля Верна.
«...снаряд будет представлять собою алюминиевую гранату»...

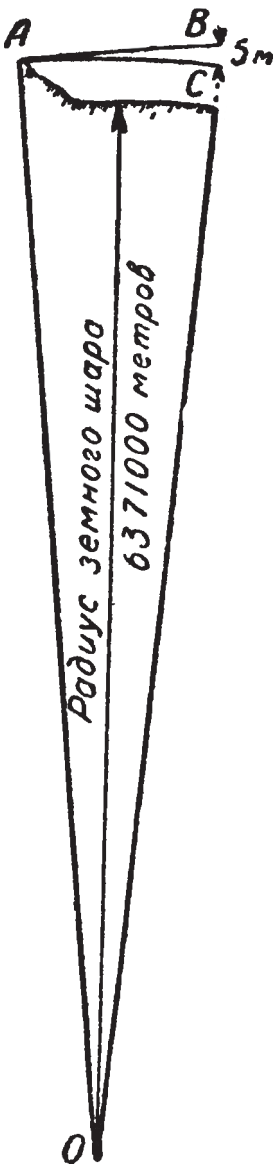


Рис. 11. Вычисление скорости ядра, которое должно вечно кружиться около Земли

Итак, ядро, извергнутое воображаемой ньютоновой пушкой, при известной скорости безостановочно кружилось бы около нашей планеты наподобие крошечной Луны (рис. 10). Мы можем вычислить, какая начальная скорость нужна для такого полета ядра. Вычисление это (если пренебречь сопротивлением атмосферы) настолько же просто, насколько любопытен его результат.

Чтобы найти искомую скорость, отдадим себе отчет в том, почему ядро, выброшенное пушкой горизонтально, падает в конце концов на Землю. Потому, что земное притяжение *искривляет* путь ядра — снаряд летит не по прямой линии, а по кривой, которая упирается в земную поверхность. Но если бы мы могли уменьшить кривизну пути ядра настолько, чтобы сделать ее одинаковой с кривизной земной поверхности, то ядро никогда на Землю не упало бы: оно вечно мчалось бы по кривой, концентрической с окружностью нашей планеты. Этого можно добиться, сообщив ядру достаточную скорость, и мы сейчас определим — какую. Взгляните на рис. 11. Снаряд, выброшенный пушкой из точки *A* по касательной, спустя секунду был бы, скажем, в точке *B*, — если бы не действие земного притяжения. Тяжесть меняет дело, и под ее влиянием снаряд через секунду окажется не в *B*, а ниже на столько, на сколько всякое свободное тело опускается в первую секунду своего падения, т. е. на 5 м. Если, опустившись на эти 5 м, снаряд окажется над уровнем Земли ровно на столько же, на сколько и в точке *A*, то, значит, он летит параллельно земной поверхности, не приближаясь и не удаляясь от нее. Это и есть то, чего мы желаем добиться. Остается вычислить лишь длину *AB*, т. е. путь снаряда в одну секунду; результат и даст искомую секундную скорость ядра. Вычисление может быть выполнено по теореме Пифагора. В прямоугольном треугольнике *ABO* линия *AO* есть земной радиус, равный 6 371 000 м. Отрезок $OC = AO$, отрезок $BC = 5$ м; следовательно, $OB = 6\,371\,005$ м.

По теореме Пифагора имеем:

$$6\,371\,005^2 = 6\,371\,000^2 + AB^2.$$

Отсюда уже легко вычислить искомую величину секундной скорости:

$$AB = 7900 \text{ м/сек.}$$

Итак, если бы пушка могла сообщить снаряду начальную скорость в 8 км/сек, то при отсутствии сопротивления атмосферы такой снаряд никогда не упал бы на Землю, а вечно вращался бы вокруг нее[1]. Пролетая в каждую секунду 8 км, он в течение 1 ч. 23 мин. успел бы описать полный круг и возвратился бы в точку исхода, чтобы начать новый круг, и т. д. Это был бы настоящий спутник земного шара, наша вторая Луна, более близкая и более быстрая, чем первая. Ее «месяц» равнялся бы всего только 1 ч. 23 мин. Она мчалась бы в 17 раз быстрее, чем любая точка земного экватора, и если вы вспомните то, что сказано было выше об ослаблении тяжести вследствие вращения Земли (см. стр. 422–423), то вам станет еще яснее, почему ядро наше не падает на Землю. Мы знаем, что если бы земной шар вращался в 17 раз быстрее, то тела на экваторе целиком потеряли бы свой вес; скорость же нашего снаряда — 8 км/сек — как раз в 17 раз больше скорости точек земного экватора.

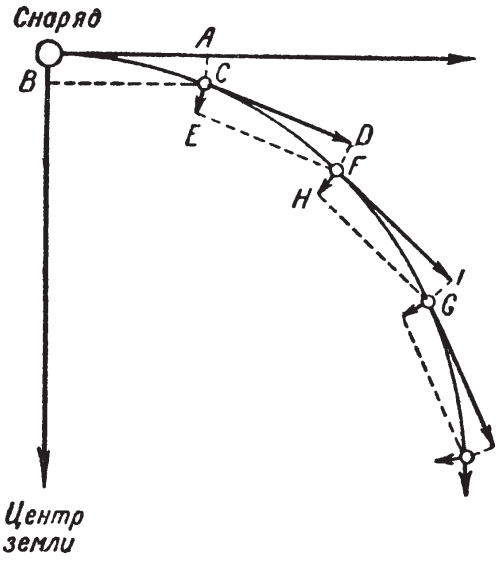


Рис. 12. Как направлена сила тяжести, действующая на снаряд в воображаемом опыте Ньютона

Человеческой гордости должно льстить сознание, что мы имеем возможность — правда, лишь теоретическую — подарить Земле маленького, но все же настоящего спутника. Пылкий герой жюльвернова «Путешествия на Луну»,

[1] Расчет, поясняемый рис. 11, смущает некоторых читателей тем, что величина секундного приближения падающего тела к центру Земли принимается здесь постоянной; между тем для свободно падающего тела величина эта в последовательные секунды растет, как известно, пропорционально квадрату числа протекших секунд: в первую секунду падения тело опускается на 5 м, в первые две — на 20 м, в первые три — на 45 м и т. д. Не надо забывать, однако, что пройденный путь возрастает так лишь тогда, когда направление силы земного притяжения, действующей на тело, остается неизменным или параллельным самому себе. В нашем же случае направление силы тяжести каждый момент меняется, составляя всегда прямой угол с касательной скоростью (рис. 12). Поэтому отвесная скорость не накопляется, и тело ежесекундно опускается на 5 м.

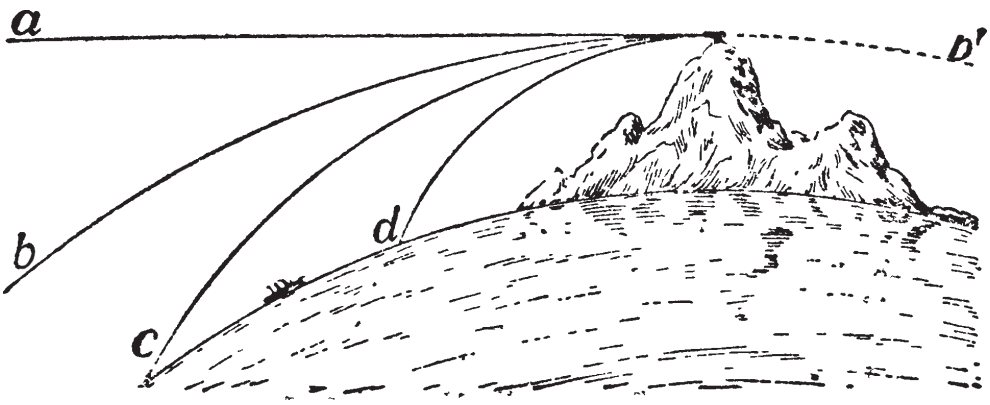


Рис. 13. Судьба ядер, выброшенных пушкой с весьма большими скоростями

артиллерист Мастон, не без основания воскликнул, что в создании пушечного ядра человек проявил высшую степень могущества: «Создав пушечное ядро, человек сотворил подобие несущихся в пространстве небесных светил, которые, в сущности, те же ядра». Еще справедливее это сравнение с небесными светилами для того снаряда, который отсылается в мировое пространство. Это новое небесное тело при своей миниатюрности будет не хуже всех остальных подчиняться трем законам Кеплера, управляющим небесными движениями. Нужды нет, что пушечный снаряд — предмет «земной»: приобретя космическую скорость, он превращается в настоящее небесное тело.

Итак, сообщив пушечному снаряду начальную скорость 8 км/сек, мы превращаем его в маленькое небесное тело, которое, победив земное притяжение, уже не возвращается на Землю. Что же будет, если сообщить снаряду еще бóльшую начальную скорость? В небесной механике доказывается, что при начальной секундной скорости в 8, 9, 10 км/сек снаряд, выброшенный пушкой, будет описывать около Земли не окружность, а эллипс — тем более вытянутый, чем значительнее начальная скорость; центр Земли занимает один из фокусов этого эллипса.

Когда же мы доведем начальную скорость приблизительно до 11 км/сек, эллипс превратится уже в незамкнутую кривую — в параболу (рис. 14). Точнее говоря, он должен был бы превратиться в параболу, если бы Земля была единственным телом, притяжение которого влияет на путь нашего снаряда. Могучее притяжение Солнца также действует на снаряд и мешает ему удалиться в бесконечность. Брошенный с указанной скоростью в направлении годового движения Земли снаряд избегнет падения на Солнце и будет вечно обращаться вокруг него, подобно земному шару и другим планетам. В астрономическом смысле он повысится в ранге: из спутника Земли превратится

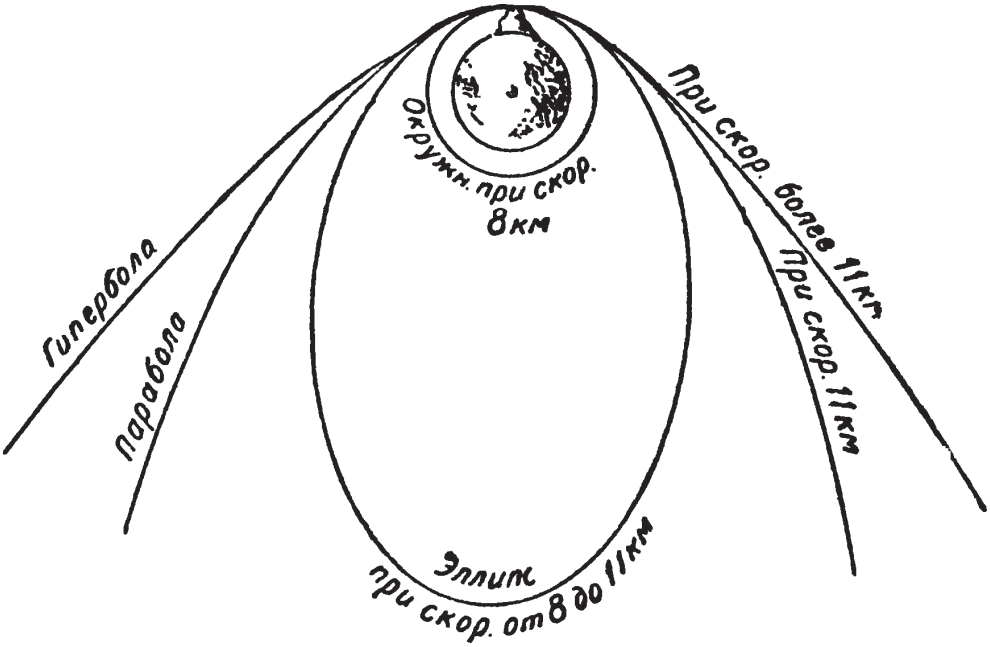


Рис. 14. Какие пути должны описывать в пустом пространстве тела, брошенные с Земли горизонтально со скоростью 8 км/сек и более.

в спутника Солнца, в самостоятельную планету. Человеческая техника подарит Солнечной системе нового миниатюрного члена.

Ради простоты мы начали с рассмотрения тела, брошенного горизонтально. В небесной механике доказывается, однако, что те же выводы справедливы и для тела, брошенного под любым углом к горизонту, даже отвесно, как ядро в романе Жюля Верна. Во всех случаях при достаточной скорости снаряд покидает Землю навсегда и уносится в мировое пространство.

Вот какие чудесные возможности открывает перед нами теория. Что же говорит ее несговорчивая сестра — практика? В состоянии ли современная артиллерия осуществить эти возможности?

Величайшая пушка, действительно сооруженная, — это то знаменитое сверхдальнобойное орудие, которым немцы в 1918 г. обстреливали Париж с расстояния 120 километров. В следующей табличке сопоставлены данные об обеих пушках — германской[1] и жюль-верновой:

---

[1] По данным «Артиллерийского журнала» (1935, №1), почерпнутым из немецкой книги *Эйсгрубера* «Как мы обстреливали Париж», 1934.

[См. также «Занимательную физику. Книгу первую», главу «Сверхдальняя стрельба» (*примеч. ред.*).]

	Германское орудие	Колумбиада Жюля Верна
Длина ствола	34 м	275 м
Вес орудия	750 т	68 000 т
Наружный диаметр	1 м	6,75 м
Толщина стенок	40 см	200 см
Калибр	21 см	275 см
Длина снаряда	95–111 см	400 см
Вес снаряда	100–115 кг	8000 кг
Вес заряда	150 кг	180 000 кг
Начальная скорость	2000 м/сек	16 000 м/сек

Сравнивая оба исполина — реальный и фантастический, — мы видим, что германские артиллеристы создали орудие, которое по линейным размерам всего в 7–8 раз было меньше жюль-верновой колумбиады и выбрасывало снаряд со скоростью 2 км/сек. Эта рекордная начальная скорость в 5½ раз меньше того, что необходимо для переброски снаряда с Земли на Луну.

Переход от 2 к 11 как будто не так уже значителен. Техника в победном шествии своем преодолела гораздо бóльшую дистанцию, когда заменила древние катапульты мощными орудиями современной артиллерии. Римские легионеры назвали бы безумцем всякого, кто сказал бы, что их потомки будут перебрасывать снаряды в тонну весом на расстояние 40 и более километров. Энергия, выбрасывающая снаряд из крупного орудия, в десятки миллионов раз превышает энергию человека, невооруженной рукой бросающего камень. Если мы могли так головокружительно далеко превзойти силу первобытного дикаря, то не опрометчиво ли ставить какие-нибудь границы дальнейшему росту могущества артиллерийской техники?

Досадно, конечно, что земная тяжесть так значительна. На Луне напряжение тяжести вшестеро слабее, чем на Земле, и совершенно отсутствует атмосфера, служащая серьезным препятствием полету снаряда; поэтому там для превращения снаряда в спутник почти достаточна была бы одна из тех дальнобойных пушек, которыми наша техника уже располагает в данный момент (нужна начальная скорость 2,3 км/сек). А на спутнике Марса — на крошечном Фобосе — можно просто бросить камень рукой, чтобы он никогда уже не упал обратно[1].

Однако мы живем не на Фобосе и не на Луне, а на Земле. Нам необходимо поэтому добиваться секундной скорости около 13–17 км, чтобы иметь возможность перекидывать пушечные снаряды на иные планеты. Достигнем ли мы этого когда-нибудь?

[1] Первая космическая скорость на Фобосе составляет всего 7 м/с (*примеч. ред.*).

7. Из пушки на Луну. Практика

Итак, можно ли надеяться, что артиллерия когда-нибудь осуществит смелый замысел членов Пушечного клуба, подсказанный им фантазией Жюля Верна?

Нет, — и вот почему.

Нетрудно сообразить, что газы, образующиеся при взрыве орудийного заряда, могут сообщить выталкиваемому снаряду скорость не бóльшую той, какою они обладают сами. С того момента, как скорость снаряда сделается равной скорости молекул пороховых газов, последние перестанут на него напирать, и дальнейшее нарастание скорости прекратится. Энергию же движения газы эти черпают из запаса химической энергии заряда. Зная это, можно вычислить ту предельную скорость, какую данное взрывчатое вещество способно сообщить артиллерийскому снаряду. Черный порох, например, выделяет при сгорании 685 больших калорий на килограмм своей массы. В единицах механической энергии это соответствует — считая по 427 кгм на калорию — 290 000 кгм. Так как живая сила килограмма вещества, движущегося со скоростью v, равна $\frac{v}{20}$ кгм, то имеем уравнение:

$$290\,000 = \frac{v^2}{20},$$

откуда $v \approx 2400$ м/сек. Значит, наибольшая скорость, какую черный порох способен сообщить снаряду, — 2400 м/сек, и никакие усовершенствования огнестрельного оружия не превзойдут этого предела.

Из всех известных нам взрывчатых веществ наибольший запас энергии заключает нитроглицерин[1]: 1580 больших калорий на килограмм (пироксилин, отправивший на Луну героев Жюля Верна, развивает при взрыве всего 1100 калорий). В переводе на механическую энергию получим 670 000 кгм, а из уравнения

$$670\,000 = \frac{v^2}{20}$$

узнаем соответствующую предельную скорость снаряда: 3660 м/сек.

Как видите, это еще далеко от тех 11–17 км/сек. какие нужны для выстрела в мировое пространство.

Если для сообщения артиллерийскому снаряду космической скорости не годятся современные взрывчатые вещества, то нельзя ли надеяться на то, что химия снабдит нас когда-нибудь более мощными взрывчатыми составами?

[1] Текст написан в 1935 г.; с тех пор изобретены более мощные взрывчатые вещества, однако их мощности все же недостаточно для развития снарядом первой космической скорости (*примеч. ред.*).

Однако химики дают на этот счет малообнадеживающие сведения. «Нельзя ждать значительного успеха в изобретении сильных взрывчатых веществ. Наши взрывчатые вещества и без того дают очень много тепла и приводят к очень высоким температурам... Трудно надеяться, чтобы химическими способами можно было выйти далеко за пределы этих температур. Таким образом, нельзя рассчитывать изобрести взрывчатые вещества, которые давали бы много больше работы, чем современные» (*Е. Шилов*, «Пределы силы взрывчатых веществ»).

Как видим, пушка, заряжаемая взрывчатыми составами, совершенно недостаточна для обстрела мирового пространства и навсегда останется такой. Но, быть может, это будет осуществлено когда-нибудь пушками электромагнитными, слухи об изобретении которых проникали в печать? Здесь мы вступаем в область неизвестного.

Будем оптимистами и станем надеяться, что это неизвестное сулит успех и поможет людям со временем перебросить снаряд на Луну[1].

Если бы вопрос состоял только в этом, если бы мы искали способа установить между планетами своего рода небесную почту, если бы мы стремились лишь отправлять в далекие миры посылки для неведомых адресатов, то задача решалась бы электромагнитной пушкой вполне удовлетворительно.

Но мы заботились пока только о снаряде, о том, чтобы он полетел достаточно быстро и достиг своей цели. Подумаем теперь и о том, что будет происходить *внутри* снаряда. Ведь перед нами не простой артиллерийский снаряд; это своего рода вагон, в котором находятся живые существа. Какая участь ожидает их при полете?

Здесь, а не в самой мысли перекинуть снаряд на Луну, кроется слабое место заманчивого проекта Жюля Верна.

Небывалое путешествие должно было пройти для пассажиров жюль-верновa снаряда далеко не так благополучно, как описано в романе. Не думайте, впрочем, что опасность грозит им во время путешествия от Земли до Луны. Ничуть! Если бы пассажирам удалось остаться живыми к моменту, когда они покинут канал пушки, то в дальнейшем путешествии им нечего было бы уже опасаться. В океане Вселенной нет ни бурь, ни волн, ни качки. Встреча с метеором весьма маловероятна; тот «второй спутник Земли», который едва не преградил путь снаряду Жюля Верна, в действительности не существует. А огромная скорость, с которой пассажиры летели бы в мировом пространстве вместе с их вагоном, была бы столь же безвредна для них. как безвредна для нас, обитателей Земли, та секундная скорость в 30 км, с какой мы мчимся вокруг Солнца.

Опасный момент для жюль-верновых путешественников представляют те сотые доли секунды, в течение которых снаряд-вагон движется в канале самой

[1] Пока что эксперименты с электромагнитными пушками (рельсотронами) не позволили разогнать снаряд до первой космической скорости (*примеч. ред.*).

пушки. В этот ничтожно малый промежуток времени скорость движения пассажиров должна неимоверно возрасти: от нуля до 16 км/сек. [1] Герои романа были вполне правы, утверждая, что момент, когда снаряд полетит, будет столь же опасен для них, как если бы они находились не внутри снаряда, а прямо перед ним. Действительно, в момент выстрела нижняя площадка (пол) каюты должна ударить пассажиров с такой же силой, с какой обрушился бы снаряд на любое тело, находящееся впереди него. Напрасно пассажиры воображали, что отделаются лишь сильными приливами крови к голове.

Дело неизмеримо серьезнее. Произведем несложный расчет. В канале пушки снаряд движется ускоренно, — скорость его увеличивается под постоянным напором газов, образующихся при взрыве; в течение ничтожной доли секунды она возрастает от нуля до 16 км. Как же велико «ускорение» этого движения, т. е. на какую величину нарастает здесь скорость в течение полной секунды? Нужды нет, что движение длится лишь малую долю секунды: расчет можно вести на целые секунды. Оказывается[2], что секундное «ускорение» ядра, скользящего в канале орудия, выражается огромным числом — 640 км/сек. Для сравнения напомню, что секундное ускорение трогающегося курьерского поезда — не более 1 м/сек.

Все значение этого числа — 640 км/сек за секунду — мы постигнем лишь тогда, когда сравним его с ускорением падающего тела на земной поверхности, ускорением, составляющим всего около 10 м/сек за секунду, т. е. в 64 000 раз меньше. Это значит, что в момент выстрела каждый предмет внутри снаряда придавливался бы ко дну снаряда с силой, которая в 64 000 раз более веса самого предмета. Пассажиры почувствовали бы, что внезапно сделались в десятки тысяч раз тяжелее. Цилиндр мистера Барбикена один весил бы десятки тонн. Правда, это длилось бы всего 40-ю долю секунды, но можно не сомневаться, что под действием такой колоссальной тяжести люди были бы буквально расплющены. Бессильны все меры, принятые героями Жюля Верна для ослабления силы удара: пружинные буфера и двойное дно с водой. Продолжительность удара от этого, правда, растягивается, и, следовательно, быстрота нарастания скорости уменьшается. Но при тех огромных величинах, с которыми приходится иметь здесь дело, выгода получается ничтожная: сила, придавливающая пассажиров к полу, уменьшается на какую-нибудь сотую долю, не более.

Нет ли средств избегнуть при взрыве роковой быстроты нарастания скорости? [3]

Этого можно было бы достигнуть весьма значительным удлинением канала пушки. Легко убедиться вычислением (см. Приложения), что если, например,

---

[1] Жюль Верн выбрал для снаряда именно такую скорость в расчете преодолеть не только силу тяжести, но и сопротивление атмосферы.

[2] См. расчеты в конце книги, в Приложении 6 (с. 559 настоящего издания).

[3] В сущности, это огромное ускорение есть лишь другое название для того, что мы именуем сотрясением.

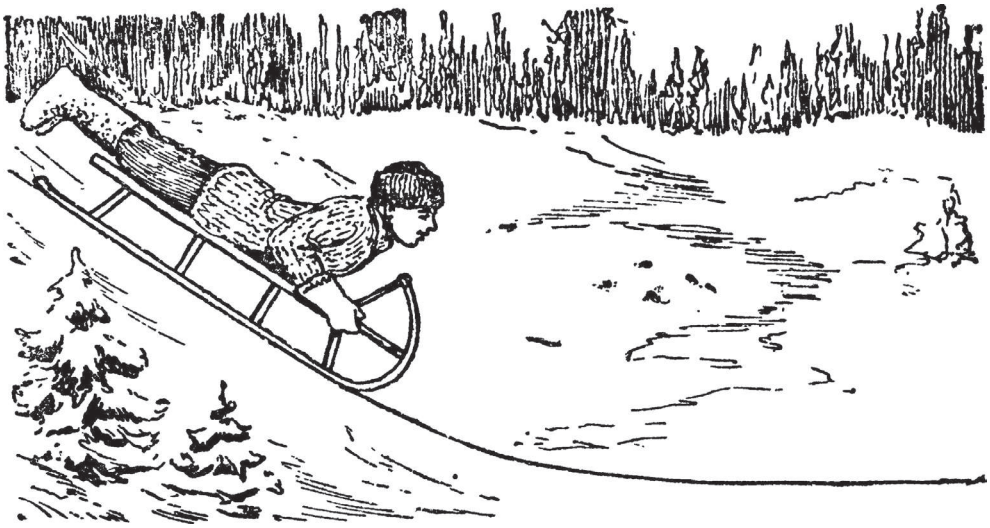


Рис. 15. При скатывании с ледяной горы вес нашего тела увеличивается в несколько раз

мы хотим иметь «искусственную» тяжесть внутри ядра в момент выстрела равною обыкновенной тяжести на земном шаре, то нам нужно изготовить пушку длиною — не мало не много — в 6000 км. Жюль-вернова колумбиада должна была бы простираться в глубь земного шара почти до самого центра, чтобы пассажиры были избавлены от этих неприятностей: они почувствовали бы, что стали только вдвое тяжелее.

Надо заметить, что человеческий организм в течение весьма краткого промежутка времени без вреда переносит увеличение собственной тяжести в несколько раз. Когда мы скатываемся с ледяной горы вниз и здесь быстро меняем направление своего движения, то в этот краткий миг вес наш увеличивается раз в 10 (т. е. тело наше в десятки раз сильнее обычного прижимается к салазкам)... Если даже допустить, что человек может безвредно переносить в течение короткого времени 20-кратное увеличение своего веса, то для отправления людей на Луну достаточно будет отлить пушку в 300 км длиною. Однако и это малоутешительно, потому что подобное сооружение лежит за пределами технической достижимости. Не говорю уже о том, что извергающая сила такой непомерно длинной пушки должна значительно уменьшиться вследствие трения ядра в 300-километровом канале орудия.

Физика указывает и на другое средство ослабить силу удара. Самую хрупкую вещь можно уберечь от поломки при сотрясении, погрузив ее в жидкость равного удельного веса. Так, если заключить хрупкий предмет в сосуд с жидкостью такой же плотности и герметически закупорить его, то подобный сосуд можно ронять с высоты и вообще подвергать сильнейшим сотрясениям, при условии, разумеется, что сосуд остается цел, — и хрупкий предмет

от толчков почти не страдает. Мысль эта впервые высказана *К. Э. Циолковским*. «Известно, — пишет он, — что все слабое, нежно устроенное — зародыши — природа помещает в жидкости или окружает ими... Возьмите стакан с водою, куриное яйцо и соль. Яйцо положите в воду, а соль подсыпайте в стакан до тех пор, пока яйцо не начнет подниматься со дна к поверхности воды. Тогда прибавьте немного воды, чтобы яйцо находилось в равновесии во всяком месте сосуда, т. е. чтобы оно, будучи на средней высоте, не поднималось кверху и не опускалось на дно. Теперь ударьте смело стаканом о стол настолько сильно, насколько позволяет крепость стекла, — и от этого яйцо в стакане не шелохнется. Без воды яйцо, конечно, и при самых слабых ударах моментально раскалывается. Опыты эти описаны мною в трудах Московского общества любителей естествознания за 1891 г.».

Не следует думать, однако, что мы могли бы поэтому осуществить смелую затею жюль-верновых артиллеристов, если бы наполнили внутренность снаряда соленой водой средней плотности человеческого тела и в эту среду погрузили пассажиров, одетых в водолазные костюмы с запасом воздуха; после же выстрела, когда нарастание скорости прекратится и пассажиры приобретут скорость снаряда, они могли бы уже выпустить воду и устроиться в каюте, не опасаясь неприятных неожиданностей. Такая мысль ошибочна, потому что тела живых существ имеют неоднородное строение: они состоят из частей различного удельного веса (кости, мускулы и т. п.), а окружить каждую отдельную часть жидкостью соответствующей плотности невозможно.

В частности, невозможно оградить от сотрясения мозг, заключенный в черепной коробке. Между тем, как показали опыты, именно этот орган всего более чувствителен к резким изменениям скорости (мозг сильно придавливается тогда к внутренним стенкам черепа).

Итак, вот какие затруднения нужно было бы преодолеть, чтобы осуществить в действительности заманчивый проект Жюля Верна:

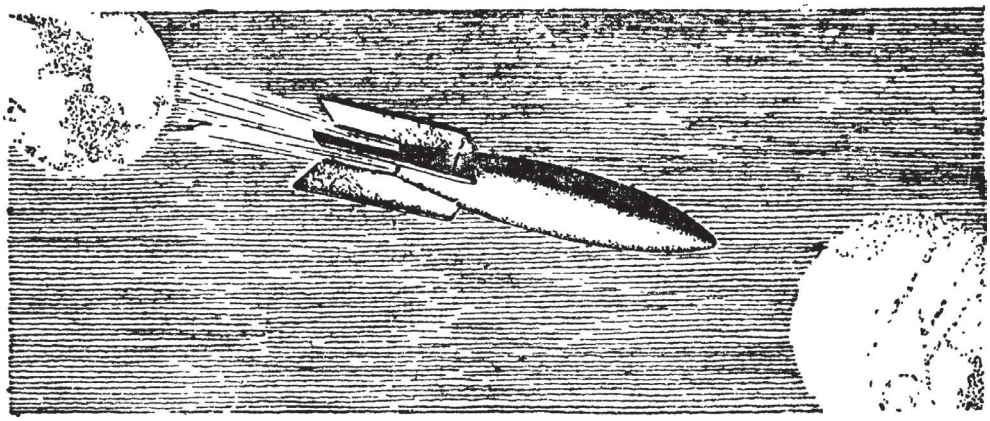
1) Придумать способ метать снаряды со скоростью всемерно большей, чем начальная скорость быстрейших современных снарядов.

2) Соорудить пушку длиною километров в 300.

3) Поместить пушку так, чтобы жерло ее выступало за пределы земной атмосферы, избегнув этим сопротивления воздуха.

А в результате — отправиться в небесное странствование без малейшей надежды вернуться не только живым, но даже и мертвым: ведь только счастливая случайность помогла героям романа возвратиться на Землю. Жюль-верново ядро — снаряд неуправляемый; чтобы дать ему новое направление, надо зарядить им пушку. А где взять пушку в мировом пространстве или на другой планете?

Невольно вспоминается глубокое изречение Паскаля: «Никто не странствовал бы по свету, если бы не надеялся когда-нибудь рассказать другим о том, что видел»... Но именно этой надежды пушка Жюля Верна нам не оставляет.



8. К звездам на ракете

После ряда разочарований мы подходим наконец к единственному действительно осуществимому проекту межпланетных путешествий. Путь этот указан был впервые нашим ученым *К. Э. Циолковским* (в 1903 г.) и стоит в стороне от всех фантастических замыслов, рассмотренных ранее. Здесь перед нами уже не фантазия романиста, не просто любопытная задача из области небесной механики, а глубоко продуманный механический принцип, реальный путь к осуществлению заатмосферных полетов в управляемом снаряде — звездолете.

Ничто не может быть проще той мысли, которая положена в основу этого проекта — двигаться, управляясь в пустом пространстве без опоры. На первых уроках физики знакомимся мы с законом «действия и противодействия», иначе называемым «третьим законом Ньютона»: каждая сила всегда вызывает равную ей силу противодействия. Эта-то последняя сила и поможет нам умчаться в бездны мироздания. Сила противодействия проявляется на каждом шагу, — быть может, именно потому мы и не отдаем себе ясного отчета в ее существовании; нужны особые обстоятельства, чтобы заставить мысль остановиться на ней.

Когда вы стреляете из ружья, вы чувствуете его «отдачу»: давление взрывных газов отбрасывает пулю в одну сторону и с равною силою отталкивает ружье в обратную сторону. Если бы ружье весило столько же, сколько и пуля, приклад ударял бы стреляющего с такою же скоростью, с какою ударяет пуля, выпущенная в упор; каждый стрелок был бы тогда самоубийцей. Но ружье значительно тяжелее пули, и во столько же раз ослабляется действие его возвратного удара. Надо всегда помнить, что вообще действие силы на тело зависит от массы этого тела: одна и та же сила сообщает грузному телу меньшую скорость, чем легкому (соответственно обратному отношению их масс). Закон «равенства действия и противодействия» не следует понимать буквально:

само *действие* почти никогда не равно противодействию, равны лишь действующие при этом *силы*, могущие вызвать весьма различные результаты.

Наблюдая падение яблока на Землю, не думайте, что земной шар остается неподвижен, нарушая закон противодействия. Притяжение и здесь взаимное; сила действия Земли на яблоко вызывает точно такую же силу противодействия. Яблоко и Земля буквально *падают друг на друга*, влекомые равными силами; но так как масса земного шара неизмеримо больше массы яблока, то скорость падения Земли неизмеримо меньше скорости падения яблока. Пока яблоко падает с дерева на Землю, наша планета перемещается навстречу яблоку едва на одну стотриллионную долю сантиметра. Практически Земля остается неподвижной, и замечается лишь движение яблока.

Этот-то закон, впервые провозглашенный великим Ньютоном, открывает перед нами возможность свободно двигаться, ни на что не опираясь. Перемещаться, ни от чего не отталкиваясь, одними лишь внутренними силами — не звучит ли это так, как поднятие самого себя за волосы по анекдотическому способу барона Мюнхгаузена? Но сходство — чисто внешнее. По существу, разница здесь огромная, и насколько бесполезно поднимать себя за волосы, настолько действителен способ движения по принципу отдачи. Природа давно уже осуществила такое перемещение для многих живых существ. Каракатица набирает воду в жаберную полость и затем энергично выбрасывает струю воды через особую воронку впереди тела; вода устремляется вперед, а тело каракатицы получает обратный толчок, отбрасывающий ее назад; направляя трубку воронки вбок или вниз, животное может таким своеобразным способом двигаться в любом направлении. Подобным же образом перемещают свое тело медузы, сальпы, личинки стрекоз и многие другие обитатели вод. Пользуется этим приемом и человеческая техника: вращение водяных и так называемых реакционных паровых турбин тоже основано на законе противодействия.

Нигде, однако, интересующий нас способ перемещения не проявляется так наглядно, как при полете обыкновенной ракеты. Сколько раз любовались вы ее эффектным взлетом, — но приходило ли вам в голову, что вы видите перед собою уменьшенное подобие будущего межзвездного дирижабля? А между тем еще гениальный Гаусс предрекал ракете в будущем великое значение, более важное, чем открытие Америки...

Отчего ракета взлетает вверх при горении наполняющего ее пороха? Даже среди людей науки приходится нередко слушать, будто ракета летит вверх потому, что газами, которые вытекают из нее при горении пороха, она «отталкивается от воздуха». На самом же деле воздух не только не обусловливает движение ракеты, но даже *мешает* ей: в безвоздушном пространстве ракета должна лететь быстрее, чем в атмосфере. Истинная причина движения ракеты состоит в том, что когда пороховые газы стремительно вытекают из нее вниз, сама трубка ракеты по закону противодействия отталкивается вверх. Весьма наглядно объяснены механические условия такого полета

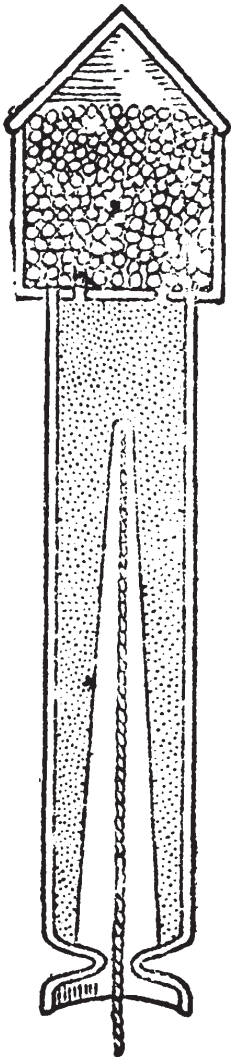


Рис. 16. Увеселительная ракета с цветными звездками (шарики состава бенгальского огня в головной части ракеты)

в предсмертной записке известного революционера-первомартовца Кибальчича, о котором у нас еще будет речь[1]. Он писал:

«Представьте себе, что мы имеем из листового железа цилиндр, закрытый герметически со всех сторон и только в нижнем дне своем имеющий отверстие. Расположим по оси этого цилиндра кусок прессованного пороха и зажжем его. При горении образуются газы, которые будут давить на всю внутреннюю поверхность цилиндра. Но давления на боковую поверхность цилиндра будут взаимно *уравновешиваться*, и только давление газов на закрытое дно цилиндра не будет уравновешено противоположным давлением, так как с противоположной стороны газы имеют свободный выход через отверстие[2]. Если цилиндр поставлен закрытым дном кверху, то при известном давлении газов цилиндр должен подняться вверх». — Прилагаемые чертежи поясняют сказанное.

При горении пороха ракеты происходит, в сущности, то же, что и при выстреле из пушки. Снаряд летит вперед, пушка отталкивается назад. Если бы пушка висела в воздухе, ни на что не опираясь, она после выстрела устремилась бы назад со скоростью, которая во столько раз меньше скорости снаряда, во сколько раз он легче пушки. Ракета — нечто как раз противоположное пушке; в пушке назначение взрыва — выбросить снаряд, почти не сдвигая ствола пушки; в ракете же взрывные газы предназначаются именно для перемещения самого тела ракеты. Скорость и масса этих газов так значительны, что «отдача» заставляет тело ракеты быстро взлетать вверх. Все время, пока происходит горение пороха, скорость ракеты возрастает; к прежней скорости непрерывно, каждую секунду, прибавляется новая[3], да и сама ракета, теряя свои горючие запасы, уменьшает свою массу и потому заметнее поддается действию силы.

---

[1] См. также с. 292 и 349 настоящего издания (*примеч. ред.*).

[2] Это надо понимать в том смысле, что противодействующая сила порождает здесь не напор на стенку, а истечение газов из отверстия.

[3] Ускорение, с каким движется вверх пиротехническая ракета, в десятки раз больше ускорения земной тяжести.

Опишу несложный прибор, действие которого объясняется тем же принципом. Прибор нетрудно устроить самому. Он наглядно убеждает в существовании силы, которая должна увлекать ракету в сторону, противоположную истечению газов. Стеклянный сосуд (рис. 18) подвешен к подставке на нитях. В сосуд наливают воды и подставляют под него горелку. Когда вода закипит, пар будет струйкой выбиваться из сосуда, сам же сосуд при этом откачнется в обратную сторону. Но, очутившись вне пламени, реторта скоро охладится; вода перестанет кипеть, пар больше выбиваться не будет, и сосуд вернется в прежнее положение. Опять начнется кипение, опять реторта откачнется, и т. д. Сосуд будет качаться как маятник («тепловой маятник» Цельнера).

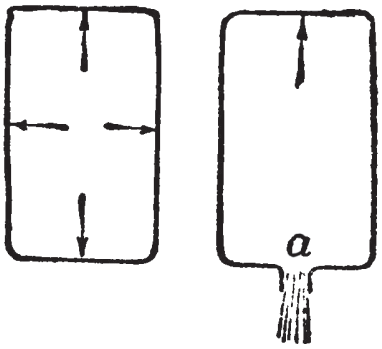


Рис. 17. Действие газов внутри ракеты (схема)

Ньютон, говорят, проектировал устройство самодвижущегося экипажа, устроенного подобным же образом, т. е., в сущности, то, что выполнено теперь строителями ракетного автомобиля.

Однако вернемся к ракете и к идее межпланетного корабля. Когда порох в ракете весь выгорит, пустая ракетная трубка, пролетев еще некоторый путь

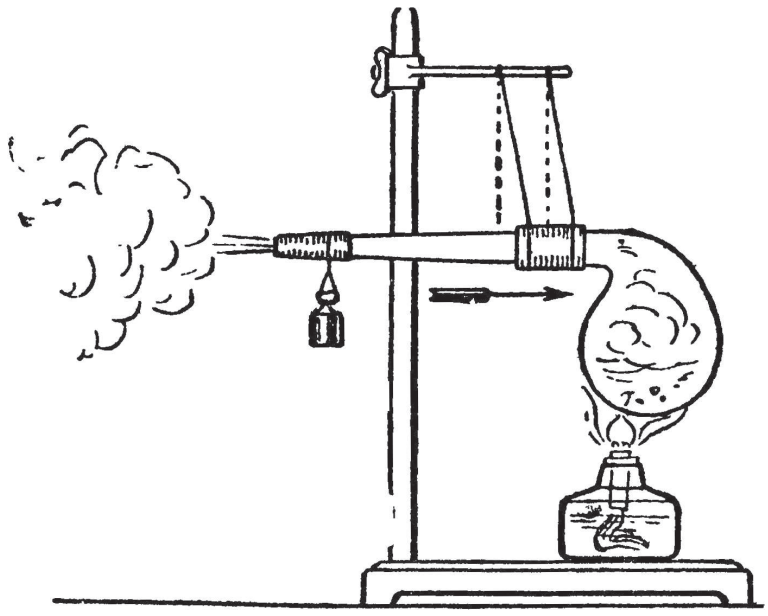


Рис. 18. Тепловой маятник Цельнера

по инерции, падает обратно на землю: ее скорость недостаточна для окончательного преодоления силы тяжести. Но вообразите ракету в десятки метров длиною, снабдите ее таким запасом горючего, чтобы она успела накопить секундную скорость в 11 км (эта скорость, мы знаем, достаточна, чтобы безвозвратно покинуть Землю), — тогда цепи земного тяготения будут разорваны.

Способ странствовать в мировом пространстве найден!

Вот физические соображения, приводящие к мысли об устройстве летательного аппарата, способного двигаться не только в атмосфере, но и за ее пределами. Впервые идея подобного аппарата — правда, для земных, а не для межпланетных полетов — была высказана в 1881 г. известным русским революционером-изобретателем *Н. И. Кибальчичем* в проекте, составленном этим замечательным человеком незадолго до казни. Проект Кибальчича был высказан лишь в форме основной идеи: «Будучи на свободе, я не имел достаточно времени, чтобы разработать свой проект в подробностях и доказать его осуществимость математическими вычислениями», — писал он. Гораздо обстоятельнее разработана та же мысль недавно умершим физиком *К. Э. Циолковским*, создавшим идею настоящего межпланетного дирижабля-звездолета и обосновавшим его на строгом математическом расчете.

По тому же пути, независимо от русских изобретателей, пошли на Западе и другие исследователи, о которых у нас еще будет речь.

Аппарат К. Э. Циолковского — не что иное, как огромная ракета с каютой для пассажиров. «Представим себе, — писал он еще в 1903 г., — такой снаряд: металлическая продолговатая камера, снабженная светом, кислородом, поглотителями углекислоты и других животных выделений, предназначена не только для хранения разных физических приборов, но и для управляющего камерой разумного существа. Камера имеет большой запас веществ, которые при своем смешении тотчас же образуют взрывчатую массу. Вещества эти, правильно и равномерно взрываясь в определенном для этого месте, текут в виде горячих газов по расширяющимся трубам. В расширенном конце, сильно разредившись и охладившись от этого, они вырываются наружу через раструбы с громадною скоростью. Понятно, что такой снаряд при известных условиях должен подниматься в высоту... Люди в этом аппарате смогут при помощи особого руля направлять его в любую сторону. Это будет настоящий управляемый космический корабль, на котором можно умчаться в беспредельное мировое пространство, перелететь на Луну, к планетам... Пассажиры смогут, управляя горением, увеличивать скорость своего звездолета с необходимой постепенностью, чтобы возрастание ее было безвредно».

Мы еще вернемся к более подробному описанию проектов подобного рода, а пока отметим существенные преимущества, которыми обладает звездолет К. Э. Циолковского по сравнению с пушечным снарядом Жюля Верна. Прежде всего, сооружение его, конечно, гораздо осуществимее, нежели сооружение исполинской пушки Жюля Верна. Затем, звездолет развивает свою чудовищную скорость не сразу, как пушечное ядро, а постепенно, избавляя

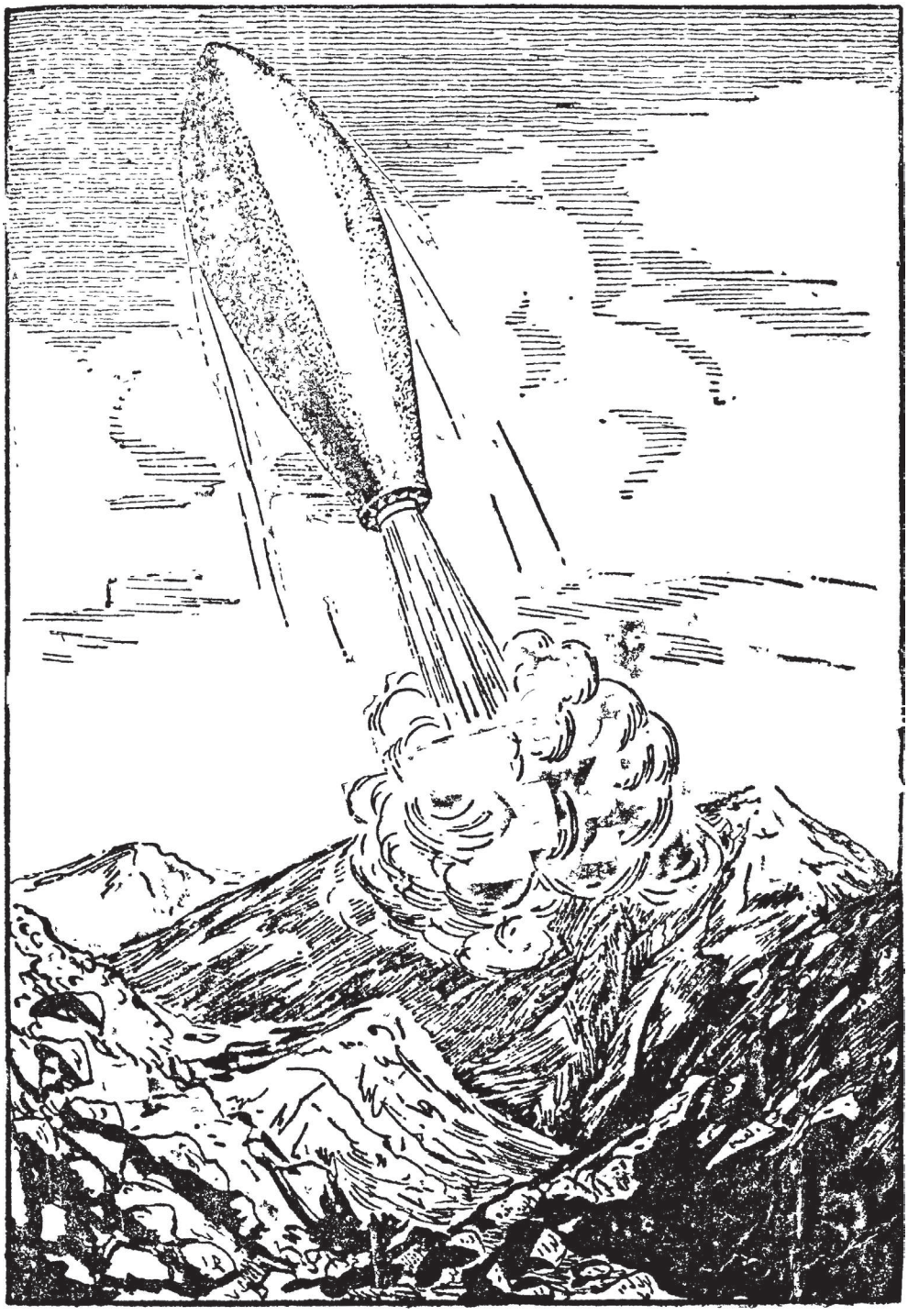


Рис. 19. Ракетный звездолет (фантастический рисунок)

пассажиров от опасности быть раздавленными стремительным возрастанием их собственного веса.

Не опасно для ракетного звездолета и сопротивление воздуха: аппарат прорезает атмосферу не с космической скоростью, а с гораздо меньшею, — например, со скоростью современной пули; полную же межпланетную скорость он развивает, лишь очутившись за пределами воздушной оболочки. Там, в мировом пространстве, взрывание может быть совершенно прекращено: звездолет умчится по инерции со скоростью, которая будет убывать лишь под действием земного притяжения. Он может мчаться так, без затраты горючего вещества, миллионы километров, и лишь для перемены направления полета, для изменения скорости или для ослабления удара при высадке на планету понадобится снова пустить в действие взрывной механизм.

Но самое главное преимущество ракетного звездолета состоит в том, что он даст будущим морякам Вселенной возможность, обогнув Луну или посетив какую-нибудь малую планету, в желаемый момент снова возвратиться на родную Землю. Нужно лишь обильно запастись взрывчатыми веществами, как полярные мореплаватели запасаются топливом.

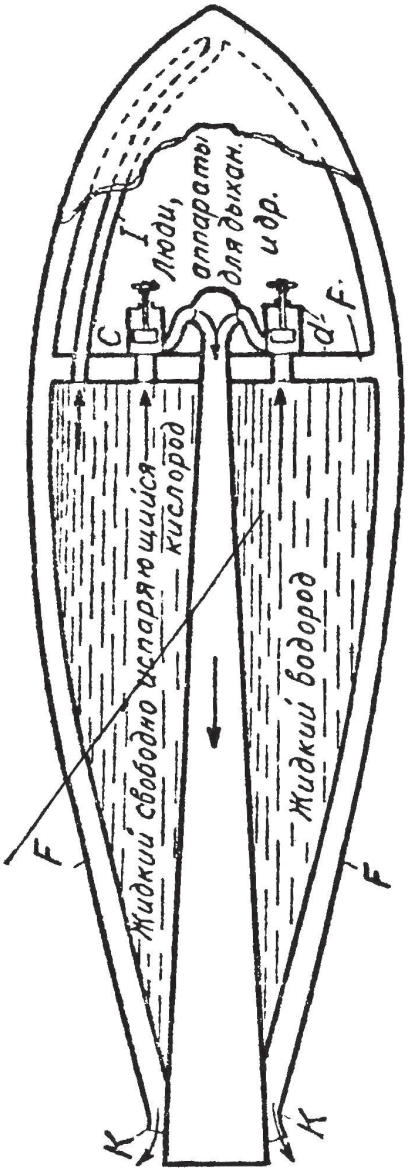
Некоторую опасность представляет разве встреча с крупным метеоритом, — с одним из тех космических камней, которые стремительно прорезают во всех направлениях пустыни межпланетного пространства. Расчет показывает, однако, что вероятность встречи с метеоритом опасных размеров крайне ничтожна (к метеорной опасности мы вернемся еще в другом месте).

Так заманчивая возможность о достижений иных миров, о путешествии на Луну, на астероиды, к Марсу может превратиться в реальную действительность. Воздух для дыхания нетрудно будет взять с собой (в виде сжиженного кислорода), как и аппараты для поглощения выдыхаемой углекислоты. Мыслимо также снабдить небесных путешественников запасом пищи, питья и т.п. С этой стороны не предвидится серьезных препятствий — по крайней мере для не слишком долговременных межпланетных путешествий.

Высадка на Луну, на астероид или на один из мелких спутников больших планет, — если только поверхность их в таком состоянии, что делает спуск возможным, — будет лишь вопросом достаточного количества взрывчатых веществ. Надлежаще направленными взрывами можно уменьшить огромную скорость ракеты настолько, чтобы падение ее совершалось плавно и безопасно. Но надо иметь еще в запасе достаточно взрывчатого вещества, чтобы вновь покинуть это временное пристанище, преодолеть силу притяжения планеты и пуститься в обратный путь с необходимым запасом для плавного спуска на Землю.

В особых непроницаемых костюмах, вроде водолазных, будущие Колумбы Вселенной, достигнув планеты, смогут рискнуть выйти из небесного корабля. С запасом кислорода в металлическом ранце за плечами будут они бродить по почве неведомого мира, делать научные наблюдения, изучать его природу, мертвую и — если такая имеется — живую, собирать коллекцию...

Рис. 20. Схема внутреннего устройства ракетного корабля по идее Циолковского



«Стать на почву астероидов, поднять камень с Луны, наблюдать Марс на расстоянии нескольких десятков километров, высадиться на его спутник или даже на самую его поверхность, — что, по-видимому, может быть фантастичнее? Однако только с момента применения ракетных приборов начнется новая великая эра в астрономии: эпоха более пристального изучения неба» (Циолковский).

К. Э. Циолковский не дал конструктивного проекта своего звездолета, считая необходимой предварительную, более детальную разработку его идеи с принципиальной стороны. Но в виде наглядного примера одной из возможных форм осуществления основного принципа прилагаю схематический чертеж, выполненный с наброска, который сделан был К. Э. Циолковским по моей просьбе еще в 1914 г. (рис. 20). Вот краткое, составленное им же, пояснение:

«Снаряд имеет снаружи вид бескрылой птицы, легко рассекающей воздух. Бóльшая часть внутренности занята двумя веществами в жидком состоянии: водородом и кислородом. Они разделены перегородкой и соединяются между собой только мало-помалу. Остальная часть камеры, меньшей вместимости, назначена для помещения наблюдателя и разного рода аппаратов, необходимых для сохранения его жизни, для научных наблюдений и для управления. Водород и кислород, смешиваясь в узкой части постепенно расширяющейся трубы, соединяются химически и образуют водяной пар при весьма высокой температуре. Он имеет огромную упругость и вырывается из широкого отверстия трубы или продольной оси камеры. Направление давления пара и направление полета снаряда прямо противоположны». Подробнее о звездоплавательных планах К. Э. Циолковского у нас будет речь в особой главе.

9. Устройство пороховой ракеты

Прежде чем бросить взгляд на многообещающее будущее ракеты, на открывающиеся перед нею заманчивые дали, остановимся немного на устройстве и истории пороховой ракеты.

Начнем с обыкновенной пиротехнической ракеты, украшающей многолюдные празднества. Как она устроена? Она представляет собой картонную трубку — «гильзу», набитую порохом. С одной стороны — передней — трубка закрыта, с задней она имеет суженный просвет и раструб — «дюзу». Сквозь сужение введен запальный шнур, служащий для поджигания пороховой массы. Порох не насыпают в гильзу рыхло, а набивают в мелко размолотом виде возможно плотнее, чтобы при зажигании заряд горел только с поверхности. Для увеличения поверхности горения (примерно в четыре раза) в плотной пороховой массе сделана вдавленность вдоль оси гильзы — так называемое «пролетное пространство». Наконец, чтобы придать ракете устойчивость в полете, к ней прикрепляется деревянная палка в несколько раз длиннее гильзы; этот «хвост» мешает летящей ракете перекидываться в воздухе.

Таково в основных чертах несложное устройство и всякой пороховой ракеты, какое бы назначение и какие бы размеры она ни имела. Но ошибкой было бы думать, что изготовление ракет — дело простое, посильное для любителя. Прежде всего фабрикация, а также пуск ракет сопряжены с опасностью взрыва даже в руках опытного профессионала. Следует поэтому настойчиво предостеречь от любительского экспериментирования с ракетами, не раз уже кончавшегося катастрофами, с пожарами и гибелью людей. Техника изготовления ракет требует основательного знания всех деталей производства, знания, которого нельзя почерпнуть из самых подробных руководств по пиротехнике.

На некоторых деталях поучительно будет здесь остановиться.

Порох для ракет употребляется обычно черный, дымный, особого состава. Укажем состав, употреблявшийся всемирно известной германской пиротехнической лабораторией в Шпандау[1]: 76 частей селитры, 10 ч. серы и 16 ч. черемухового угля — состав, выработанный путем многолетних опытов и применяемый лабораторией с 1886 г. Порох разрывает ракету, если заряд недостаточно плотно впрессован в гильзу. Необходимо, чтобы горение состава происходило только с поверхности, т. е. не слишком быстро. Присутствие

[1] Эта лаборатория снабжала ракетами не только Германию (в том числе и германскую армию), но и другие государства. Ее спасательные морские ракеты считались лучшими в мире и выписывались даже английским адмиралтейством. После ста лет существования она была по Версальскому договору закрыта наряду с прочими военными заводами, и оборудование ее уничтожено. В настоящее время славится другая германская ракетная лаборатория в Везермюнде, руководимая знатоком пороховых ракет инж. Ф. Зандером.

в заряде трещин может повлечь за собою одновременное воспламенение всей пороховой массы и взрыв ракеты. Пиротехники опасаются даже тончайших трещинок в прессуемой массе заряда. Поэтому ракеты крупного калибра (начиная с 8 см) изготовляются с помощью гидравлического пресса под давлением 750 атм. с соблюдением тщательных предосторожностей.

Гильзы делаются для небесных ракет картонные, для более крупных — металлические, лучше всего из алюминия или из сплавов магния. Медь в качестве материала для гильз избегается не только из-за тяжеловесности и недостаточной прочности, но и ввиду ее хорошей теплопроводности: быстрое нагревание стенок ракеты легко может вызвать преждевременное воспламенение и взрыв всего заряда. Стальные гильзы также не рекомендуются, так как в случае взрыва они разлетаются градом острых осколков. При изготовлении металлических гильз для ракет продолжительного горения прибегают к теплоизоляции стенок.

Чтобы дать представление об устройстве ракет крупного калибра, на рис. 21 показан разрез военной светящейся ракеты, употребляемой для освещения позиций противника. Вот ее описание (из курса артиллерии *Нилуса* и *Маркевича*):

«Трехдюймовая светящаяся ракета состоит из: 1) железной гильзы *A*, набитой движущим (форсовым) пороховым составом, имеющей внутренний диаметр 3 дюйма; 2) жестяного колпака *B*, заряженного светящими звездками и мякотью, и 3) длинного деревянного хвоста *C*, служащего для направления движения ракеты.

У заднего кольца гильзы закрепляется железный поддонок *D*. Посередине поддонка ввинчивается железный наконечник деревянного хвоста. Около него проделаны отверстия для выхода газов ракетного состава и для его зажигания. Сумма площадей этих отверстий равна ¼ площади внутреннего поперечного сечения.

Гильза запрессовывается составом из селитры, серы и угля по длине около 5 калибров. При сплошной набивке состава поверхность горения равнялась бы поперечному сечению и была бы слишком малой: количества образующихся газов было бы недостаточно для того, чтобы преодолеть инерцию ракеты и привести ее в движение. Для увеличения поверхности горения в составе выделывают по оси цилиндрический канал, не доводя его до конца состава. При зажигании ракеты воспламеняется вся

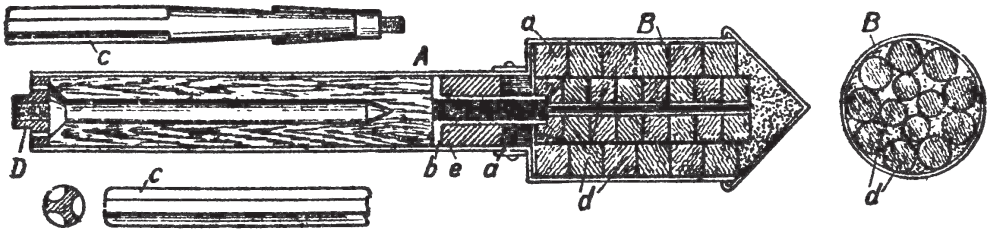


Рис. 21. Разрез светящейся ракеты

поверхность этого канала. На состав ставится медная дистанционная трубка a с медным же поддонком *b*, набитая также ракетным составом: она служит для передачи огня звездкам с некоторым замедлением, после того как форсовый состав уже выгорел и ракета начинает падать вниз. Промежуток между трубкой *a* и стенками гильзы забит измельченной серой *e*, удерживающей трубку на месте. Затем к стенкам гильзы прикрепляется шейка жестяного колпака *B*, наполненная звездками *d*.

Звездки готовятся из прессованного в цилиндрики состава бенгальского огня. На колпак надевается коническая крышка, которая соединяется с колпаком с помощью штыкового соединения. Свободное место в крышке над звездками закладывается войлоком. Отверстия поддонка заклеиваются пластырем. Ракета весит около 16 кг».

Чем ракета крупнее, чем больше ее заряд и продолжительность горения, тем бóльшая скорость накопляется к концу горения и, следовательно, тем выше подъем ракеты. Но это возрастание высоты взлета с увеличением калибра ракеты имеет предел, обусловленный тем, что поверхность горения пороховой массы растет пропорционально квадрату калибра, в то время как общий вес ракеты увеличивается пропорционально кубу калибра. Для крупных ракет получается поэтому невыгодное соотношение между поднимаемым грузом и количеством газов, образующихся при горении заряда. По соображениям подобного рода считалось еще недавно, что предельная высота подъема пороховых ракет равна 2–2½ км.

Предел этот, однако, был недавно далеко превзойден крупнокалиберными ракетами инж. Тиллинга, а также инж. Ф. Зандера[1], работавшего совместно с безвременно погибшим деятелем звездоплавания Максом Валье. Летом 1928 г. Зандер запускал свои пороховые ракеты до границы стратосферы, т. е. на высоту 12–13 км. При калибре 22 см ракеты Зандера поднимали грузы в 400– 500 кг на высоту 4–5 км, откуда они плавно опускались на парашюте.

«Каким способом такие результаты достигнуты, об этом, по соображениям секретности, естественно, ничего сообщить нельзя», — читаем мы в книге Валье.

Испытание подобных ракет сопряжено с большою опасностью. «Опыты производились на особом полигоне, — пишет Валье, — где за пуском ракет следили через окошечки толстого сруба с помощью стереотруб, фотоаппаратов и кинематографической ленты. На первых порах почти ежедневные взрывы вдребезги разносили дорогие инструменты, а острые осколки гильз вонзались на несколько сантиметров в стены сруба.

Случалось, что тяжелые, добела раскаленные дюзы взметались на сотни метров вверх или относились в сторону; далеко откинутая часть невыгоревшего заряда едва не причинила однажды лесного пожара».

О ракетах Тиллинга будет сказано в следующей главе.

---

[1] Не смешивать с недавно умершим советским работником ракетного дела инж. Ф. А. Цандером.

10. История пороховой ракеты

История ракеты уходит далеко вглубь веков. Ракета гораздо древнее огнестрельного оружия, потому что китайцы, — которые, вероятно, и являются ее изобретателями, — употребляли ее для декоративных целей еще до начала нашего летосчисления. На протяжении первого тысячелетия нашей эры можно найти, впрочем, лишь глухие упоминания об употреблении ракет. Имеются, далее, сведения, что в XIII веке китайцами и арабами применялись при осаде зажигательные ракеты. Около того же времени встречаются упоминания о них в сочинении знаменитого ученого-схоластика Альберта Великого и в некоторых арабских трудах по военному делу.

В Европу ракеты проникли, по-видимому, лишь в XIV веке. Любопытно, что уже в начале XV века появились проекты (де Фонтана) применения ракет в качестве двигателя для повозки, лодки, подводной торпеды и даже для воздушной торпеды в виде «ракетного голубя», т. е. зажигательной ракеты, снабженной хвостом и несущими плоскостями. Такие «ракетные голуби», надо думать, существовали не только в проекте: имеется свидетельство о пожаре в лагере осаждающих гуситов, возникшем (очевидно, вследствие противного ветра) при пуске ракетного голубя в осажденный город.

В течение XV и XVII веков ракеты неоднократно описываются в качестве военного оружия немецкими и польскими авторами. В 1668 г. в Берлине производились опыты с весьма крупными ракетами, 50–100 фунтов весом, предназначавшимися для переброски зажигательных снарядов. В 1720 г. в сочинении лейденского физика Гравезанда (изобретателя известного нашим школьникам «шарика Гравезанда»[1]) мы находим описание паровой ракетной повозки, устроенной по мысли Ньютона.

В XVIII веке появляется уже специальный род войск, вооруженный ракетами. Индусские раджи содержали ракетные отряды численностью в несколько тысяч человек. Употреблявшиеся ими ракеты весили 3–6 кг и снабжены были хвостами до 2½ м длины.

Между прочим, в XVII и XVIII веках ракеты находят себе применение и на охоте — для рассеивания больших стай животных, которых охотники предпочитали преследовать врассыпную.

Эпохой расцвета ракетного военного оружия надо считать начало XIX века, когда генерал английской службы Конгрев, в борьбе с индусами познакомившийся с действием зажигательных ракет, стал вводить их в английской армии. В его руках ракета превратилась в грозное оружие, способное по разрушительному действию соперничать с артиллерией. Уже первые ракеты Конгрева (в 1805 г.) имели дальность переброски около 2½ км. При дальнейшем

[1] *Шар Гравезанда* — стальной шар, после нагревания на плитке увеличивающийся в объеме и перестающий проходить в отверстие, в котором ранее помещался (*примеч. ред.*).

усовершенствовании Конгрев добивался увеличения не столько дальности действия ракет, сколько их грузоподъемности. В 1807 г. при осаде Копенгагена он засыпал город 40 тысячами зажигательных ракет весом 24 фунта, 32 фунта и даже 48 фунтов. Пример английской армии не остался без подражания, и вскоре большинство европейских государств ввело в своих войсках зажигательные ракеты. Распространению этого рода оружия способствовало появление печатного труда Конгрева, где убедительно выяснены ценные преимущества ракетного оружия в смысле дешевизны и удобства перевозки, особенно по сравнению с артиллерией.

Между прочим, Конгрев утверждает в своем сочинении, что при лабораторных опытах он изготовлял ракеты весом в 300 фунтов (130 кг) и что вполне осуществимы ракеты весом в 1000 фунтов (440 кг). Его военные ракеты обычного типа весили 32 фунта (14 кг) и перекидывали зажигательный снаряд в 3½ кг на 2700 м, а в 12 кг на 1800 м; калибр ракеты Конгрева — от 5 до 12 см.

В эпоху наполеоновских войн ракеты нашли себе новое боевое применение: их употребляли для переброски разрывных снарядов. Ракетная артиллерия продолжала развиваться до середины прошлого века, пока не была оттеснена на второй план значительными успехами артиллерии орудийной. Каким внушительным оружием была в то время ракетная граната, можно судить по тому, что употреблялись ракеты в 20 кг весом, несшие бомбу в 60 кг и перебрасывавшие ее почти на три километра; калибр этих ракет был 12 см. [1] Следующие государства имели в составе армии специальные ракетные отряды, метательные орудия, лаборатории и т. п.: Англия, Пруссия, Польша, Россия, Голландия, Швейцария, Греция, Сардиния, Франция, Испания, Австрия, Италия, Сицилия. Во второй половине прошлого века все страны одна за другой отказались от услуг ракетной артиллерии: Австрия — в 1867 г., Германия — в 1872 г. (в франко-прусскую войну ракетные бомбы не находили себе применения). Позже всего — до 1885 г. — удержался этот род оружия в английских колониальных войсках, действовавших в труднодоступных местах, куда невозможно было доставить тяжеловесные пушки.

Ракетной артиллерией снабжалась и русская армия в эпоху завоевания Туркестана. «При походах в Туркестан пользовались ракетами, снабженными гранатой, взамен артиллерии. Своим огненным хвостом, шумом и разрывом снаряда при падении они производили очень сильное впечатление на туркестанскую кавалерию» (*Нилус* и *Маркевич*, «Курс артиллерии»).

Особого внимания заслуживает изобретение в 1846 г. в Америке ракет, вращающихся вокруг продольной оси и тем приобретающих большую устойчивость в полете. Вращение порождалось тем, что вытекающие газы приводили в движение небольшой пропеллер, прикрепленный к ракете. Это усовершенствование нашло себе применение в австрийской ракетной артиллерии.

[1] Кибальчич упоминает о ракетах, могущих поднимать до 5 пудов разрывного снаряда.

Рис. 22. Действие ракетной гранаты на туркестанскую конницу в эпоху среднеазиатских походов царской армии

С 30-х годов прошлого века крупная ракета получает и мирное применение — прежде всего в деле оказания помощи экипажу тонущего судна. Спасательная ракета, пущенная с берега, переносит на судно конец троса, посредством которого устраивается подвесная дорога для сообщения с берегом. Ракета калибром в 8 см, длиною 35 см, с зарядом в 3 кг перебрасывает на 400 м многожильный трос, весящий 16 кг.

Все страны снабжались спасательными ракетами немецкого производства (лаборатория в Шпандау).

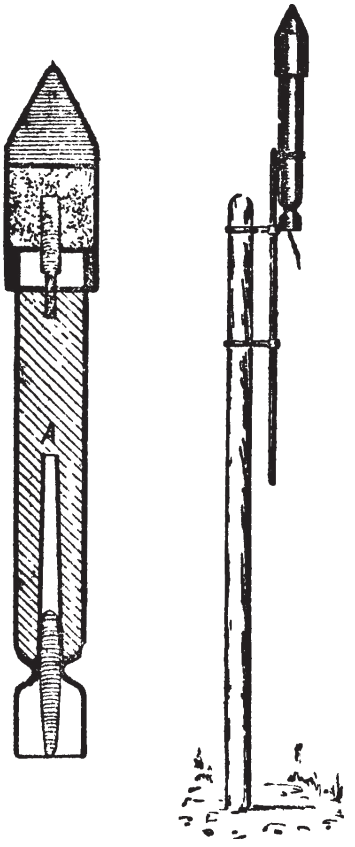


Рис. 24. Противоградовая ракета: слева — в разрезе, справа — установленная для пуска

До сих пор речь шла исключительно о ракетах, заряженных прессованным черным порохом. Но имеются предшественники и у ракеты с зарядом из жидких горючих веществ. Такова ракета перуанского изобретателя Педро Полета[1], работавшая на бензине с азотным ангидридом (в качестве источника кислорода). Производя опыты со своей ракетой, изобретатель не пускал ее в свободный полет, а заставлял действовать на пружинный динамометр, измеряя таким образом ее подъемную силу. К сожалению, это ценное изобретение в свое время осталось неизвестным и не дало непосредственного толчка другим работникам ракетного дела.

XX век принес ракете, между прочим, неожиданную область применения — в качестве средства защиты от града. Градорассеивающие ракеты (рис. 24) широко употребляются в Швейцарии, которая обязана им, говорят, понижением убытков от градобития. Если при выпадении первых градин пустить вверх ракету, то на площади в квадратный километр выпадают вместо града рыхлые снежные хлопья, которые после второй или третьей ракеты сменяются дождем. В окружающей местности в то же время идет град. Употребляемые для этого ракеты не принадлежат к крупным: их калибр всего 3–4 см, длина 25–35 см. Обычно это картонные гильзы, наподобие пиротехнических. Самый же механизм воздействия ракет на ход

[1] *Педро Паулет Мостахо* (1874–1945) — перуанский инженер, которому приписывают изобретение в 1895 г. первого в мире жидкотопливного ракетного двигателя и в 1900 г. — первой в мире силовой установки для ракет; немецкий конструктор Вернер фон Браун считал Паулета «отцом воздухоплавания» (*примеч. ред.*).

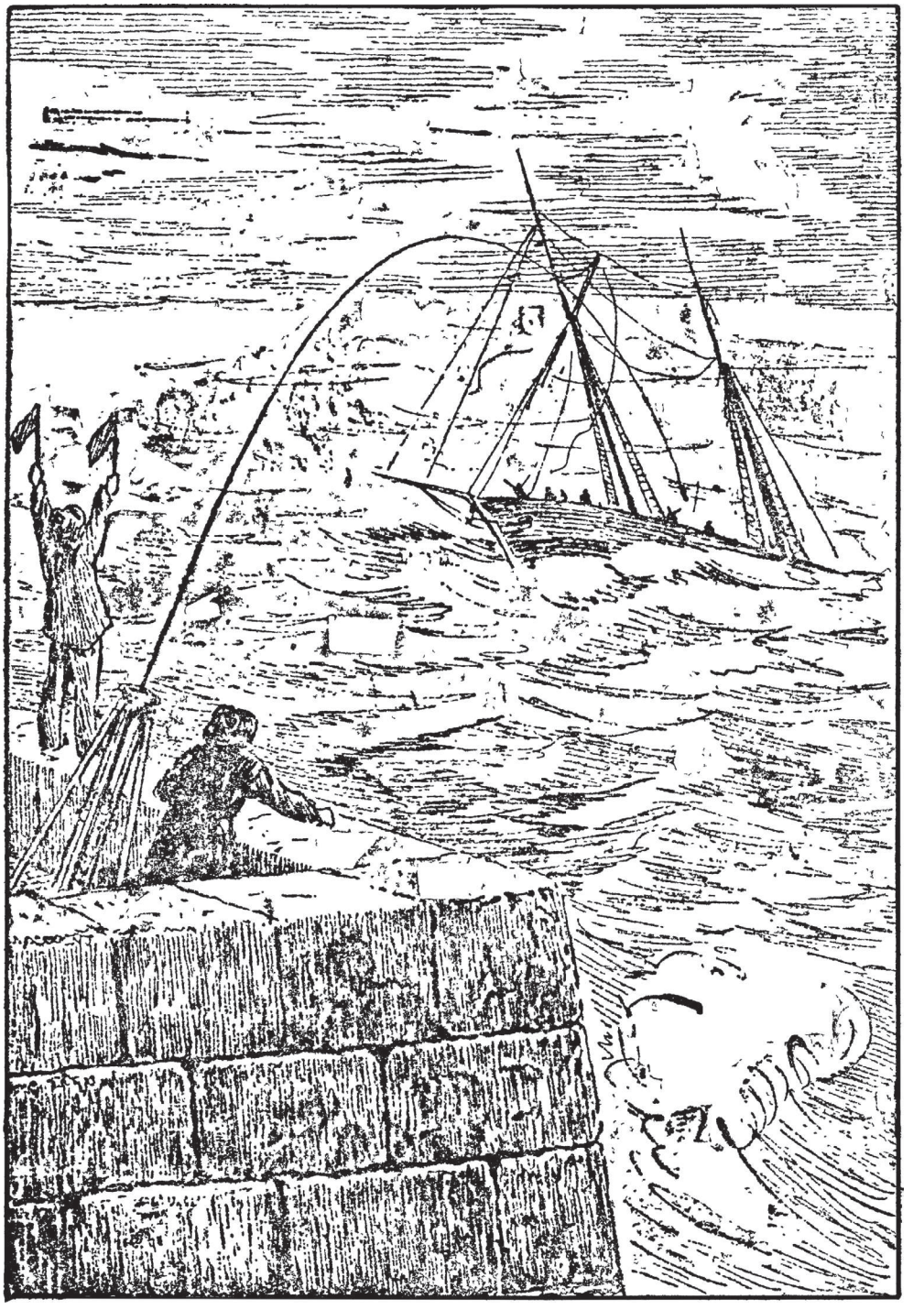


Рис. 23. Применение спасательной ракеты

метеорологического явления до сих пор не раскрыт и представляется загадочным: слишком велико несоответствие между запасом энергии, освобождаемой при горении ракеты, и тем количеством, какое требуется для растопления града на значительном пространстве[1].

Из других мирных применений ракет в XX веке упомянем о перекидывании шнура через труднопроходимые реки, ущелья, пропасти для установления связи с противоположной стороной; о таком же приеме установления сношений с местностями, отрезанными от прочего мира наводнением или другими стихийными бедствиями; о перебрасывании небольшого якоря с судна через полосу бурного прибоя и т. п.

Наряду с этим в XX веке вновь расширилось и военное применение ракет. В 1906–1908 гг. немецким инженером Маулем изобретена была для военных надобностей фотографическая ракета: фотоаппарат поднимается ракетой на высоту нескольких сот метров, откуда автоматически снимает местность[2]. Ракета крупного калибра возносила камеру размером 20 × 25 см (при фокусном расстоянии 28 см) на высоту 800 м; с подобного возвышения открывается на ровной местности кругозор с радиусом в сотню километров. Попутно тот же изобретатель производил — по-видимому, впервые в истории ракеты — опыты подъема с помощью ракет живых существ: мышей, морских свинок и других мелких животных; четвероногие пассажиры находились в клетке, которая прикреплялась к ракете взамен фотоаппарата. Животные благополучно возвращались на землю — факт весьма поучительный, так как ускорение при пуске пороховых ракет довольно велико, в десятки раз больше привычного нам ускорения тяжести[3].

Опыты с фоторакетами были, однако, вскоре прекращены, так как развитие аэрофотосъемки сделало применение ракет для этой цели излишним.

Одновременно с сейчас упомянутыми работами инж. Мауля велись в Германии на полигоне Круппа опыты полковника Унге с ракетными торпедами.

---

[1] Хотя употребление противоградовых ракет широко практикуется в Швейцарии и в некоторых местностях Кавказа, пользу их нельзя считать бесспорно доказанной. Специальное опытное исследование вопроса, предпринятое в ряде кантонов Швейцарии в течение 1928 и 1929 гг., не дало решающих результатов; польза ракет, во всяком случае, не обнаружилась с достаточной определенностью (что, возможно, обусловливалось недостатками самой постановки опытов).

[Современные противоградовые ракеты распыляют реагент в областях нового роста градовых и градоопасных облаков, который и приводит к ускорению осадкообразования и выпадения дождевых осадков вместо градовых. В 1931–1933 гг. первые советские противоградовые ракеты разрабатывались в ЛенГИРДе при участии Я. И. Перельмана и вышеупомянутого инженера А. Н. Штерна (*примеч. ред.*).]

[2] См. статью *А. Мауля* в «Technik für Alle» за 1915–1916 гг.

[3] Наблюдение это находится в согласии с опытами над мелкими животными, еще ранее произведенными К. Э. Циолковским с помощью центробежной машины, а позднее проф. Н. А. Рыниным и др. в Ленинграде (1930 г.).

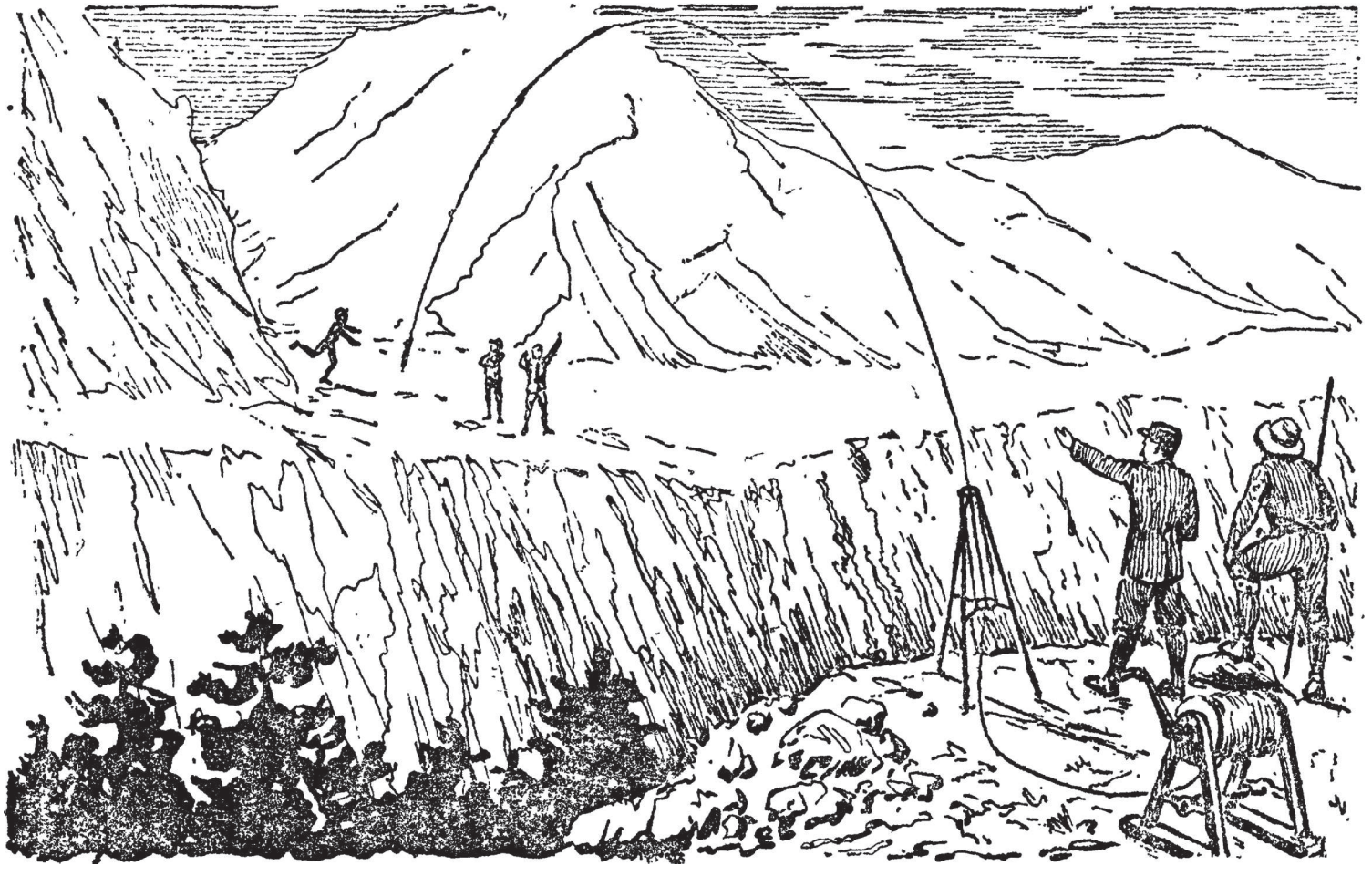


Рис. 25. Перекидывание шнура через ущелье при помощи ракеты

Имелось в виду изобретение нового военного оружия, которое сделало бы излишними тяжеловесные пушки. Унге удалось изготовить модель, которая при 60 кг общего веса несла 40-килограммовую гранату и перебрасывала ее на расстояние 5–6 км. Такая ракета пускалась с особого лафета и получала устойчивость в полете благодаря вращению около продольной оси (с помощью пропеллера, приводимого в действие вытекающей из ракеты струей газов). Однако добиться удовлетворительной меткости попадания Унге не мог, и опыты его были прекращены.

Незадолго до войны подобные же опыты делались и с подводными торпедами (ракета хорошо горит под водою). Торпеды этого рода, осуществляя старинный проект де Фонтана, показали хорошую скорость, бóльшую, чем обычные торпеды, приводимые в действие сжатым воздухом. Но недостаточная меткость решила судьбу изобретения. В разразившуюся вскоре затем войну 1914–1918 гг. ракета существенной роли как боевое оружие не играла.

После войны наибольших успехов в изготовлении пороховых ракет высокого подъема достигли немецкие конструкторы — инж. Зандер, Поггензе и Тиллинг. (Особняком стоят чрезвычайно важные экспериментальные исследования американского физика проф. Годдарда, о которых мы будем говорить в другом месте.)

Об опытах инж. Зандера мы уже упоминали в предыдущей главе. Ракета Поггензе (1931 г.) при весе 13 кг имела в длину 3½ м и несла с собою метеорологические приборы-самописцы, а также фотоаппарат и измеритель ускорения. Приборы были скреплены с парашютом, который при испытании ракеты автоматически раскрывался в высшей точке подъема и благополучно доставлял свой груз на землю.

Инж. Тиллинг при своих опытах в конце 1931 г. пускал ракеты 6½ кг весом на высоту 8 км; длина ракет 190 см, диаметр 6,5 см. Они переносились на расстояние 18 км. Он проектировал пуск ракет, снабженных гироскопическими стабилизаторами, на высоту 10–15 км для исследования стратосферы. Им же был намечен план переброски почты с материка на близлежащие острова с помощью пороховых ракет его конструкции.

Этим планам не суждено было осуществиться: в октябре 1933 г. талантливый инженер погиб при взрыве своей лаборатории.

Последней новинкой в применении пороховых ракет является использование их для почтовых надобностей. Пока это осуществлено, сколько известно, только в одном пункте Австрии, там, где гористая местность делает невозможным пользование аэропланом, а доставка почты наземным транспортом крайне медленна из-за бездорожья. Почтовую кладь (примерно из сотни отправлений) заделывают внутрь ракеты, заботясь, конечно, чтобы корреспонденция не пострадала при горении заряда. Такую почтовую ракету пускают в сторону ближайшего почтового отделения в нескольких километрах от пункта отправления. Дело налажено так хорошо, что почта берет

даже заказные и служебные письма. Размеры ракеты: 25 см в диаметре и почти в рост человека в длину. Вес — 30 кг, из которых 24 кг приходятся на заряд (порох особого состава, являющегося секретом изобретателя этих ракет, инж. Шмидля).

Очерк истории пороховой ракеты был бы не полон, если бы мы не остановились подробнее на проекте использования пороховой ракеты в качестве двигателя для летательного аппарата, — проекте Н. И. Кибальчича, вскользь упомянутом ранее. Этот важнейший эпизод в истории развития идеи ракетного летания может считаться исходным пунктом звездоплавания и потому заслуживает более подробного рассмотрения.

11. Летательная машина Кибальчича

Мысль о летательной машине занимала Кибальчича еще в то время, когда он жил и работал на свободе. Воздухоплавание в то время было в жалком состоянии. Люди умели подниматься над землей на воздушных шарах, но становились в воздухе игрушкой стихии; управляемых воздушных кораблей еще не существовало, и шар несло в ту сторону, куда дул ветер. Кибальчич мечтал о полном покорении воздуха, когда человек сможет совершать свой полет в желаемом направлении.

«Какая сила должна быть употреблена, чтобы привести в движение такую машину? — размышлял Кибальчич. — Сила пара здесь непригодна... Паровая машина громоздка сама по себе и требует много угольного нагревания для приведения в действие. Какие бы приспособления ни были приделаны к паровой машине — вроде крыльев, подъемных винтов (пропеллеров) и пр., паровая машина не в состоянии будет поднять самое себя на воздух».

Напомним, что двигателей внутреннего горения, разрешивших впоследствии проблему авиации, в те годы еще не существовало. Вот почему от паровой машины мысль революционера-изобретателя обратилась сразу к электродвигателю:

«В электродвигателях гораздо бóльшая доля переданной энергии утилизируется в виде работы, но для большого электродвигателя нужна опять-таки паровая машина. Положим, что паровая и электродвигательная машины могут быть установлены на земле, а гальванический ток может по проволокам, наподобие телеграфных, передаваться воздухоплавательному прибору, который, скользя, так сказать, особой металлической частью по проволокам, получает ту силу, которою можно привести в движение крылья или другие подобные приспособления снаряда. Подобное устройство летательного снаряда во всяком случае было бы неудобно, дорого и не представляло бы никаких преимуществ перед движением по рельсам».

Не может ли, однако, человек обойтись совсем без механических источников энергии, а летать силою своих мускулов, как ездит велосипедист? Мысль Кибальчича работала и в этом направлении. Ему было известно, что «многие изобретатели основывают движение воздухоплавательных снарядов на мускульной силе человека. Беря типом устройства своих проектируемых машин птицу, они думают, что можно устроить такие приспособления, которые, будучи приведены в движение собственной силой воздухоплавателя, позволят ему подниматься и летать по воздуху. Я думаю, что если и возможно устроить такого типа летательное приспособление, то оно все-таки будет иметь характер игрушки и серьезного значения иметь не может».

«Какая же сила применима к воздухоплаванию?» — снова и снова задавал себе вопрос Кибальчич и, наконец, напал на мысль, которая представлялась ему единственным решением задачи. Порох! Сила взрывчатых веществ. «Никакие другие вещества в природе не обладают способностью развивать в короткий промежуток времени столько энергий, как взрывчатые».

С действием этих веществ Кибальчич был знаком прекрасно. Еще до вступления в партию Народной воли (1879 г.) он, предвидя, что партии в ее террористической борьбе придется прибегнуть к таким веществам, как динамит, решил изучить приготовление и употребление этих веществ. «С этой целью, — писал он в своих показаниях, — я предварительно занимался практически химией, а затем перечитал по литературе взрывчатых веществ все, что мог достать. После этого я у себя в комнате добыл небольшое количество нитроглицерина и таким образом практически доказал возможность приготовлять нитроглицерин и динамит собственными средствами». Кибальчич изобрел и сам изготовил те бомбы, которые были брошены под карету Александра II. Для этого ему «приходилось придумывать много новых, нигде не употреблявшихся приспособлений». Принимал он деятельное участие и в подготовке подкопа на Садовой улице, где должен был проехать царь. Он рассчитал, «какое количество динамита необходимо для того, чтобы взрыв, во-первых, достиг цели, а во-вторых — не причинил вреда лицам, случившимся на тротуаре при проезде государя, а также прилежащим домам».

«Но каким образом, — спрашивал Кибальчич, — можно применить энергию газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, к какой-либо продолжительной работе? Это возможно только под тем условием, если та громадная энергия, которая образуется при горении взрывчатых веществ, будет образовываться не сразу, а в течение более или менее продолжительного промежутка времени». При таких условиях работает прессованный порох в ракетах. Кибальчич ясно представлял себе причину полета ракеты — гораздо лучше, чем некоторые специалисты нашего времени, наивно полагающие, будто ракета струей вытекающих из нее газов отталкивается от окружающего воздуха. Он понимал, что окружающая среда только задерживает полет ракеты, движущей же силой являются газы, напирающие на ракету изнутри.

Зовут меня	*Николай Иванович Кибальчич*
От роду имею	*27 лет*
Вероисповедания	*православного*
Происхождение и народность	*сын священника, русский*
Звание	*был студентом института инженеров путей сообщения*
Место рождения и место постоянного жительства	*в Черниговской губернии, Кролевецкого уезда, заштатном городе Короп*
Занятие	*литературный труд*
Средства к жизни	*заработки от литературного труда*
Семейное положение	*холост, имею двух родных братьев и двух сестер*
Экономическое положение родителей	*родителей нет в живых*
Место воспитания и на чей счет воспитывался	*сначала в институте инженеров путей сообщения, а затем в медико-хирургической академии, на собственный счет*
Причина неокончания курса в случае выхода из заведения с указанием самого заведения	*из медико-хирургической академии вышел в 1875 г. вследствие привлечения меня по политическому делу, а из института, в котором пробыл с 1871 по 1873 год, перешел в академию, пожелав переменить специальность*
Был ли за границей, где и когда именно	*не был*

Биографические сведения о Н. И. Кибальчиче.
(Из показаний Кибальчича 20 марта 1881 г.)

Размышляя в этом направлении, Кибальчич пришел к идее реактивного самолета, т. е. летательной машины, устроенной по принципу ракеты. Надо было разработать эту мысль, изложить ее в виде проекта и опубликовать. Но революционная деятельность настолько поглотила все силы Кибальчича, что для подобной ракеты у него не нашлось времени. Наступило событие 1 марта: царь убит бомбой Кибальчича, сам Кибальчич схвачен и заключен в Петропавловскоую крепость; его ожидает смертная казнь. Чем же занят революционер в последние дни своей жизни?

«Когда я явился к Кибальчичу как назначенный ему защитник, — рассказывал суду В. Н. Герард, — меня прежде всего поразило, что он был занят совершенно иным делом, ничуть не касающимся настоящего процесса. Он 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».

Этот замечательный документ сохранился до наших дней. Он озаглавлен автором так:

«Проект воздухоплавательного прибора бывшего студента Института инженеров путей сообщения Николая Ивановича Кибальчича, члена русской социально-революционной партии».

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект, — такими словами начинается техническое завещание Кибальчича. — Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении.

Если моя идея после тщательного обсуждения учеными-специалистами будет признана осуществимой, 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 своею жизнью.

Вот схематическое описание моего прибора. В цилиндре *A*, имеющем в нижнем дне отверстие *C*, устанавливается по оси пороховая свечка *K* (так буду я называть

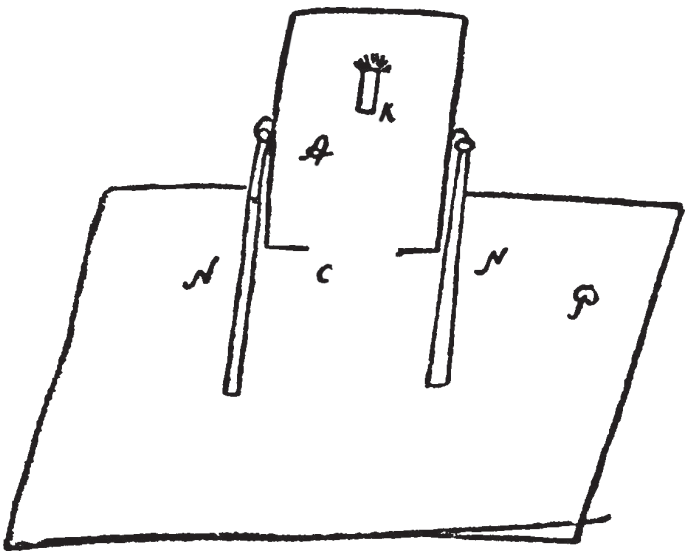


Рис. 26. Набросок проекта летательной машины Кибальчича, устроенной по принципу ракеты

цилиндрики из прессованного пороха). Цилиндр *A* посредством стоек *NN* прикреплен к средней части платформы *P*, на которой должен стоять воздухоплаватель. Для зажигания пороховой свечки, а также для устанавливания новой свечки на место сгоревшей должны быть придуманы особые автоматические механизмы... Все это легко может быть разрешено современной техникой.

Представим теперь, что свеча К зажжена. Через очень короткий промежуток времени цилиндр *A* наполняется горячими газами, часть которых давит на верхнее дно цилиндра, и если это давление превосходит вес цилиндра, платформы и воздухоплавателя, то прибор должен подняться вверх... Давлением газов прибор должен подняться очень высоко, если величина давления газов на верхнее дно будет все время поднятия превышать тяжесть прибора.

Таким путем воздухоплавательный прибор может быть поставлен по отношению к воздушной среде в таком же положении, как неподвижно стоящее судно по отношению к воде. Каким же образом можно двинуть теперь наш аппарат в желаемом направлении? Для этого можно предложить два способа. Можно употребить второй подобный же цилиндр, установленный только горизонтально и с обращенным не вниз, а в сторону отверстием в дне. Для того же, чтобы горизонтальный цилиндр можно было устанавливать в каком угодно направлении, он должен иметь движение в горизонтальной плоскости. Для определения направления может служить компас. Но можно ограничиться и одним цилиндром, если устроить его таким образом, чтобы он мог быть наклоняем в вертикальной плоскости, а также мог бы иметь конусообразное движение. Наклонением цилиндра достигается вместе и поддерживание аппарата в воздухе, и движение в горизонтальном направлении».

Этот проект революционера-изобретателя постигла трагическая судьба. Кибальчич просил представить его на суд специалистов, и ему это было обещано. С нетерпением ждал приговоренный к смерти суждения о ценности его заветной мысли. Близился день казни, а ответа не было. За два дня до казни Кибальчич подал министру внутренних дел следующее прошение: «По распоряжению вашего сиятельства мой проект воздухоплавательного аппарата передан на рассмотрение технического комитета. Не можете ли вы, ваше сиятельство, сделать распоряжение о дозволении мне иметь свидание с кем-либо из членов комитета по поводу этого проекта не позже завтрашнего утра или по крайней мере получить письменный ответ экспертизы, рассматривавшей мой проект, тоже не позже завтрашнего дня».

Ответа не последовало. Кибальчич был обманут: его проект никуда дальше департамента полиции не пошел и никем не рассматривался. Чья-то властная, но черствая рука написала на его предсмертном завещании следующую резолюцию:

«Давать это на рассмотрение ученых теперь едва ли будет своевременно и может вызвать только неуместные толки».

Чиновники поступили с проектом по-чиновничьи: запечатали в конверт, подшили к делу и похоронили в архиве. Нужды нет, что этим обрекалась на забвение замечательная техническая идея, одна из самых смелых, какие когда-либо были высказаны. 36 лет оставалась она неизвестной всему миру, пока революция 1917 года не сняла запоров с дверей полицейского архива. Только тогда дошла до нас заветная мысль Кибальчича.

На языке техники наших дней изобретение Кибальчича должно быть названо не воздухоплавательным прибором, не самолетом, а звездолетом, потому что этот аппарат мог бы двигаться и в абсолютной пустоте межзвездных пространств. Кибальчич не подчеркивает этого обстоятельства, являющегося, на наш взгляд, наиболее замечательной особенностью его изобретения. Не отмечает он этого, вероятно, потому, что в его эпоху, когда люди не умели еще хорошо летать в атмосфере, несвоевременно было думать о полетах за ее пределами. Но по существу это был первый шаг в истории звездоплавания.

На этом заканчивается очерк истории пороховой ракеты. Прежде чем перейти к обозрению современного состояния ракетного дела, необходимо познакомить читателя с механикой ракеты, с условиями ее движения и с вытекающими из них перспективами звездоплавания.

12. Источник энергии ракеты

Ракета движется энергией, развивающейся при горении ее заряда; однако связь между энергией заряда и энергией движения в этом случае непохожа на ту, какую мы наблюдаем в тепловых машинах или в огнестрельном оружии. Вообще, ракета — прибор весьма своеобразный. Механика ее разработана слишком недавно, и оттого о полете ракет существует много превратных представлений. Даже иные специалисты ракетного производства высказывают зачастую о ракетах ошибочные суждения. Несколько лет назад (в 1928 г.) директор известной ракетной лаборатории в Шпандау (Германия) поместил в научном журнале статью, где высказал, между прочим, сомнение в том, чтобы ракета могла работать в безвоздушном пространстве! Между тем еще за десять лет до того американский физик проф. Годдард на опыте рассеял все сомнения на этот счет, доказав, что ракета летит в пустоте даже лучше, чем в воздухе.

Поучительна другая ошибка того же немецкого специалиста: он утверждает, что по окончании горения своего заряда ракета не может получить скорости большей, чем отбрасываемые ею продукты горения. Это верно для огнестрельного оружия (вспомните сказанное в начале главы 7), но совершенно ошибочно для ракеты: мы увидим далее, что ракета может приобрести скорость, во много раз бóльшую той, какую имеют продукты ее горения; в этом особенность и преимущество ракеты, и только благодаря этому ракета призвана осуществить со временем межпланетные перелеты.

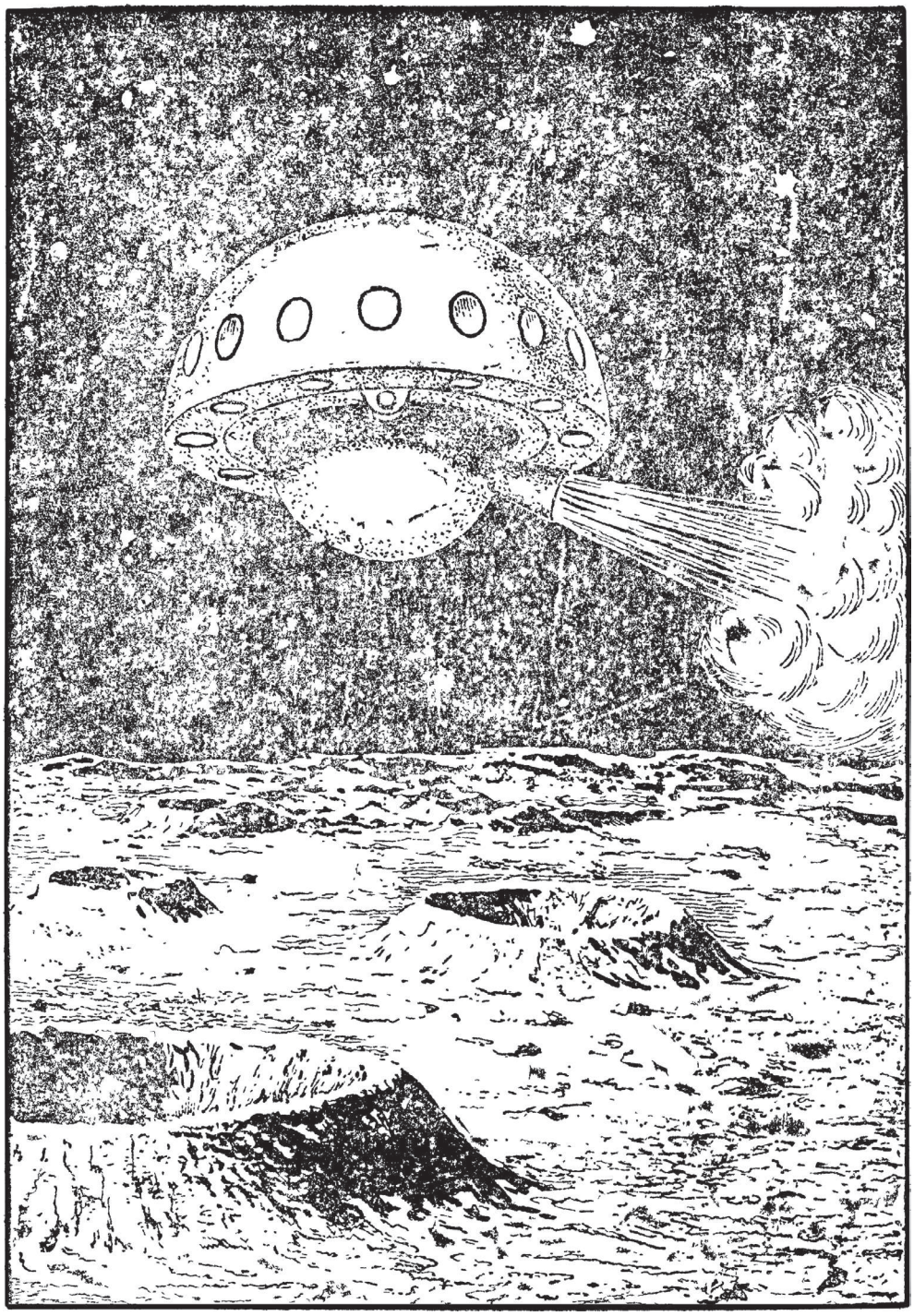


Рис. 27. Межпланетный перелет на ракетной летательной машине Кибальчича (фантастический рисунок)

Чтобы правильно разбираться в вопросах звездоплавания, необходимо вооружиться знанием существенных особенностей ракеты. Познакомимся же ближе с условиями ее полета.

Источником, из которого ракета заимствует энергию своего движения, могут быть не только вещества взрывчатые, но и горючие. Вероятно, не всем известно, чем отличаются друг от друга эти два рода веществ. *Взрывчатыми* называют вещества, которые содержат необходимый для горения кислород в своем составе; вещества же, называемые *горючими*, черпают кислород для горения извне. Примером веществ взрывчатых может служить порох; примером горючих — нефть. Впрочем, это деление не безусловно; провести резкую границу между веществами обоего рода нельзя. Одно и то же вещество можно причислять то к взрывчатым, то к горючим, в зависимости от условий его сжигания. Бензин, например, когда он горит открыто в воздухе, — горючее; но если превратить его в газ и смешать с воздухом, он становится сильно взрывчатым веществом.

Возвращаясь к ракете, мы должны сказать, что для ее полета необходимо следующее: в ней что-то должно гореть или взрываться, а газообразные продукты горения или взрыва должны вытекать из ее трубки по одному направлению. Кто правильно представляет себе причину полета ракеты (см. гл. 8), тому должно быть ясно, что ракета летит тем быстрее, чем больше скорость струи вытекающих газов. Отсюда вывод: для заряда ракеты выгодно брать такое вещество, которое, сгорая, сообщает продуктам горения возможно бóльшую скорость.

Мы имеем, следовательно, один из существенных признаков для оценки пригодности того или иного вещества в качестве заряда для ракеты. Скорость вытекания продуктов горения в значительной мере зависит, конечно, от формы сопла, — но существует предел (и его можно вычислить), которого эта скорость ни при каких условиях не может превзойти. Мы выполняли ранее (гл. 7) подобный расчет, когда устанавливали высший предел скорости артиллерийского снаряда. Сейчас понадобится сделать такое же вычисление. Легко понять, что предельная скорость отброса будет та, какую приобрел бы вытекающий газ, если бы запас энергии заряда полностью преобразовался в живую силу движения газа. Для черного пороха нами была уже определена эта так называемая «идеальная» скорость; она равна 2400 м/сек.: газы, вырывающиеся из трубки ракеты, которая заряжена черным порохом, не могут двигаться (по отношению к ней) быстрее, чем с указанной скоростью. Для других сортов пороха получаются иные идеальные скорости: для пироксилинового ружейного — 2700 м/сек., для пироксилина — 2900 м/сек. и т. п.

При виде того, как щепотка пороха, взрываясь, превращает безобидный кусочек свинца в стремительно летящее смертоносное оружие, нам, естественно, представляется, что порох заключает в себе огромный запас энергии. Мы склонны думать, что в грамме пороха скрывается несравненно больше энергии, чем в грамме угля, бензина или нефти. Для многих поэтому должно

звучать совершенно неправдоподобно утверждение, что такая уверенность ошибочна и что дело в действительности обстоит как раз наоборот. Не только керосин или бензин, но даже осиновые дрова, — к которым мы относимся так презрительно, запасая топливо для наших квартир, — содержат энергии больше, нежели порох. Загляните в технический справочник, и вы узнаете, что грамм керосина или бензина, сгорая полностью, развивает около 10 000 тепловых единиц (малых калорий), грамм каменного угля — до 7000, древесины— до 4000; порох же, взятый в том же количестве, дает всего лишь 800 тепловых единиц! Даже если принять в расчет, что порох при горении не заимствует кислорода извне, промышленное же горючее нуждается во внешнем кислороде и что, следовательно, приведенные сейчас числа для керосина, бензина и угля должны быть несколько уменьшены, — все же преимущество остается на стороне невзрывчатых веществ. Топить комнатные печи или паровозы порохом было бы безусловно невыгодно.

Легко представляю себе недоумение читателя: если дело обстоит так, то почему ружья и пушки заряжают порохом, а не керосином, не кусочками дерева? На этот вопрос надо ответить, что если бы керосин или дерево горели столь же быстро, как порох, то, конечно, огнестрельное оружие следовало бы заряжать керосином или деревом. Для винтовки или пушки быстрота сгорания заряда имеет первостепенное значение. Нетрудно сообразить, почему. Ведь пуля или снаряд скользят в стволе ружья или в канале пушки ничтожный промежуток времени, несколько сотых долей секунды. В течение этого краткого промежутка заряд должен передать пуле (или снаряду) возможно больше энергии, — потому что после выхода снаряда из канала давление пороховых газов не влияет больше на ее скорость. Теперь понятно, что медленно горящий керосин успел бы передать пуле лишь незначительную долю из своего богатого источника энергии — гораздо меньше, чем сгорающий быстро, в тысячную долю секунды порох передает из своего скудного запаса.

Совсем иные условия имеем мы в ракете. В то время как для огнестрельного оружия быстрота горения очень важна, для ракеты она не только не нужна, но напротив — даже вредна. Если мы желаем со временем превратить ракету в корабль для межпланетных перелетов, то должны добиться медленного и плавного нарастания ее скорости,— иначе пассажиры ракетного корабля будут раздавлены при отправлении в путь. А постепенное нарастание скорости ракеты возможно лишь при медленном горении ее заряда.

После сказанного не остается сомнений, какому роду веществ нужно отдать предпочтение при выборе заряда для будущего ракетного корабля. Ракета должна порвать свою давнюю связь с порохом и перестроиться на промышленное горючее. В состав заряда будущей ракеты должна входить, во-первых, какая-нибудь горючая *жидкость* (потому что для твердых горючих понадобилось бы слишком сложное устройство, а для газообразных — чрезмерно большой собственный вес баллона), и во-вторых — кислород или такое химическое соединение, которое способно его выделить. Окислитель

должен также быть в жидком состоянии для удобного подведения его в камеру сгорания; всего лучше будет пользоваться сжиженным кислородом, но можно пустить в дело и такие жидкости, как азотная кислота[1] или другие соединения азота с кислородом.

Читатель, быть может, желал бы знать, как велика для различных горючих веществ та идеальная скорость вытекания продуктов их горения, о которой упоминалось выше. Приведем поэтому несколько относящихся сюда чисел, сопоставляя их с соответствующими числами для веществ взрывчатых.

Горючие вещества		*Взрывчатые вещества*	
Водород	5200 м/сек	Порох охотничий	2600 м/сек
Алкоголь	4200 »	» пироксилиновый	2700 »
Бензин	4400 »	Пироксилин	2900 »
Керосин	4200 »	Аммонал	3500 »

Таблица, естественно, внушает мысль, что выгоднейшим горючим для ракетного корабля является жидкий водород. Однако это не совсем так. Не говоря уже о том, что сжиженный водород имеет чрезвычайно низкую температуру и, кроме того, весьма дорог, он отличается еще чрезвычайной легкостью. Он в 14 раз легче воды; это значит, что килограмм его занимает в объеме 14 литров. Для вмещения определенного весового количества такой жидкости требуется непомерно большой резервуар. Ракетный корабль с водородом в качестве горючего окажется поэтому очень тяжел и объемист; значит, помимо того, что ему придется нести большой мертвый груз, он будет обладать небольшой «поперечной нагрузкой», т. е. будет мало способен преодолевать сопротивление атмосферы. По этим соображениям надо при проектировании жидкостных ракет отказаться от водорода и иметь в виду другие роды жидкого горючего с жидким окислителем[2].

Вопросы, так или иначе связанные с горючим для ракет, далеко не исчерпаны тем, что было сказано в этой главе. Кто будет иметь дело с сооружением крупных ракет, тому придется столкнуться с длинным рядом технических трудностей. Ему нужно будет подумать о подаче горючего и окислителя, об устройстве камеры сгорания, о нагревании ее стенок и об их искусственном охлаждении, о подготовке смеси для сгорания, о форме баков для горючего и окислителя, о сопле, о системе зажигания и управления и т. п. Моя книга

---

[1] Азотная кислота содействует горению: известно, что в азотной кислоте тлеющий уголь горит, а скипидар воспламеняется.

[2] Отмечу между прочим, что в Германии недавно (1935) пущен в эксплуатацию первый 100-сильный двигатель внутреннего сгорания, использующий в качестве горючего водород.

[В наши дни в разных типах ракет используют различное топливо (в том числе и твердое), но пара «жидкий водород + жидкий кислород» до сих пор пользуется очень большой популярностью (*примеч. ред.*).]

не ставит себе задачей рассмотрение техники сооружения ракет; в ней выясняется только *физическая* сторона дела, освещаются лишь вопросы принципиальные. Интересующиеся техническими подробностями должны будут обратиться к другим сочинениям, из которых я особенно рекомендовал бы весьма содержательную, несмотря на небольшой объем, книжечку советского изобретателя жидкостной ракеты инж. М. К. Тихонравова «Ракетная техника» (1935; стр. 77), а также книгу инж. С. П. Королева «Ракетный полет в стратосфере» (1934; стр. 110) и Г. Лангемака и В. Глушко «Ракеты» (1935; стр. 120)[1].

13. Механика полета ракеты

Мы подошли к другой стороне механики ракеты: к вопросу о том, от каких обстоятельств зависит окончательная скорость ракеты и — что не менее важно уяснить себе — от каких обстоятельств она не зависит. Теоретический вывод этих соотношений дан в конце книги[2]. Здесь приводим лишь окончательный результат.

Математический анализ устанавливает, что *в среде без тяжести* (для простоты пока отвлекаемся от тяжести) окончательная скорость, приобретаемая ракетой после горения, зависит *только* от двух обстоятельств:

1) от той скорости, с какой вытекают из ее сопла газообразные продукты горения;

2) от отношения первоначальной массы ракеты к ее окончательной массе, т. е. отношения массы ракеты до горения к массе ее после горения.

Если первоначальную массу ракеты вместе с запасом горючего обозначим через M_i, а конечную массу, когда заряд выгорит, — через $M_к$, то скорость, приобретаемая ракетой к концу горения, зависит от величины дроби:

$$\frac{M_i}{M_\text{к}}.$$

---

[1] Все авторы, которых перечислил здесь Я. П., впоследствии оставили ярчайший след в конструировании отечественной космической и ракетной техники, все стали Героями Социалистического Труда (Королев и Глушко — дважды): *Михаил Клавдиевич Тихонравов* (1900–1974) — один из ближайших сподвижников С. П. Королева; *Сергей Павлович Королев* (1907–1966) — один из основателей практической космонавтики, главный конструктор ракетно-космических систем; *Георгий Эрихович Лангемак* (1898–1938) — один из создателей первых реактивных снарядов в СССР; *Валентин Петрович Глушко* (1908–1989) — основоположник советского жидкостного ракетного двигателестроения.

Любопытно, что в 1935 г. имена этих людей настолько не были еще известны широкой публике, что даже имя Сергея Павловича Королева было напечатано в книге Я. П. с ошибкой — «Н. П. Королев» (*примеч. ред.*).

[2] См. с. 543 настоящего издания (*примеч. ред.*).

Ни от каких других причин окончательная скорость ракеты в среде без тяжести не зависит. Это — замечательный результат. Оказывается, что продолжительность и порядок горения нисколько не влияют на величину приобретаемой ракетой скорости: «Происходит ли горение равномерно или нет, длится ли оно секунды или тысячелетия — это все равно; даже перерывы ничего не значат» (Циолковский). Второй поучительный вывод тот, что скорость ракеты не обусловливается вовсе, как можно было бы ожидать, абсолютным количеством сожженных веществ; она зависит лишь *от отношения* массы этих веществ к массе незаряженной (вернее — разряженной) ракеты. Маленькая ракета, заряженная несколькими граммами горючего, может приобрести такую же окончательную скорость, как и исполинская ракета с зарядом в сотни или тысячи тонн, — если только окончательная масса ракеты в обоих случаях составляет одинаковую долю первоначальной.

Читатель должен также отрешиться от распространенного представления о ракете как об аппарате, отталкивающемся от воздуха. Это странное ходячее мнение потому так живуче, что для поверхностного суждения кажется естественным и бесспорным. Хотя правильный взгляд на механизм полета ракеты установился уже в эпоху Ньютона, заблуждение это владеет большинством умов еще и в наши дни, мешая правильно разбираться в вопросах ракетного летания.

Уместно остановиться здесь и на другом заблуждении более тонкого характера. Против возможности межпланетных перелетов выдвигается нередко следующий довод. На земном шаре не существует такого горючего, энергия которого, превращенная в механическую работу, была бы достаточна для переноса его самого хотя бы на Луну. Килограмм наиболее энергоемкого горючего — смеси водорода с кислородом — развивает не более 2900 × 427, т. е. 240 000 кгм. Между тем, чтобы удалить 1 кг вещества с земной поверхности на расстояние Луны, требуется совершить работу свыше 6 000 000 кгм. Отсюда делают поспешный вывод, что горючее, которое не может даже самого себя унести на Луну, тем более бессильно доставить туда еще какой-нибудь груз. Значит, межпланетные путешествия — несбыточная мечта; все стремления ее осуществить обречены на полную неудачу.

Рассуждения подобного рода, хотя и высказываются зачастую сведущими в других отношениях авторами, свидетельствуют о полном незнакомстве с условиями работы ракеты. Забывают, что ракета вовсе не несет с собою запаса горючего на протяжении всего пути. Она сжигает и отбрасывает свое горючее еще вблизи Земли, в первые несколько минут полета; весь же остальной путь ракета летит за счет энергии, запасенной в течение этих немногих минут горения. Кроме того, надо помнить, что межпланетная ракета расходует массу горючего, значительно превосходящую массу полезного груза ракеты.

Обратимся теперь к языку математических формул, чтобы отчетливее охватить условия движения ракеты. Обозначим, как прежде, начальную массу

ракеты, т. е. массу ее вместе с зарядом, через M_i; массу ракеты после израсходования заряда, т. е. ее конечную массу — буквою $M_к$. Скорость, с какою продукты сгорания удаляются от летящей ракеты, обозначим буквою *c*. Наконец, скорость, приобретаемую самой ракетой по израсходованию запаса горючего (в количестве $M_i - M_к$) обозначим через *v*.

Между этими четырьмя величинами M_i, $M_к$, *c* и *v* существует зависимость, впервые установленная К. Э. Циолковским; мы вправе называть ее «формулой Циолковского». А именно:

для всякой ракеты, летящей в пустоте и в среде без тяжести, справедливо следующее равенство («уравнение ракеты»):

$$\frac{M_i}{M_\text{k}} = 2{,}72^{\frac{v}{c}}.$$

Значение букв, входящих в уравнение ракеты, нам известно. Что же касается числа 2,72, то знакомые с математикой, конечно, узнают в нем основание натуральных логарифмов ($e = 2{,}71828...$)[1].

Рассмотрим несколько следствий из этого уравнения.

Прежде всего мы видим, что ракета может двигаться во много раз быстрее продуктов сгорания — в противоположность пушечному снаряду, который не может мчаться быстрее, чем толкающие его пороховые газы. Действительно, если мы желаем, чтобы ракета двигалась в 10 раз быстрее вытекающих из нее газов, т. е. чтобы отношение $\frac{v}{c}$ равнялось 10, мы должны положить в формуле ракеты $\frac{v}{c} = 10$; тогда $\frac{M_i}{M_k} = 2{,}72^{10} = 2200$, т. е. заряженная ракета должна быть в 2200 раз тяжелее незаряженной; или, иными словами, заряд должен по весу составлять $\frac{2199}{2200}$-ю долю веса ракеты. Теоретически это возможно, практически же, конечно, неосуществимо. При меньших значениях $\frac{v}{c}$ получаются для $\frac{M_i}{M_\text{k}}$ более благоприятные сооотношения. Так, если скорость ракеты должна только вдвое превышать скорость вытекающих газов, то отношение

$$\frac{M_i}{M_k} = 2{,}72^2 = 7{,}4.$$

Это значит, что вес заряда должен составлять $\frac{64}{74}$, т. е. 87% веса ракеты.

---

[1] Путем преобразования можно придать предыдущему уравнению и иной вид, а именно:

$$q = M_k\left(2{,}72^{\frac{v}{c}} - 1\right),$$

т. е. масса заряда *q* равна массе $M_к$ полезного груза, умноженной на выражение в скобках.

Вот несколько частных случаев.

Отношение $\frac{v}{c}$ скорости ракеты к скорости вытекания газов	1	2	3	4	5	10
Отношение $\frac{M_i}{M_k}$ веса заряженной ракеты к весу незаряженной	2,72	7,4	20,1	54,6	148	2200

Практически идти далеко в смысле увеличения скорости ракеты, как видим, в реальных условиях не удастся: числа второй строки растут чересчур стремительно. Если бы мы пожелали, например, добиться скорости ракеты в 20 раз большей скорости вытекания газов, нам пришлось бы зарядить ее количеством горючего, которое в 50 миллионов раз больше веса незаряженной ракеты! Напомним, что в цистерне с керосином содержимое только в 13 раз тяжелее тары; даже в пчелиной ячейке мед весит всего в 60 раз больше, чем восковая оболочка. Технике никогда, вероятно, не удастся соорудить ракету, которая в заряженном состоянии превышала бы вес незаряженной ракеты хотя бы только в 100 или даже в 50 раз. Едва ли поэтому придется на практике иметь дело со скоростями ракеты, превышающими скорость продуктов горения более чем в 4 раза. Отсюда понятно, как важно для развития ракетного дела добиться большей скорости вытекания газов. Каждая лишняя сотня метров скорости отброса создает заметную экономию в грузе горючего, который берет с собою ракета.

Еще раз подтверждается необходимость перехода от пороха к горючим жидкостям для достижения значительных скоростей полета. Если для ракет «земного» назначения порох оказывается еще достаточно энергоемким зарядом, то для перелетов космических он уже совсем непригоден. В виде примера сделаем два расчета.

1. Какой заряд пороха необходим ракете, предназначаемой для переброски бомбы в 50 кг весом с максимальной скоростью 500 м/сек?

Пусть скорость вытекания пороховых газов из дюзы равна 1000 м/сек. Если искомый заряд x, то по формуле Циолковского:

$$\frac{M_i}{M_k}=\frac{50+x}{50}=2{,}72^{\frac{500}{1000}}=\sqrt{2{,}72}=1{,}6\,.$$

Легко вычислить, что $x = 30$ кг. При скорости вытекания пороховых газов 2000 м/сек достаточен для этого еще меньший заряд — 14 кг.

2. Какой заряд необходим для переброски одной тонны полезного груза с Земли на Луну?

Чтобы долететь до Луны с наименьшим расходом горючего, ракета должна быть снабжена запасом энергии, отвечающим скорости 12 240 м/сек

(Приложение 4-е)[1]. Возьмем наибольшую скорость вытекания пороховых газов, 2400 м/сек, и составим уравнение:

$$\frac{M_i}{M_k} = \frac{x+1}{1} = 2{,}72^{\frac{12\,240}{2400}} = 2{,}72^{5{,}1} = 160.$$

Отсюда $x = 159$. Заряд должен составлять $\frac{159}{160}$ веса ракеты; на всю долю полезного груза остается 0,6% общего веса. Излишне говорить, что это конструктивно неосуществимо.

Пользуясь же жидким горючим со скоростью вытекания газов 4000 м/сек, мы получаем гораздо более благоприятные соотношения:

$$\frac{x+1}{1} = 2{,}72^{\frac{12\,240}{4000}} = 2{,}72^{3{,}06} = 20,$$

откуда $x = 19$. Заряд составляет $\frac{19}{20}$ общего веса, и на долю полезного груза приходится уже 5%.

Читателю должна быть понятна теперь та задача, которую поставили перед собой работники звездоплавания на нынешнем этапе его развития: во что бы то ни стало изобрести ракету с жидким зарядом. Будущее имеют только такие ракеты; без них заманчивые цели звездоплавания никогда не будут претворены в действительность. В дальнейших главах мы побеседуем о результатах этих изобретательских стремлений.

Перейдем теперь к следующему пункту механики реактивного движения. Как вычислить *силу*, с какой продукты горения давят на ракету? Для этого достаточно знать количество ежесекундно потребляемого горючего и скорость вытекания газов. Расчет основан на элементарных положениях динамики. По закону противодействия, количество движения (mc), присущее вытекающим газам, в каждый момент равно количеству движения (Mv) самой ракеты. Последнее же равно импульсу силы, увлекающей ракету ($Ft = Mv$). Значит (считая t = 1 сек), имеем, что искомая сила напора на ракету равна

$$F = mc,$$

где m — масса ежесекундно потребляемого горючего, а c — секундная скорость газовой струи. Если, например, ракета сжигает 160 г бензина в секунду, а продукты сгорания вытекают со скоростью 2000 м/сек = 200 000 см/сек, то сила напора на ракету (или сила тяги) составляет

$$160 \times 200\,000 = 32\,000\,000 \text{ дин} = \text{около } 32 \text{ кг}.$$

Нам предстоит еще рассмотреть вопрос о влиянии силы тяжести на полет ракеты. До сих пор мы вели расчеты в предположении, что земная тяжесть

[1] См. с. 553 настоящего издания (*примеч. ред.*).

на ракету не действует. Вспомним, однако, что под влиянием земной тяжести все тела близ поверхности Земли падают с секундным ускорением около 10 м/сек. Отсюда прямо следует, что если ракета должна в среде без тяжести получить движение отвесно вверх с секундным ускорением 40 м/сек, то, взлетая от Земли, она получит ускорение всего в 30 м/сек^2. Далее, если собственное ускорение ракеты *меньше* ускорения земной тяжести, то такая ракета вовсе не будет подниматься на Земле, как бы долго ни продолжалось горение и сколько бы горючего ни было израсходовано. Наконец, в случае *равенства* обоих ускорений ракета представляет картину совершенно необычайную: она неподвижно висит над Землей все время, пока происходит горение, а по окончании его — падает на Землю.

Как видим, быстрота сгорания, обусловливающая нарастание скорости ракеты, определяет в среде тяжести судьбу ракеты; если горение идет слишком медленным темпом, отлет ракеты вовсе не состоится. Математическое рассмотрение вопроса (оно приводится в Приложении 3)[1] показывает, что в условиях тяжести скорость отвесного поднятия ракеты всегда несколько меньшей той, какую получила бы ракета, израсходовав равный запас горючего в среде без тяжести. Чем больше собственное ускорение ракеты по сравнению с ускорением тяжести, тем меньше различие между скоростью ракеты в среде без тяжести и в условиях тяжести. Но так как человеческий организм может безопасно переносить не более чем трехкратное увеличение земной тяжести, то при отлете с Земли придется практически весьма считаться с этим различием.

Кроме силы тяжести, отлету ракеты с поверхности Земли должна препятствовать и атмосфера. Мы не можем рассматривать в этой книге влияния сопротивления воздуха на движение ракеты — вопрос этот чересчур сложен. Ограничимся указанием на то, что работа преодоления ракетой атмосферного сопротивления гораздо меньше, чем работа преодоления тяжести. При весе ракеты 10 т, площади поперечного сечения 4 м^2 и ускорении ее движения 30 м/сек^2 давление взрывных газов на нее будет равно 30 т; сопротивление же атмосферы, по расчетам К. Э. Циолковского, при хорошо обтекаемой форме ракеты не будет превышать 100 кг. Проф. Оберт, германский теоретик звездоплавания, считает, что скорость ракеты, отсылаемой с Земли в бесконечность, уменьшается сопротивлением атмосферы всего на 200 м/сек. Для ракет земного назначения, пролетающих в атмосфере значительную часть пути, величина сопротивления больше, чем для космических. В случае отсылки, например, ракеты на Луну (при выборе наиболее экономного проекта) максимальная скорость достигается на высоте 1700 км — далеко за пределами атмосферы. Плотный же слой атмосферы, толщиной 50 км, прорезается этой ракетой с довольно умеренной скоростью, которая лишь на уровне 50 км достигает 1,7 км/сек — величины порядка скорости снаряда сверхдальнобойной артиллерии. Следовательно, нет места тем опасениям, которые нередко

[1] См. с. 546 настоящего издания (*примеч. ред.*).

высказываются противниками звездоплавания — что ракета не в силах пробить воздушный панцирь нашей планеты. Точно так же и при возвращении из космического перелета снова на Землю ракета вступит в плотную часть нашей атмосферы вовсе не со скоростью, близкой к скорости метеоров.

Присутствие атмосферы, — отметим кстати, — не только не является препятствием к осуществлению межпланетных перелетов, но, напротив, должно быть рассматриваемо как фактор, без которого они едва ли могли бы быть когда-нибудь реализованы. В самом деле: если атмосфера несколько увеличивает расход горючего при отлете с Земли, то зато она же создает огромную экономию горючего при возвращении ракеты из межпланетного рейса, давая возможность затормозить ракету почти без расхода горючего (подробнее об этом будет сказано в главе 15).

Часто задают вопрос: может ли ракета в мировом пространстве изменить направление своего полета? Безусловно, может. Для этого нужно лишь изменить направление газовой струи. Тогда с ракетой произойдет то же, что происходит с свободным телом, получившим удар вне центра его массы: ракета получит вращательное движение. Пользуясь этим, пилот будет иметь возможность менять по желанию курс своего ракетного корабля и даже повертывать его в безвоздушном пространстве на 180°.

14. Звездная навигация

Скорости, пути, сроки

Первое, что надо разрешить, обсуждая условия звездоплавания — это вопрос скорости: какою скоростью необходимо снабдить отправляемый с Земли звездолет, чтобы он мог выполнить тот или иной межпланетный рейс? Некоторые из относящихся сюда числовых даных уже приводились ранее. Мы знаем, что круговой облет земного шара осуществляется при скорости (за пределами атмосферы) в 7,9 км/сек, а при затрате энергии, отвечающей скорости 11,2 км/сек, звоздолет совершенно освобождается от цепей земного тяготения. Земного, — но не солнечного. Ракета, которая ринется с Земли с такою скоростью в направлении годового движения нашей планеты, превратится как бы в самостоятельную планету, кружащуюся не около Земли, а около Солнца со скоростью 30 км/сек. Она сможет беспрепятственно удаляться от Земли по ее орбите, но не сможет еще уйти от власти Солнца, могучее притяжение которого будет удерживать ее на определенном расстоянии. Чтобы заставить ракету удалиться от Солнца, т. е. описывать более обширную орбиту, нужно увеличить ее скорость либо же с самого начала бросить ее в пространство с увеличенной скоростью. Если мы желаем, чтобы звездолет мог свободно перемещаться по всей планетной системе и даже вовсе покинуть царство нашего Солнца, мы должны снабдить его энергией, соответствующей скорости 16,7 км/сек. При скорости промежуточной между

11,2 км/сек и 16,7 км/сек ракета сможет долететь до орбиты любой из планет нашей системы. Какая же минимальная скорость нужна для достижения с Земли той или иной планеты? Расчет[1] дает следующие цифры:

Для достижения с Земли орбиты	Необходимая минимальная начальная скорость (км/сек)
Меркурия	13,5
Венеры	11,4
Марса	11,6
Юпитера	14,2
Сатурна	15,2
Урана	15,9
Нептуна	16,2
Плутона	16,4

Здесь надо сделать два пояснения. Во-первых, слово «скорость» в этих случаях есть не столько мера быстроты передвижения, сколько мера запаса энергии звездолета. Во-вторых, не следует думать, что, покинув Землю с некоторою скоростью, звездолет сохраняет ее во все время перелета; нет, скорость в пути изменяется согласно второму закону Кеплера: звездолет движется тем медленнее, чем дальше уходит он от центра притяжения.

Будущему звездоплавателю придется отчаливать не только с Земли. В далеких странствованиях, посетив другие планеты, он должен будет взлетать на своем корабле с их поверхности. Какие понадобятся скорости для освобождения

[1] Как выполняются подобные расчеты, показано в конце книги, в Приложении 4 (с. 556 настоящего издания; в данной таблице оставлены расчеты, выполненные Я. П. (*примеч. ред.*)).

от их притяжения? Это можно вычислить, зная радиус планеты и напряжение тяжести на ее поверхности[1]. Результаты вычислений даны в следующей табличке:

Планета	Необходимая начальная скорость (км/сек)
Земля	11,2
Луна	2,4
Марс	5
Венера	10,3
Меркурий	4,3
Юпитер	60
Сатурн	35,5
Уран	21,3
Нептун	23,5
Плутон	1,2

Труднее всего было бы подняться с поверхности (фотосферы) Солнца, если бы это могло понадобиться: нужна скорость в 618 км/сек. Зато с лунной поверхности можно отлететь при скорости всего в 2,4 км/сек, не слишком далекой от той, с какой снаряды покидали жерло пушки «Колоссаль» при бомбардировке Парижа с расстояния 120 км.

Небесные тела, от которых всего легче отчаливать космическому кораблю — это астероиды и мелкие планетные спутники. Чтобы покинуть, например, поверхность одного из спутников Марса — самых крошечных из известных нам планетных лун, — достаточно было бы сообщить ракете начальную скорость всего лишь в 10 м/сек. Отсюда ясно, какое важное значение приобретут в будущем подобные миниатюрные небесные тела в качестве удобных пристаней для временных стоянок космических кораблей.

Зато высадка на Юпитер (и обратный взлет с него) совершенно неосуществимы при тех средствах, которые мы можем предвидеть. Действительно, для подъема с Юпитера нужна начальная скорость 60 км/сек — в 12 раз большая, чем скорость вытекания газа в водородной ракете. Но если $\frac{v}{c}=12$, то $\frac{M_i}{M_k}=2,7^{12}$ = около 160 000 (см. уравнение ракеты). Устроить ракету в 160 *тысяч* раз более легкую, чем заключенный в ней запас горючего, — конечно, немыслимо. Вообще, посещение больших планет — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна — вопрос, не разрешенный современной теорией звездоплавания.

От скоростей перейдем к маршрутам путешествий и к их продолжительности. С путями следования космических кораблей дело обстоит довольно своеобразно. Казалось бы, в просторе межпланетных пустынь самый естественный

[1] В Приложении 4 выведена соответствующая формула и сделан примерный расчет.

и выгодный путь — прямая линия. Где, как не в мировом пространстве целесообразен был бы тот примитивный способ решения дорожного вопроса, с помощью которого Николай I наметил некогда направление Октябрьской дороги — прокладывать пути по линейке? [1] Между тем именно прямые направления явятся в звездной навигации редким исключением, правилом же будут пути кривые. Кратчайший в геометрическом смысле путь окажется в практике звездоплавания настолько невыгодным в смысле расходования горючего, что им совершенно невозможно будет воспользоваться.

Мы поймем происхождение этого парадокса, если вспомним, что ракета, покидающая земной шар по направлению радиуса земной орбиты, сохраняет и ту скорость, какую имеет земной шар, т. е. 30 км/сек по направлению, перпендикулярному к радиусу. Если бы мы пожелали направить звездолет по кратчайшему пути на Марс в момент противостояния, то должны были бы прежде всего свести к нулю 30-км скорость звездолета по касательной к земной орбите. Для уничтожения этой скорости нет другого средства, как сообщить ракете такую же скорость в противоположном направлении. Значит, еще до начала собственно полета на Марс звездолет должен развить скорость 30 км/сек, для чего при нефтяном горючем потребовался бы запас его в 1500 раз тяжелее самой ракеты. Уже и это совершенно неисполнимо, — а ведь нужно еще иметь запас горючего для сообщения ракете значительной скорости по направлению к орбите Марса; и, наконец, понадобится весьма много горючего для безопасного спуска на Марс, так как, приблизившись под прямым углом к его движению, звездолет должен приобрести ту скорость, с какою Марс движется по орбите (24 км/сек). Общий итог так огромен, что неосуществимость подобного полета становится совершенно бесспорной.

Сходные затруднения представятся при полете по прямому пути и к другим планетам, безразлично — внешним или внутренним. Приходится поэтому отказаться от прямолинейных маршрутов и избрать иные пути. Как мореплаватели для передвижения парусных судов пользуются морскими и воздушными течениями, так звездоплаватели будут пользоваться притяжением Солнца, направляя корабли по путям, определенным законами небесной механики. А эти дороги — не прямые: естественный путь космического корабля — дуга эллипса, более или менее вытянутого. Как и всякое небесное тело, звездолет должен двигаться по коническому сечению.

Рассмотрим сначала путешествие на соседние с нами планеты — Марс и Венеру. Лунные маршруты сложнее, и о них мы поговорим особо.

Полет на Марс с наименьшим расходом энергии может быть осуществлен по эллиптическому пути, который охватывает земную орбиту и лежит внутри орбиты Марса, касаясь обеих орбит в начальной и конечной точках

[1] Это историческая легенда. Решение строить дорогу «прямо» Николай I действительно принимал, но касалось оно прохождения дороги по прямому направлению без захода в Новгород (*примеч. ред.*).

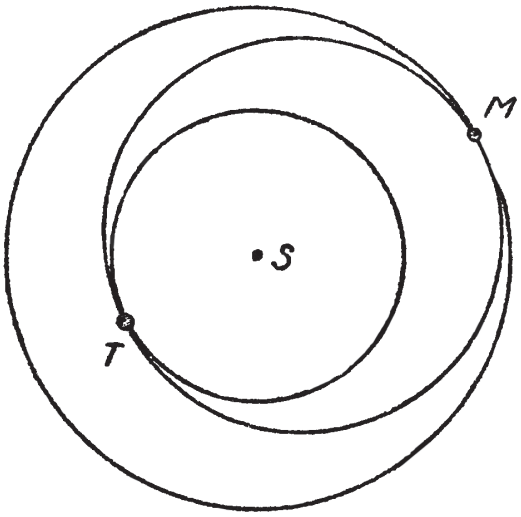


Рис. 28. Маршрут наивыгоднейшего перелета с Земли (Т) на Марс (М)

путешествия. Рис. 28 поясняет сказанное: *Т* — положение Земли, *М* — положение Марса; эллипс *ТМ* — путь перелета. Ракета должна покинуть земной шар с такой скоростью, какая необходима, чтобы, подчиняясь законам небесной механики, направиться по эллипсу *ТМ*. Первоначальный запас скорости донесет ракету до точки *М*, где (если надлежащим образом выбрать момент отправления) будет находиться Марс; обозрев Марс, не снижаясь на него, пассажиры умчатся в ракете по другой половине эллиптического пути к исходной точке *Т*. Но найдут ли они здесь в момент прибытия родную планету? Нет, потому что все путешествие по такому маршруту займет 519 суток, и Земля окажется далеко от своего прежнего положения.

Отсюда возникает необходимость выждать некоторый срок, пребывая в состоянии спутника Марса, прежде чем пуститься в обратный путь. По расчетам германского теоретика звездоплавания В. Гоманна, период выжидания при полете на Марс должен длиться 450 суток, так что все путешествие в оба конца отнимет 970 суток. Таков самый экономный, в смысле расхода горючего, маршрут. Сократить продолжительность возможно лишь за счет увеличения скорости, т. е. расхода горючего.

Для трехлетнего путешествия в мировом пространстве потребовалось бы прежде всего снабдить пассажиров огромным запасом пищи. Можно ли рассчитывать на изобретение в будущем каких-нибудь питательных пилюль, которые при ничтожном весе вполне насытят человека? Не входя в подробности, скажем прямо, что подобные мечты несбыточны. Ведь пища снабжает нас не только энергией, но и материей; пилюля не может содержать достаточно вещества для возмещения всех материальных потерь животного организма.

«Покуда человек остается человеком, а природа, в которой мы живем, не перестает быть сама собой, мечтать о насыщении человека несколькими таблетками так же малоосновательно, как верить, что кто-либо мог пять тысяч человек насытить тремя хлебами» (*Б. Завадовский*, «Может ли человек насытиться таблеткой?»). Минимальный вес суточного пищевого пайка на одного человека не может быть ниже 600 г. Это составляет при путешествии на Марс запас пищи свыше полутонны для каждого пассажира, а следовательно — много десятков тонн избыточного горючего.

Вообще, осуществление перелета на Марс встречает весьма серьезные затруднения, пути к разрешению которых в настоящее время еще не намечены.

Но как бы ни были впоследствии разрешены эти вопросы, лететь на Марс во всяком случае придется не по прямому пути в 60 миллионов километров, а по гораздо более длинному окружному пути, пользуясь даровою силою притяжения Солнца, нашего испытанного союзника в работе на Земле. «При путешествии на Марс и обратно, — говорил немецкий теоретик звездоплавания *И. Винклер*, — тяготение является врагом в течение десяти минут, зато в течение ряда лет — нашим другом».

Подобным же образом можно заставить работать Солнце и при перелете на другую нашу соседку — Венеру. Здесь также надо избрать окружной путь, по эллипсу, который в этом случае будет касаться извне орбиты Венеры и изнутри — орбиты Земли. Путешествие в один конец по такому эллипсу продлится 147 с небольшим суток, а полный оборот — 295 суток. Возвращение же на Землю без расхода горючего возможно только через два с лишним года, после 470-суточного ожидания в качестве спутника Венеры.

Впрочем, германским инженером Гоманном разработан проект более кратковременного путешествия к Венере (без высадки) с возвращением на Землю: при сравнительно небольшом дополнительном расходе горючего в пути общая длительность перелета может быть сведена к 1,6 года. Тем же исследователем предложен маршрут 1½-годового путешествия с *приближением* к Марсу и к Венере (не ближе 8 миллионов км). Другой исследователь этого вопроса, немецкий инженер *Пирке*, разработал маршруты, уменьшающие продолжительность перелета на Марс до 192 суток, а на Венеру — до 97 дней; но эти маршруты связаны с гораздо бóльшим расходом горючего. При желании еще более ускорить путешествие на Венеру можно избрать путь по эллипсу, касающемуся орбит Земли и Меркурия. Этот маршрут отнял бы всего 64 дня, но, конечно, был бы еще менее экономичен.

Обратимся теперь к лунным путешествиям и рассмотрим два проекта: первый — полет на Луну с высадкой на ней; второй — вылет за лунную орбиту с целью обозрения недоступной для нас «задней» стороны ночного светила. (Читателю, вероятно, известно, что Луна, обходя вокруг Земли, обращена к ней все время одной и той же своей стороной; противоположной стороны нашего спутника мы видеть не можем, и о физическом ее устройстве нам ничего неизвестно.)

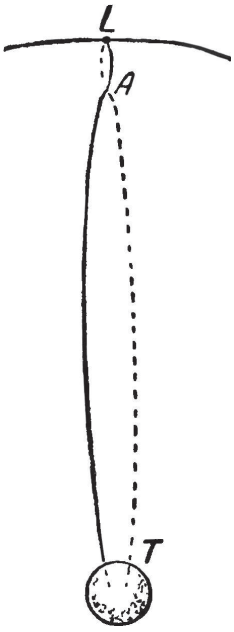


Рис. 29. Наивыгоднейший путь перелета с Земли (T) на Луну (L). Путь перегибается в точке (A) равного притяжения

Полет на Луну с высадкой на нее может быть наиболее экономно осуществлен по тому плану, который предложен был еще Жюлем Верном. Ради сбережения горючего надо направить ракету сначала по вытянутому эллипсу (рис. 29), один фокус которого совпадает с центром Земли; самая удаленная от Земли точка этого эллипса находится в месте равного притяжения обоих небесных тел. (Для простоты мы считаем пока Луну неподвижной.) Путь по этому эллипсу в один конец, от Земли до точки *A*, ракета пролетит с запасом скорости, полученным при первоначальном горении, без дополнительного расхода горючего в дороге. Достигнув точки *A*, ракета, предоставленная самой себе, отправилась бы в обратный путь по другой половине эллипса. Но вмешательство пилота, пускающего на короткое время в действие взрывной механизм, сообщает ракете скорость такой величины и такого направления, что звездолет меняет курс: он следует по дуге другого, меньшего эллипса, которая и приводит его к поверхности Луны. Движение Луны по ее орбите кругом Земли изменяет вид пути ракеты, — но в общем он сохраняет *S*-образную форму с точкой перегиба на расстоянии 40 000 км от центра Луны.

Пополню схему некоторыми подробностями, основанными на моих расчетах (приведенных в Приложении 4). Ракета поднимается с земной поверхности сначала с небольшой скоростью, которая по мере взлета все возрастает и достигает максимума — 9780 м/сек относительно Земли — минут через 6 от начала полета. К этому моменту ракета оставит далеко позади себя всю толщу атмосферы, так как будет находиться на высоте около 1700 км. Плотную часть атмосферы ракета пролетит с умеренной скоростью, не превышающей 1,3 км/сек (на высоте 30 км). Отпадают поэтому опасения, что вследствие сопротивления атмосферы стенки звездолета расплавятся. Когда звездолет накопит скорость 9780 м, т. е. на высоте 1700 км, пилот прекращает работу ракетного мотора и предоставляет кораблю лететь по инерции, с постепенным уменьшением скорости под действием земного тяготения. Линии равного притяжения Землею и Луною звездолет достигает таким образом со скоростью, близкою к нулю. Далее идет уже падение на Луну. Приблизившись к ее поверхности до расстояния 90 км, ракета должна повернуться соплом к Луне и возобновить горение. Газы, вырываясь из сопла по направлению к Луне, замедляют своей реакцией стремительность падения и в течение одной минуты понижают его скорость до нуля.

Какова продолжительность этого путешествия? Вычисление дает следующий результат. От Земли до точки равного притяжения ракета будет взлетать 4,1 суток. Отсюда начнется падение на Луну. Если бы падение это совершалось только под действием притяжения Луны, оно длилось бы 1,4 суток (33,5 часа). Но ракета подвержена также притяжению Земли, замедляющему падение; расчет показывает, что земное притяжение должно удвоить продолжительность падения ракеты на Луну, так что общая длительность путешествия:

$$4{,}1 + 2{,}8 = 6{,}9 \text{ суток.}$$

Итак, перелет на Луну, — если вести его самым экономным образом в смысле сбережения горючего, — должен отнять около 7 суток. При этом из 7 суток путешествия ракета летит под напором газов всего лишь 7 мин., остальное же время — по инерции.

Если технические условия позволят не быть столь экономными в горючем, то срок путешествия на Луну можно будет сократить. Так, если отослать звездолет со скоростью — на высоте 1600 км —10 км/сек, он достигнет линии равного притяжения через 43 часа со скоростью 1500 м/сек, а отсюда долетит до Луны в 6 часов, употребив на весь перелет только двое суток.

При первых полетах, однако, нельзя будет осуществить сразу спуск на лунную почву; придется лишь облететь вокруг Луны один или несколько раз на весьма близком расстоянии для тщательной рекогносцировки. Такой обследовательский круговой полет потребовал бы сравнительно небольшого дополнительного расхода горючего.

Проект полета за орбиту Луны для осмотра недоступной земному наблюдателю части ночного светила подробно разработан *В. Гоманном* в книге «Досягаемость небесных тел» (Берлин, 1925 г.). Предлагаемый им маршрут изображен на рис. 30, где одновременные положения ракеты и Луны обозначены одинаковыми цифрами при буквах R (ракета) и L (Луна). Ракета покидает Землю в точке R_0 и, побывав в точках R_1, R_2, R_3, возвращается к исходной точке. Время отлета выбирается с таким расчетом, чтобы в продолжение всего путешествия ракета не приближалась к Луне больше чем на половину радиуса лунной орбиты; притяжение ракеты Луною никогда поэтому не будет превышать 1/20 одновременного притяжения Земли и, следовательно, изменит давление ракеты весьма незначительно. Наблюдать «заднюю» сторону Луны (а это и является целью путешествия) можно будет из точки R_2, когда спутник наш находится в L_2. Конечно, момент отлета должен быть так выбран,

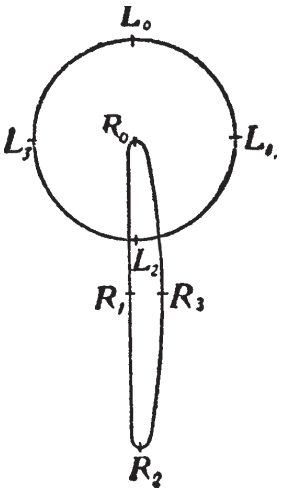


Рис. 30. Маршрут вылета за орбиту Луны по проекту Гоманна

чтобы в точке L_2 Луна была в фазе новолуния (тогда задняя ее сторона залита солнечным светом).

Таков предлагаемый Гоманном маршрут. Рассмотрим некоторые условия его осуществления. Ракета, покинув Землю с секундной скоростью 11 200 м, достигает расстояния 40 000 км от поверхности Земли; к этому моменту скорость ракеты должна, как показывает расчет, понизиться до 4350 м. Гоманн вычислил, что если, находясь здесь, ракета увеличит горением всю скорость всего лишь на 110 м/сек, то этого окажется достаточным, чтобы она направилась по эллипсу, отдаленнейший пункт которого R_2 лежит на расстоянии двойного радиуса лунной орбиты (800 000 км). Чтобы возвратиться к Земле после достижения этого крайнего пункта, ракета должна получить снова небольшую прибавку скорости (90 м/сек). Значит, помимо начального взрывания, отправляющего ракету в ее межпланетный рейс, путешествие потребует еще два кратковременных взрывания в пути с небольшим расходом горючего. Продолжительность полета исчислена Гоманном в 30 суток. Пассажирам придется взять с собою, по расчету автора проекта, до 2800 т пороха и около 3 т необходимых припасов. Пользование вместо пороха бензином (и кислородом), как мы знаем из предыдущей главы, значительно уменьшило бы груз горючего.

Плавание по океану Вселенной потребует от пилота умения ориентироваться в мировом пространстве, т. е. определять положение ракетного корабля в каждый момент путешествия. Как это будет осуществляться? Как будет моряк Вселенной знать, что корабль идет правильным курсом, а не уклонился от предначертанного пути, не отстал, не залетел чересчур далеко вперед?

Ориентирование в мировом пространстве представляет по существу довольно сложную астрономическую задачу. Весь путь ракетного корабля вычислен заранее. Вместе с тем заранее определены для каждого момента путешествия: 1) угловая величина земного шара и той планеты, к которой звездолет направляется; 2) неподвижные звезды, возле которых Земля и планета назначения должны быть видимы. Во время полета пилот измеряет угловую величину земного шара и положение его между звездами. Если окажется, что видимые размеры Земли больше предвычисленных, то это будет означать, что корабль недостаточно удалился от Земли, т. е. летит слишком медленно. Если Земля будет видна не возле тех звезд, которые должны окружать ее по расчету, то это даст указание на необходимость соответственно изменить направление полета. Ориентирование по небесным светилам облегчается тем, что за пределами атмосферы небо всегда чисто и *звезды видны даже при свете Солнца*.

Одного весьма важного вопроса — спуска — мы до сих пор пока не касались; спуск ракетного корабля на планету и затруднения, связанные с ним, будут попутно рассмотрены в дальнейших главах.

Многих интересует, во что обойдется сооружение и отправка звездолета на Луну. Хотя делать сколько-нибудь точные финансовые расчеты в этой

области невозможно, приведу результат примерной калькуляции, выполненной австрийским исследователем вопросов звездоплавания Гвидо Пирке. Он полагает, что постройка и отправка на Луну первой пассажирской ракеты в 500 т весом обойдется в 3½ миллиона марок, а вместе с предварительными опытами первый лунный перелет потребует расходов круглым числом — 10 миллионов марок[1].

15. Проекты К. Э. Циолковского

После этих общих замечаний перейдем к рассмотрению образца конкретного проекта межпланетного перелета, избрав для этого план нашего соотечественника *К. Э. Циолковского*, теоретические изыскания которого опередили исследования других деятелей на том же поприще не только по времени, но зачастую и по полноте и разносторонности.

Изложить подробно содержание его интересных исследований — задача научного сочинения, а не популярной книги. Мы можем развернуть перед читателем только общий план завоеваний мирового пространства, как он вырисовывается в последних работах К. Э. Циолковского[2]. Этот очерк поможет читателю если не представить себе, то, по крайней мере, ощутить основную линию грядущего развития заатмосферного летания[3].

Отлет межпланетной ракеты с Земли состоится где-нибудь в высокой горной местности. Должна быть подготовлена прямая ровная дорога для разбега, идущая наклонно вверх под углом 10–12 градусов. Ракета помещается на самодвижущемся экипаже, — например, на автомобиле, мчащемся с наибольшею возможною для него скоростью. Получив таким образом начальный разбег, ракета начинает свой самостоятельный восходящий полет под действием взрывающихся в ней горючих веществ. По мере возрастания скорости крутизна взлета постепенно уменьшается, путь ракеты становится все более пологим. Вынырнув за атмосферу, аппарат принимает горизонтальное направление и начинает кружиться около земного шара в расстоянии 1–2 тысяч километров от его поверхности наподобие спутника.

По законам небесной механики это возможно, — как мы уже говорили, — при секундной скорости в 8 км. Скорость эта достигается постепенно: взрывание регулируют так, чтобы секундное ускорение не слишком превышало привычное нам ускорение земной тяжести (10 м/сек).

Благодаря этим предосторожностям искусственная тяжесть, возникающая в ракете при взрывании, не представляет опасности для пассажиров.

---

[1] Разумеется, в ценах 1930-х гг. (*примеч. ред.*).

[2] Главным образом в книге «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Калуга, 1926 г.

[3] Дальнейший текст этой главы был просмотрен и отчасти пополнен К. Э. Циолковским.

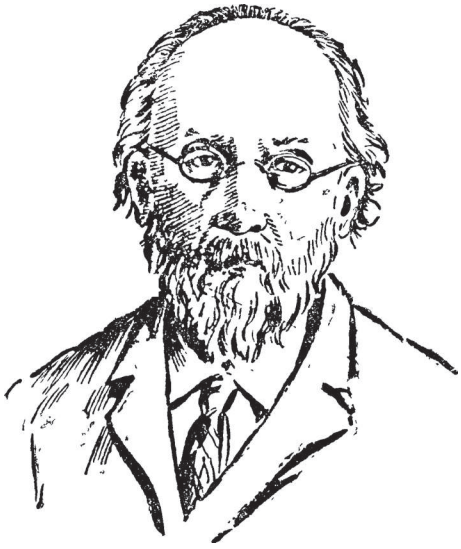


Рис. 31. Константин Эдуардович Циолковский (1857–1935)

Так достигается первый и самый трудный этап межпланетного путешествия — превращение ракеты в спутника Земли. Чтобы заставить теперь ракету удалиться от Земли на расстояние Луны или еще далее — в другие зоны нашей солнечной системы, — потребуется лишь добавочным взрыванием увеличить в 1½–2 раза скорость той же ракеты. «Так мы можем, — пишет К. Э. Циолковский, — добраться до астероидов, маленьких планеток, спуск на которые по малой на них тяжести не представляет трудности. Достигнув этих крохотных небесных тел (от 400 до 10 и менее километров в диаметре), мы получим обилие опорного материала для космических путешествий»...

Остановимся подробнее на этом первом и решающем этапе межпланетного путешествия, обстоятельно рассмотренном в исследовании К. Э. Циолковского.

Мы сказали раньше, что начальный разбег сообщается ракете автомобилем. Но для этой цели пригодны вообще любые транспортные средства: паровоз, пароход, аэроплан, дирижабль. Годилась бы даже пушка, пороховая или электромагнитная, если бы необходимость делать ее чрезвычайно длинной (ради ослабления искусственной тяжести в снаряде) не увеличивала чрезмерно ее стоимости. Однако всеми перечисленными средствами (кроме пушки) нельзя надеяться достичь скорости больше 700 км/час (200 м/сек). Причина та, что окружная скорость на ободе колеса или на конечных точках пропеллера не должна превосходить 200 м/сек,—иначе вращающемуся телу угрожает разрыв. Между тем чрезвычайно важно довести скорость ракеты до возможно большей величины еще на Земле, при первоначальном разбеге,

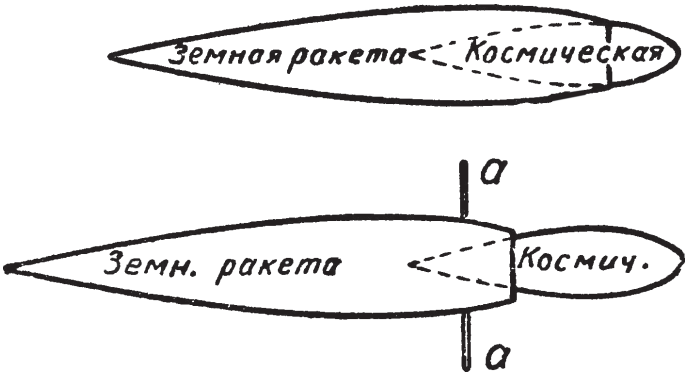


Рис. 32. Схема ракет Циолковского — земной и космической — до разъединения и (внизу) в момент разъединения

так как это создает весьма заметную экономию в количестве запасаемых ракетой веществ для взрывания.

Взамен автомобиля или какого-нибудь другого колесного экипажа Циолковский предлагает воспользоваться для разбега опять-таки ракетой. Эту вспомогательную ракету он называет «земной», — в отличие от «космической», предназначенной для межпланетного рейса. Ракета космическая должна быть временно помещена внутрь ракеты земной, которая, не отрываясь от почвы, сообщит ей надлежащую скорость и в нужный момент освободит ее для самостоятельного полета в мировое пространство (рис. 32).

Земная ракета под действием взрывания будет стремительно скользить без колес по особым обильно смазанным рельсам. Потеря энергии на трение (ослабленное смазкой) сильно уменьшается при весьма больших скоростях[1]. Что же касается сопротивления воздуха, то его можно довести до минимальной величины, придав ракете весьма удлиненную, легко обтекаемую воздухом форму. Если бы возможно было построить ракету в сто раз длиннее ее толщины, сопротивление воздуха было бы настолько ничтожно, что им можно было бы и вовсе пренебречь. Длину земной ракеты нельзя, однако, практически делать свыше 100 м; а так как толщина ее должна быть не меньше нескольких метров, то ракета окажется всего в 20–30 раз длиннее своего поперечника. Впрочем, и при таких условиях общее сопротивление движению земной ракеты будет составлять всего несколько процентов энергии ее движения.

Итак, открытая спереди земная ракета с вложенной в нее космической стремительно движется по подготовленной для нее дороге. Наступает момент, когда надо освободить космическую ракету и пустить ее в мировое

[1] Это не так: сила трения зависит только от материала трущихся поверхностей и от того, насколько сильно эти поверхности прижаты друг к другу (*примеч. ред.*).

пространство. Каким образом это сделать? Циолковский указывает весьма простое средство: затормозить земную ракету — космическая вырвется тогда из нее по инерции и, при одновременном пуске взрывного механизма, начнет самостоятельно двигаться с возрастающей скоростью. Торможение же земной ракеты достигается просто тем, что конечный участок дороги оставляют не смазанным: увеличенное трение замедлит и, наконец, совсем прекратит движение вспомогательной ракеты без добавочного расхода энергии. Еще лучший способ торможения состоит в том, что из земной ракеты выдвигаются перпендикулярные к ней тормозящие планы: сопротивление им воздуха при большой скорости громадно, и ракета скоро остановится. Тому же способствует открытая тупизна передней части ракеты.

Использование земной ракеты для сообщения космической ракете начальной скорости, как мы уже заметили, ощутительно разгружает этот небесный корабль: оно освобождает его от необходимости нести с собою весьма большой запас горючего.

Мы знаем, что для определения солнечного притяжения и, следовательно, для свободных полетов во всей планетной системе ракета должна обладать скоростью около 17 км/сек. Чтобы неподвижная ракета приобрела такую скорость, необходимо в случае горения водорода взять запас вещества для взрывания раз в 30 (а для ракеты с нефтью — в 70 раз) больше прочего веса ракеты. Между тем, если космическая ракета уже приобрела от разбега земной ракеты скорость в 5 км/сек, указанное отношение уменьшается втрое; запас веществ для взрывания (водорода и кислорода) должен быть только в 10 раз тяжелее незаряженной ракеты. Для получения 5-километровой секундной скорости нужен для земной ракеты путь по Земле в 25 км при ускорении 500 м/сек^2. Тяжесть в ракете увеличивается при этом в 50 раз (500 : 10); пассажиры на это время должны быть погружены в воду — иначе они едва ли перенесут такую усиленную тяжесть. Вообще, получение на Земле таких скоростей встретит много затруднений. Однако можно ограничиться и меньшей скоростью.

Чтобы покончить с *земной* ракетой, приведем еще несколько ориентирующих цифр. Вес ее должен быть около 50 т, из которых тонн 40 приходится на вещества для горения; вместе с вложенной в нее 10-тонной космической ракетой вполне снаряженная земная ракета будет весить тонн 60. Впрочем, земная ракета может устраиваться и меньшего веса, но тогда выгода будет менее значительна. Продолжительность разбега зависит от длины пути. Взрывание ведется таким темпом, чтобы искусственная тяжесть, обусловленная нарастанием скорости, была весьма невелика — от 0,1 земной до, в крайнем случае, — 10-кратной. При ускорении, значительно большем земного, пассажирам необходимо будет, по мнению Циолковского, погружаться в ванну для избежания вредных последствий усиленной тяжести. При ускорении же не более 30 м/сек^2 искусственная тяжесть не превосходит степени, безвредно переносимой человеком. Такой же безопасной искусственной тяжести будут, конечно, подвержены и пассажиры, находящиеся в космической

ракете. Гораздо сильнее искусственная тяжесть, порождаемая стремительным *торможением* земной ракеты на сравнительно коротком пути. По своей величине она заметно опаснее для нашего организма; поэтому необходимо устроить так, чтобы управление взрыванием в земной ракете осуществлялось автоматическим путем, без непосредственного участия человека. Пассажирам же космической ракеты это торможение не может причинить вреда, так как в первый же момент торможения они, нисколько не уменьшая достаточной скорости, уже покинут в своем снаряде земную ракету.

Ракета *космическая*, предназначенная для межпланетных полетов, должна иметь сравнительно небольшие размеры. По Циолковскому, ее длина 10–20 м, поперечник 1–2 м. Для успешного планирования при спуске на Землю или на другие планеты понадобится, быть может, соединять вместе несколько таких сигарообразных ракет бок о бок. Оболочка может быть из стали (вольфрамовая, хромовая или марганцевая сталь) умеренной толщины. По расчетам Циолковского, оболочка ракеты в 100 $м^3$ может весить меньше тонны (650 килограммов).

В качестве горючего вещества можно будет, по всей вероятности, обойтись нефтью, как веществом недорогим и дающим газообразные продукты горения, вытекающие из трубы с довольно значительною скоростью — около 4 км/сек. Конечно, гораздо выгоднее взрывать не нефть, а чистый жидкий водород (скорость отбрасываемых продуктов горения — до 5 км/сек), но это вещество довольно дорогое. Необходимый для горения и дыхания кислород берется в сжиженном виде. Предпочтение, оказываемое жидкостям перед сильно сжатыми газами, вполне понятно. Сжатые газы необходимо было бы хранить в герметических толстостенных резервуарах, масса которых в несколько раз превышает массу их содержимого; запасать кислород в таком виде — значило бы обременять ракету мертвым грузом, а мы знаем, как невыгоден для межпланетной ракеты каждый лишний килограмм мертвой массы. Сжиженный же газ оказывает на стенки сосуда сравнительно ничтожное давление (если хранить его, как обычно и делают, в открытом резервуаре). Низкая температура жидкого кислорода — около минус 180°С — может быть использована для непрерывного охлаждения накаленных частей взрывной трубы.

Одна из самых ответственных частей ракеты — взрывная труба (дюза). В космической ракете Циолковского она должна иметь около 10 м в длину и 8 см в узкой части; вес ее около 30 кг. Горючее и кислород накачиваются в ее узкую часть мотором аэропланного типа мощностью до 100 лош. сил. Температура в начале трубы доходит до 3000°С, но постепенно падает по мере приближения к открытому концу. Наклонная часть трубы, как мы уже говорили, охлаждается жидким кислородом. Труба имеет коническую форму с углом раструба не больше 30°; это во много раз сокращает длину трубы при хорошем использовании теплоты горения.

Может показаться странным, что космическая ракета, предназначенная для движения в пустоте мирового пространства, будет снабжена рулями:

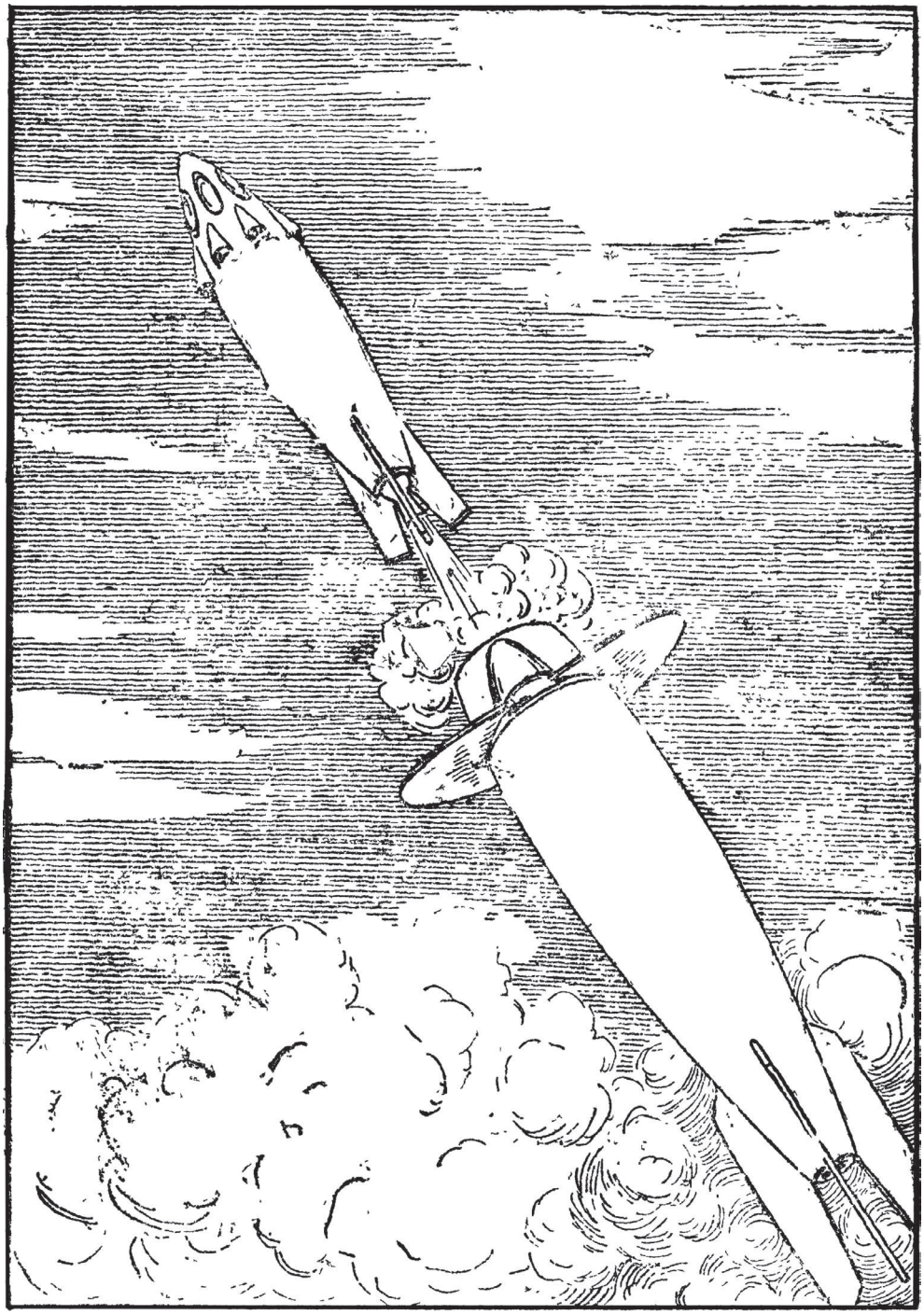


Рис. 33. Ракеты Циолковского в полете (фантастический рисунок)

горизонтальным рулем высоты, отвесным рулем направления и рулем боковой устойчивости. Но не следует упускать из вида, во-первых, того, что ракете при спуске на Землю придется планировать в атмосфере без взрывания, подобно аэроплану. Во-вторых, рули понадобятся и вне атмосферы, в пустоте, для управления ракетой: быстрый поток вытекающих из трубы газов, встречая руль, уклоняется в сторону, вызывая тем самым поворот ракеты. Поэтому рули помещаются непосредственно у выходного отверстая взрывной трубы.

Излишне перечислять все те приспособления, которыми необходимо будет снабдить пассажирскую каюту. Романисты, мечтавшие о межпланетных перелетах, достаточно писали об этом, и в общем — довольно правильно. Окна из кварца с предохранительным слоем обыкновенного стекла соединят прочность с защитой пассажиров от ультрафиолетовых лучей Солнца и дадут им возможность обозревать окрестности и ориентироваться при управлении ракетой.

Вот при каких условиях будут отправляться космические дирижабли в свой межпланетный рейс. Первый этап — кружение около земного шара наподобие его спутника. Второй — странствование в отдаленные зоны нашей солнечной системы, к другим планетным мирам. То и другое нами уже рассмотрено. Следующий этап — спуск на планету — представляет гораздо больше затруднений, чем может казаться с первого взгляда. Ракета мчится с космическою скоростью; пристать прямо к планете, которая движется в другом направлении и с другой скоростью, — значит подвергнуть ракету сокрушительному удару и неизбежной гибели. Как избегнуть удара, как уменьшить скорость настолько, чтобы возможен был безопасный спуск на планету? Не забудем, что то же затруднение возникает при возвращении на нашу родную планету. Необходимо изыскать средства его преодолеть.

Здесь есть два пути. Первый — тот, к которому прибегает машинист, желающий быстро остановить мчащийся паровоз: он дает «контрпар», т. е. сообщает машине обратный ход. Ракета тоже может «дать контрпар», повернувшись отверстием трубы к планете и пустив в действие взрывание. Новая скорость, имеющая направление, обратное существующей, будет отниматься от последней и постепенно сведет ее к нулю (конечно, лишь по отношению к планете). Это приводит, однако, к довольно безнадежным выводам. Если для отправления ракеты в путь понадобилось сжечь, например, такое количество взрывчатых веществ, масса которого составляла 0,9 массы ракеты, то, предполагая, что спуск состоится на Землю или на планету с равной силой тяжести (например, на Венеру), для остановки придется расходовать еще 0,9 остатка, а в оба раза $0{,}9 + 0{,}1 \times 0{,}9 = 0{,}99$ всей его массы. Остается всего 1% первоначальной массы. Надо, значит, устроить ракету так, чтобы масса ее оболочки составляла не более 1% массы снаряженной ракеты. Это уже достаточно трудно, — чтобы не сказать невозможно, — а ведь понадобится еще снова взлететь с посещенной планеты, истратив опять 0,9 оставшейся массы ракеты, да еще опуститься на земной шар с новым расходованием 0,9 остатка.

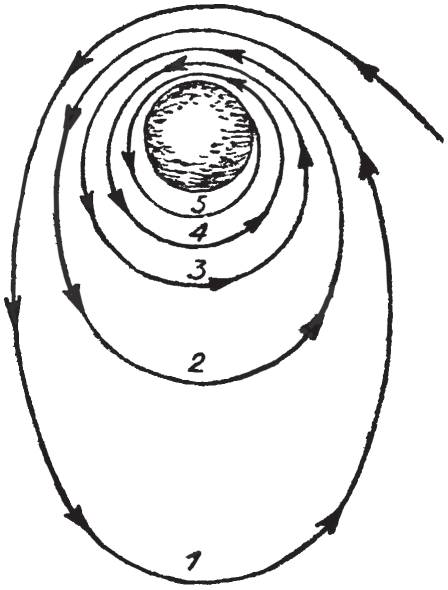


Рис. 34. Спиральный путь ракетного корабля, тормозящегося о земную атмосферу при возвращении иэ межпланетного полета

В конечном итоге из 10 000 кг массы звездолета, отправившегося в межпланетный рейс, возвратился бы всего 1 кг...

Столь безотрадный вывод лишил бы нас всякой надежды на посещение крупных планет, если бы как раз эти планеты не были окружены атмосферой, которою можно воспользоваться в качестве своего рода воздушного тормоза. Тут мы подходим ко второму средству уменьшения скорости межпланетной ракеты. По проекту Циолковского, ракета может описывать постепенно суживающуюся спираль вокруг планеты, прорезывая всякий раз часть ее атмосферы и теряя поэтому с каждым новым оборотом некоторую долю своей скорости. Достаточно уменьшив стремительность движения, ракета совершит планирующий спуск на поверхность планеты, избрав для большей безопасности местом спуска не сушу, а море. Замечательно, что ту же идею об использовании тормозящего действия атмосферы высказал и подробно разработал независимо от Циолковского (хотя и позже его) немецкий исследователь межпланетных полетов инж. В. Гоманн. Однако сказанное лишь облегчает решение, но не решает проблемы высадки на планеты, особенно большие, с обратным подъемом. Это, в сущности, один из неразрешенных пока даже в теории вопросов звездоплавания.

Такова в главнейших своих очертаниях картина завоевания мирового пространства, рисующаяся нашему исследователю в дали будущего. Практика, без сомнения, внесет в нее значительные перемены. Не следует поэтому

придавать абсолютного значения набросанному здесь очерку. Это лишь предварительный, ориентирующий план, с которым можно приступить к реальным достижениям. «Никогда не претендовал я, — пишет Циолковский, — на полное решение вопроса. Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль. Мои расчеты о космических путешествиях относятся к средней фазе творчества. Более чем кто-нибудь я понимаю бездну, разделяющую идею от ее осуществления, так как в течение моей жизни я не только мыслил и вычислял, но и исполнял, работая также руками. Однако нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия».

К подготовительным опытам Циолковский считает возможным приступить теперь же, не откладывая их на неопределенное время; описанию таких работ, расчищающих путь к дальнейшим шагам, посвящен его краткий очерк «Космическая ракета. Опытная подготовка».

16. Искусственная Луна

Внеземная станция

Мы переходим сейчас к рассмотрению смелого проекта, который неподготовленному человеку покажется, вероятно, чересчур фантастическим, но который с логической необходимостью вытекает из современных звездоплавательных планов. Речь пойдет ни мало ни много о создании искусственного спутника Земли, который служил бы отправной станцией для дальних космических путешествий. Устройство такой внеземной станции настолько облегчает межпланетные полеты, что развитие звездоплавания едва ли сможет пройти мимо этого необходимого этапа.

В самом деле: мы видели, какие значительные количества горючего должна брать с собою космическая ракета, чтобы только отправиться в мировое пространство. Запасы эти становятся огромными, когда мы желаем так снарядить звездолет, чтобы он мог возвратиться на Землю; о чудовищных запасах горючего, необходимых для полета *с высадкой на планете*, мы уже не говорим. Но это — при условии, что отлет состоится непосредственно с земной поверхности. Дело существенно меняется, если звездолет отправляется в космический рейс не с Земли, а с внеземной станции, со спутника, свободно обращающегося вокруг Земли хотя бы на незначительном расстоянии (конечно, за пределами атмосферы).

Возьмем частный пример. Мы желаем отправить нефтяную ракету в рекогносцировочный полет к лунной орбите и обратно. Для этого понадобятся — при отправлении *непосредственно с Земли*: начальная скорость около 11 км/сек и запас горючего (нефти и жидкого кислорода) примерно в 120 раз тяжелее незаряженной ракеты. Теперь вообразим, что отправление происходит не с Земли, а с искусственного спутника ее, кружащегося в расстоянии

40 000 км от земного центра. Тогда для такого же полета цифры получаются совершенно иные[1]: начальная скорость (относительно станции) всего *один* километр в секунду, и запас горючего, составляющий менее половины веса незаряженной ракеты. Разница огромная! Если мы не можем — и едва ли когда-нибудь сможем — соорудить звездолет, который был бы в сотню раз легче своего горючего груза, то вполне можем построить такой, который вдвое тяжелее этого груза. Для прочих межпланетных рейсов получаются сходные соотношения.

Отсюда ясны те перспективы, которые открываются для звездоплавания с созданием внеземной станции. Идея эта впервые высказана была Циолковским и настойчиво поддерживается теперь германскими теоретиками звездоплавания (Оберт, Пирке). Искусственная луна будет состоять, конечно, не из горных пород, как естественные небесные тела; это будет — подобно всем созданиям современной техники — металлическая конструкция. Она составится из частей ракет, последовательно пущенных в круговой полет около Земли и собранных в одно целое. Нам известно уже, что подобный круговой полет не должен постоянно поддерживаться расходом горючего: искусственная луна будет обращаться как естественная — по законам Кеплера и Ньютона.

Условия жизни на этой звездной базе — вернее, *внутри* нее — будут совершенно своеобразны, напоминая собою отчасти режим подводной лодки. Однако в отличие от подводного судна здесь можно будет широко пользоваться даровой энергией солнечных лучей (сквозь стеклянные и кварцевые окна). Вполне осуществимо при подобных условиях выращивание растений, восполняющих своею деятельностью убыль кислорода от дыхания людей и вообще создающих в миниатюре тот круговорот материи и энергии, который мы наблюдаем в земной природе. Полное отсутствие тяжести наложит на этот мирок необычный, поистине феерический отпечаток (см. далее, гл. 19).

Обстановку жизни в подобном межпланетном вокзале Циолковский рисует следующими чертами: «Нужны (на станции) особые жилища — безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы. Эти жилища и все принадлежности для них должны доставляться ракетами с Земли в компактном виде, разниматься и собираться в пространстве по прибытии на место. Жилище должно быть непроницаемо для газов и доступно для лучей света.

Работы всякого рода тут удобнее производить, чем на Земле. Во-первых, потому, что сооружения могут быть неограниченно велики при самом слабом материале — тяжесть их не разрушит, так как ее тут нет. Во-вторых, человек здесь в состоянии работать при всяком положении, нет ни верха, ни низа, упасть никуда нельзя. Перемещаются все вещи при малейшем усилии, независимо от их массы и размера. Транспорт буквально ничего не стоит»...

---

[1] Расчеты приведены в Приложениях (с. 558 настоящего издания).

Существует уже конструктивный эскиз подобной внеземной станции, распланированной на три корпуса: установку с солнечным двигателем, рабочую мастерскую и жилое помещение (обеспеченное, благодаря вращению, искусственной тяжестью). Проект этот разработан в немецкой книге Ноордунга «Проблема путешествия в мировом пространстве» (русск. перевод, 1935).

Ограничимся этими замечаниями и перейдем к астрономическим элементам искусственного спутника. Он будет обходить кругом земного шара в некоторый промежуток времени, определяемый расстоянием этого спутника от центра Земли (3-й закон Кеплера). Если внеземная станция будет устроена на расстоянии одного земного поперечника от поверхности Земли, то период обращения составит всего 7⅓ часов; станция будет обгонять Землю в ее суточном движении, восходить на западе и закатываться на востоке. Можно устроить станцию и на таком расстоянии, чтобы она обходила Землю ровно в 24 часа. Это осуществится при расстоянии в 6,66 земного радиуса от центра Земли (около 35 000 км от земной поверхности). Такая искусственная Луна будет вечно стоять в зените одного определенного места земного экватора — большое удобство для межпланетного вокзала. Станция окажется тогда словно на вершине невидимой и неосязаемой горы в 35 000 км высоты. С реальной вершины этой незримой горы и будут отправляться в межпланетное путешествие звездолеты дальнего следования, возобновив здесь запасы своего горючего, израсходованного на пути с Земли.

Отправление, как мы уже говорили, будет легкое. Разорвать цепь земного тяготения на такой высоте в $6{,}66^2$, т. е. в 44 раза легче, чем на земной поверхности.

Кроме того, сама станция обладает уже круговою секундною скоростью в 3,1 км, и чтобы превратить круг в параболу, понадобится лишь сравнительно умеренная добавочная скорость в 1,3 км/сек. Выгоды возрастут, если станция будет устроена на еще меньшем расстоянии, возможно ближе к земной поверхности.

Одчако самое сооружение внеземной станции и достижение ее с Земли представит огромные трудности, несмотря на ее близость к Земле. Чтобы достичь такого расстояния от Земли и начать вечно обращаться здесь около земного шара, ракета должна быть отправлена со скоростью 10½ км/сек. Соответствующее отношение массы заряженной нефтяной ракеты к незаряженной равно 13,5. Отношение это надо увеличить до 15, чтобы ракета могла дополнительным взрыванием превратить свой путь в круговой, т. е. войти в состав внеземной станции[1].

Мы видим отсюда, что сооружение внеземной станции — дело хотя и трудное, но все же легче осуществимое, чем непосредственное отправление

[1] Сравним предположения Я. П. с реальными цифрами для Международной космической станции (МКС): ее масса — 440 075 кг, размеры — 109 × 73,15 × 27,4 м, высота ее орбиты — 418,2 км, период обращения — 90 минут (*примеч. ред.*).

звездолета в межпланетный рейс с обратным возвращением. (Ракеты со снаряжением для станции удастся со временем, быть может, отправлять и без пилота).

Вот почему создание внеземной станции явится неизбежным этапом в эволюции звездоплавания. Центр проблемы переносится сюда. Все дело — в одолении этого этапа. Если такая задача будет разрешена, остальное станет сравнительно легким делом. Внеземная база для межпланетных перелетов — одна из главнейших технико-астрономических задач, стоящих перед деятелями звездоплавания.

17. Опыты с новыми ракетами

От теоретических рассуждений перейдем наконец к практике. Достигнуто ли что-нибудь фактически в области осуществления смелых замыслов теоретиков звездоплавания? Да, достигнуто, — немногое, правда, но все же начальные практические шаги на пути к завоеванию мирового пространства уже сделаны, и притом вполне успешно.

Первые экспериментальные работы относились еще к пороховым ракетам, которые должны были служить целям звездоплавания. В 1919 г. профессор физики Вустерского университета (Калифорния) Роберт Годдард опубликовал отчет о своих исследованиях ракет. Работы его открывают собою новую главу в истории ракетного летания. Американский ученый добился того,

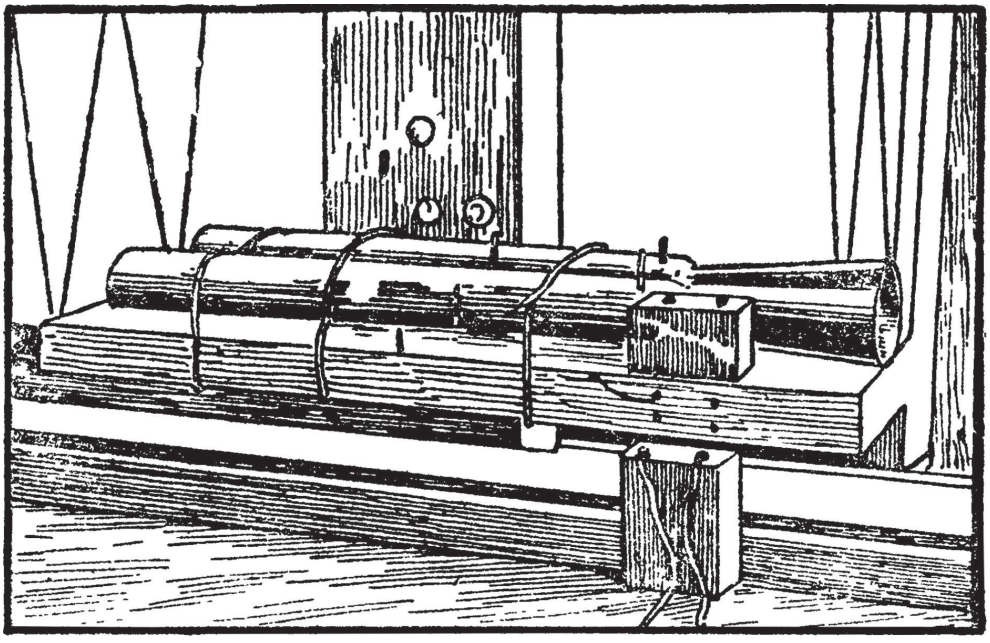
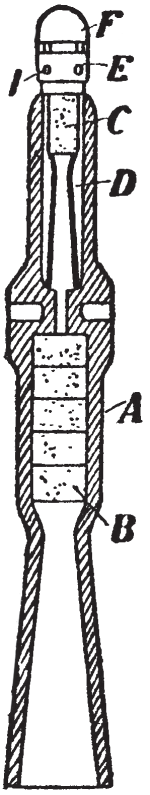


Рис. 35. Приспособление Годдарда для исследования работы небольшой пороховой ракеты

Рис. 36. Одна из составных ракет Годдарда в разрезе.
F — головная часть, вращающаяся благодаря вытеканию газов из косых отверстий I и E, C — заряд меньшей ракеты, D — ее дюза, A — большая ракета с зарядом B и дюзой



что устроенные им ракеты использовали не 2% энергии пороха, как все прежние, а в 31 раз больше — 62%.

Благодаря целесообразно подобранной форме ракетного сопла, пороховые газы, вытекающие из ракеты, имели скорость 2300–2400 м/сек. Материалом для сопла служила хромоникелевая сталь. Ракета получила устойчивость в полете благодаря вращающейся головке, которая приводилась в движение струями газов, вытекающих из ее косых каналов; головка ракеты играла роль волчка, который, как известно, стремится сохранить неизменным положение оси своего вращения.

Третье усовершенствование, введенное Годдардом в устройство ракет, заключается в осуществлении идеи ступенчатости. Сущность ее состоит в том, что ракета делается составной из нескольких отдельных ракет; зажигаются они, — конечно, автоматически, — одна после другой, по мере расходования заряда предыдущей; отработавшие ракеты автоматически же сбрасываются, чтобы не служить мертвым грузом.

О некоторых результатах своих опытных работ проф. Годдард рассказал в популярной заметке, напечатанной им в одном американском журнале. Читателю небезинтересно будет познакомиться с ней.

Почему ракета летит в пустоте

(«Popular Science Monthly», 1924)

«При обсуждении проекта ракеты, предназначенной для высоких подъемов, немало сомнений вызывает возможность для ракеты двигаться в почти пустом пространстве: возражают, что извергаемым газам в пустоте „не от чего оттолкнуться“. Однако, вопреки распространенному мнению, взрывание в пустоте производит на ракету большее действие, нежели в воздухе. А если бы воздух был значительно плотнее, то взрыв не давал бы и вовсе никакого эффекта. На самом деле, единственное, что заставляет ракету двигаться вперед — это газы, вытекающие из ее трубки. Если мальчик, стоя на роликовых коньках, бросит какой-нибудь груз назад, он будет сам откинут вперед; и чем быстрее брошен груз, тем больший толчок вперед испытает бросающий. В пустоте газы из ракеты вытекают скорее, и потому ракета в пустом пространстве должна двигаться еще быстрее, чем в воздухе. Известно, что при взрыве патрона в револьвере происходит отдача. В аппарате, изображенном на рис. 38, разряжается холостой патрон револьвера, могущего вращаться вокруг оси: под колоколом

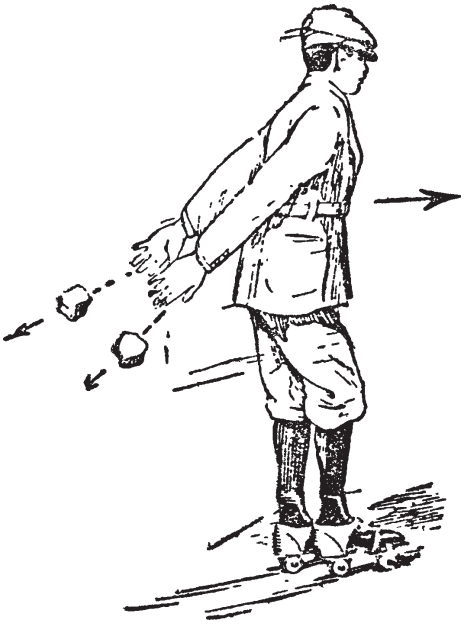


Рис. 37. Когда мальчик, стоя на роликах, отбрасывает гири назад, тело его увлекается вперед

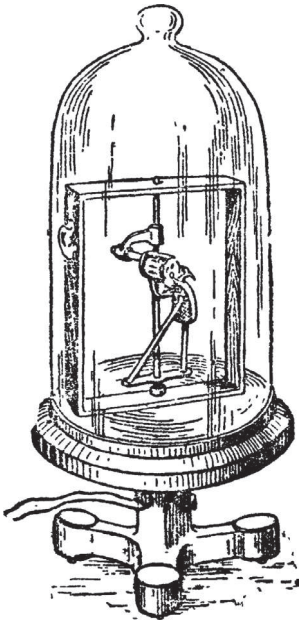


Рис. 38. Опыт Годдарда с выстрелом в безвоздушном пространстве

воздушного насоса можно убедиться, что отдача происходит в пустоте. Когда же патрон взрывается в пространстве, где воздух настолько сгущен, что пороховые газы вытекать не могут, револьвер не испытывает отдачи.

Чтобы подтвердить сказанное, я зажигал ракету так, что газы устремлялись в резервуар, где воздух разрежен в 1500 раз. Ракета *C* (рис. 39) отягчена свинцовой муфтой *L* и подвешена к пружине *S*. При взрыве пороха в ракете газы вытекают вниз, а сама ракета отбрасывается вверх, отмечая величину поднятия чертой на закопченной стеклянной пластинке *G*. По величине поднятия ракеты можно определить силу, приводящую ее в движение. Газы врываются в пустую кольцевую трубку (рис. 40).

Результаты 50 опытов показали, что сила, увлекающая ракету в пустоте, на 20% больше, чем в воздухе обычной плотности».

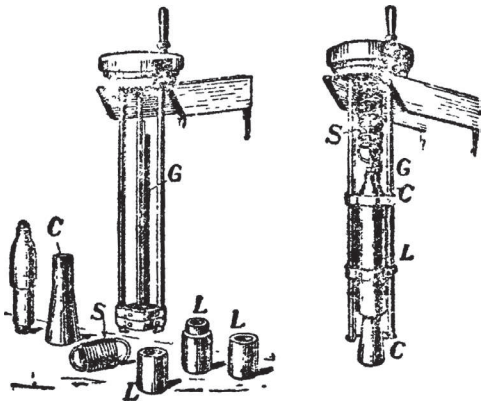


Рис. 39. Испытательная ракета Годдарда в разобранном и собранном виде

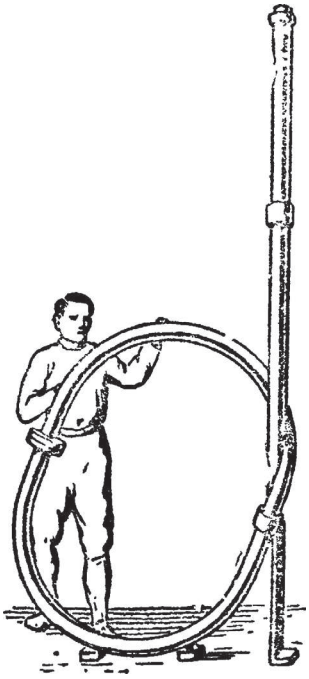


Рис. 40. Трубка, куда вырывались газы ракет при опытах Годдарда

После этих остроумно выполненных опытов не может оставаться никаких сомнений в том, что газы ракеты способны двигать ее даже в совершенно пустом пространстве. Наряду с экспериментальными работами Годдард разработал и теорию ракетного движения, независимо от предшествовавших исследований Циолковского, с которыми американский ученый не был знаком. Он ясно сознавал, каким могущественным орудием для исследования Вселенной может со временем служить ракета, и писал о проекте посылки ракеты на Луну. Это дало повод в 1924 г. американской печати сообщить сенсационное известие о том, что Годдард назначил летом упомянутого года отправление первой лунной ракеты. На мой телеграфный запрос по этому поводу Годдард ответил, что недостаток средств лишает его возможности осуществить подобные далеко идущие замыслы. Впрочем, шумиха, поднятая прессой, имела и свою хорошую сторону, так как привлекла внимание широких масс к проблемам звездоплавания.

Работы Годдарда не остановились на этом этапе. Он перешел к экспериментированию над ракетами с жидким зарядом и достиг здесь безусловного успеха. В июле 1929 г. им была пущена — впервые в истории ракетного дела — ракета, заряженная жидким горючим. Она имела в длину около 3 м, а в поперечнике — 80 см. Подожженная ракета ринулась ввысь с таким оглушительным грохотом, что внушила уверенность в катастрофической неудаче опыта. Газеты — при полном молчании изобретателя — оповестили мир, что ракета Годдарда взорвалась в момент отлета. Лишь спустя некоторое время американский физик счел возможным объявить, что испытание ракеты прошло вполне успешно: механизм работал исправно, горение — несмотря на громоподобный шум — протекало нормально, и парашют, автоматически отделившийся от ракеты в момент достижения ею наибольшей высоты (300 м), благополучно доставил на Землю те приборы, которые несла с собой ракета (в их числе фотоаппарат и барометр-самописец). Но каково было устройство его ракеты, он не сообщает. Далее он говорит:

«Что касается вопроса о том, через сколько времени может состояться успешная отсылка ракеты на Луну, то я считаю это осуществимым еще для нынешнего поколения: сделанный мною удачный пробный подъем ракеты на небольшую высоту

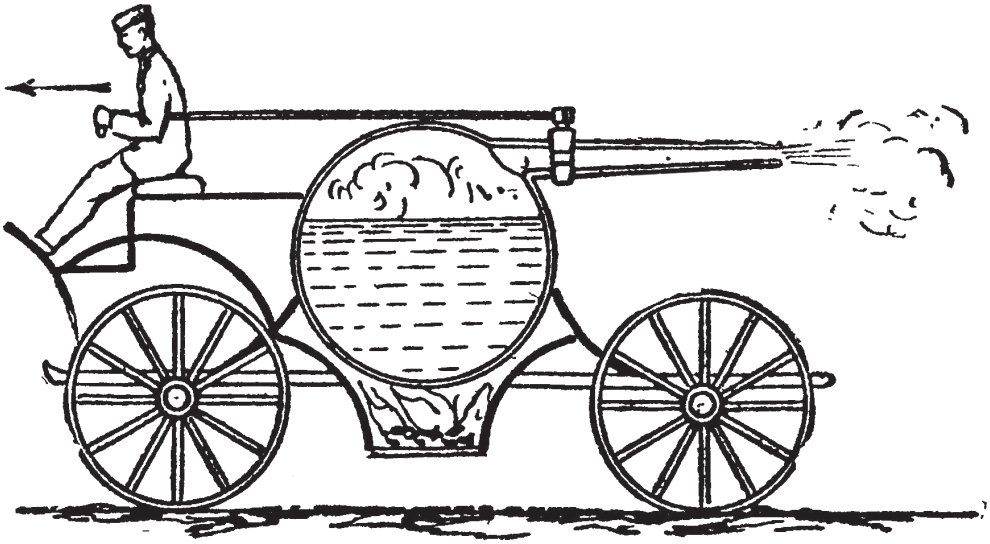


Рис. 41. Паровая самодвижущаяся повозка — прообраз ракетного автомобиля (проект, приписываемый Ньютону)

показал мне, как подобная (межпланетная) ракета должна быть устроена для успешного действия. Жидкие водород и кислород, необходимые в качестве горючего для такой ракеты, могут быть использованы тем же путем, как это сделано было мною в этом опыте. Я верю также в осуществимость океанских перелетов с огромной скоростью в разреженном воздухе больших высот. Обыкновенные самолеты неспособны выполнить подобный перелет, так как авиамотор не может работать в разреженном воздухе. Ракета же летит в такой среде еще лучше, чем в более плотной».

Скудность сведений о работах Годдарда объясняется тем, что они ведутся частью по заданиям военного ведомства, вследствие чего результаты их держатся в секрете. Ракета высокого подъема несомненно может служить страшным военным оружием. Полковник Ноордунг, автор немецкой книги «Проблема перелетов в мировом пространстве», пишет по этому поводу следующее:

«Дело идет здесь об обстреле крупных мишеней, каковы неприятельские главные города, промышленные районы и т. п. Если подумать о том, что при подобном обстреле заряды в несколько тонн могут быть перенесены ракетами совершенно безопасно через огромные расстояния к целям, расположенным в глубоком тылу; что ни один участок тыла не может быть обеспечен от подобной бомбардировки; что против нее нет никаких средств обороны — то станет ясно, каким могущественным оружием может явиться ракета».

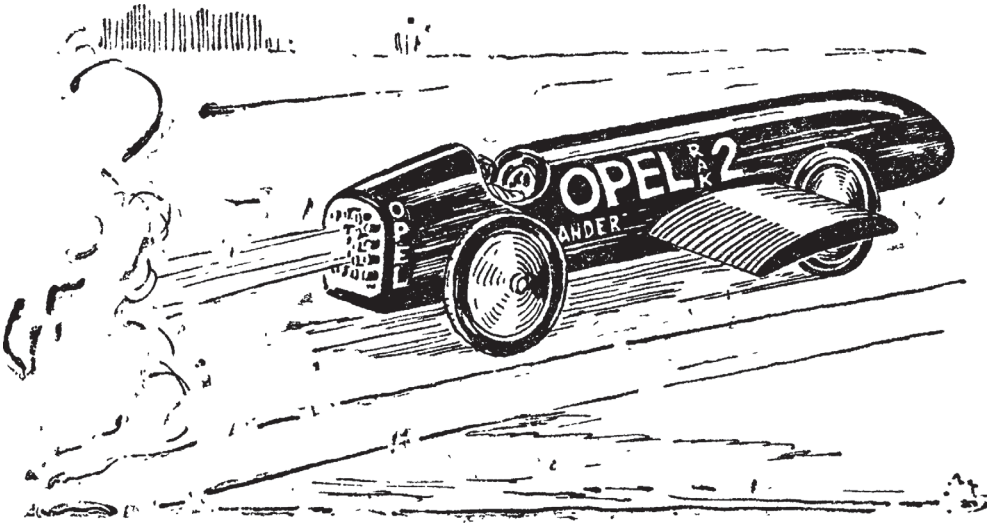


Рис. 42. Ракетный автомобиль при старте.
Боковые крылья служат для прижимания корпуса к земле давлением воздуха

В другом направлении велись в 1928 и 1929 гг. опыты в Западной Европе: автомобильный фабрикант Фриц *Опель* вместе с инженером-пиротехником *Зандером* приспособили ракету в качестве двигателя автомобиля. Построенные по этому принципу (в начале 1928 г.) автомобили имеют в задней части батарею из 1–3 дюжин толстостенных пороховых ракет, зажигаемых последовательно, по две, с помощью электрического запала. Отверстия ракет обращены назад, вследствие чего при их взрыве автомобиль увлекается вперед.

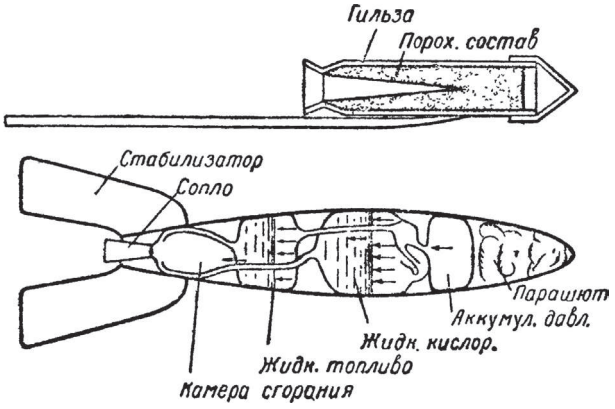


Рис. 44. Сравнительная схема фейерверочной и современной ракеты на жидком горючем (по М. К. Тихонравову)

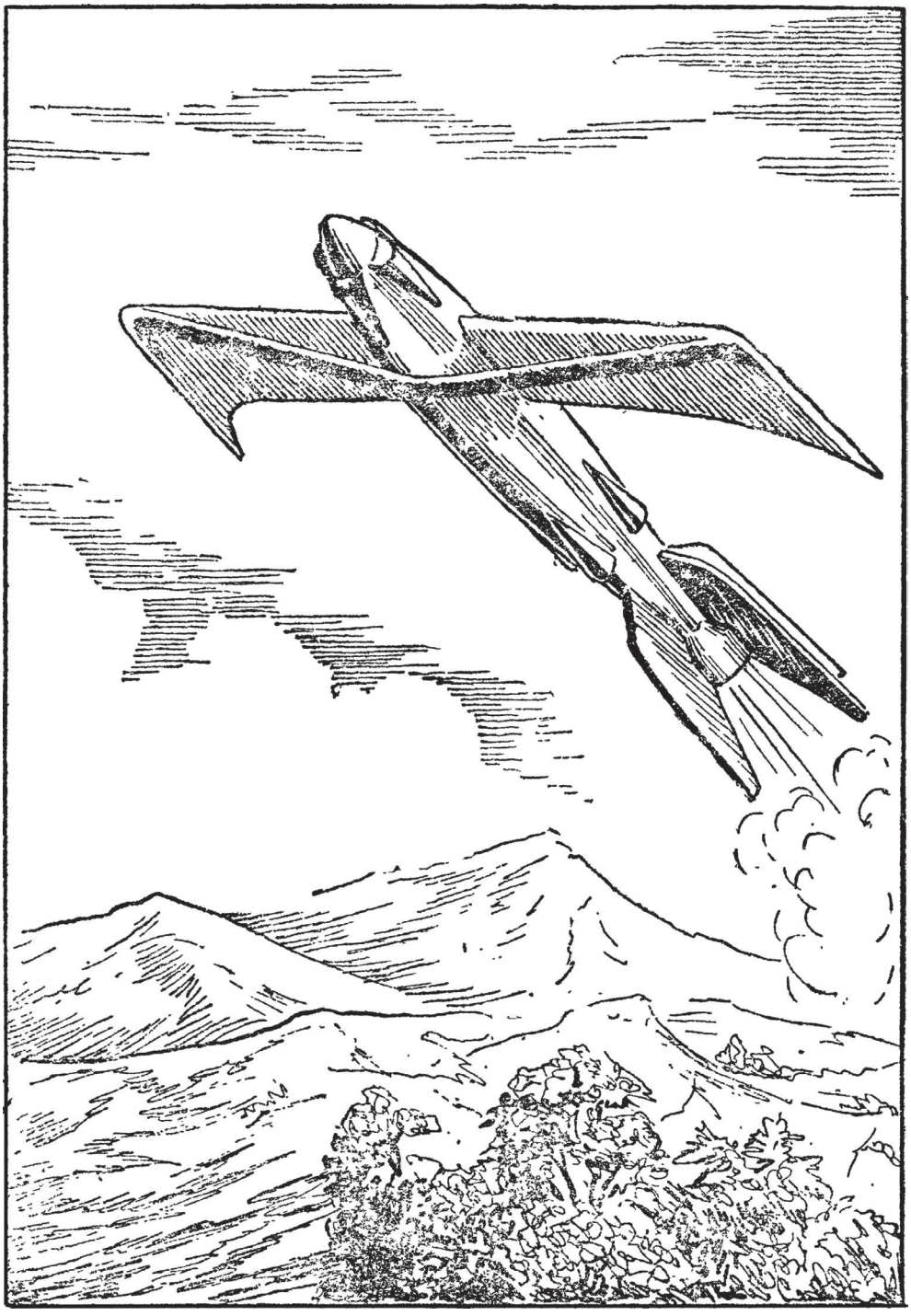


Рис. 43. Ракетоплан (крылатая ракета) близкого будущего

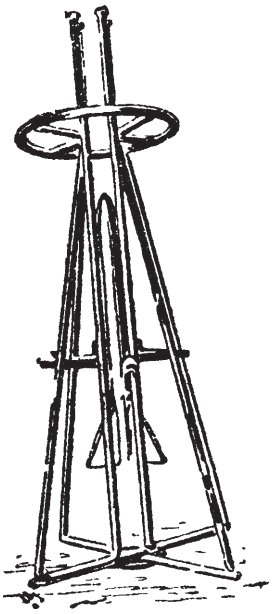


Рис. 45. Стартовое приспособление на Берлинском ракетодроме

Испытание автомобилей этого типа показало, что ракеты способны не только приводить экипаж в движение, но и сообщать ему весьма значительную скорость — до 220 км/час. Скорость эту конструкторы надеялись довести впоследствии до 400 км/час и более. Запас пороха в ракетах — 100 кг. Через 8 сек. от начала взрывания автомобиль уже несся со скоростью 100 км/час. Опыт с ракетной дрезиной (на рельсах) показал скорость 254 км/час, а с ракетными санями (1929 г.) — до 400 км/час.

Большой ошибкой, однако, было бы думать, что в ракетном автомобиле, дрезине или санях мы имеем прообраз самодвижущегося сухопутного экипажа будущего. При тех скоростях, которые допустимы в сухопутном транспорте, ракетный двигатель невыгоден — он переводит в полезную механическую работу слишком ничтожную долю энергии потребляемого горючего (около 5%). Строители ракетного автомобиля сознавали это. «Хотя мы уже сейчас могли бы превзойти все до сих пор достигнутые скорости, — сказал Ф. *Опель* в речи, произнесенной при первом публичном испытании изобретения, — фирма отдает себе отчет в том, что ракетный агрегат, обещая для сухопутного транспорта небывалые, считавшиеся до сих пор немыслимыми достижения, представляет в нынешнем виде лишь переходную ступень к ракетному аэроплану, а впоследствии — к космическому кораблю. Мы уже теперь в состоянии отослать ракету без пилота в высшие слои атмосферы и убеждены, что в недалеком будущем нам удастся проникнуть и в пустыню мирового пространства».

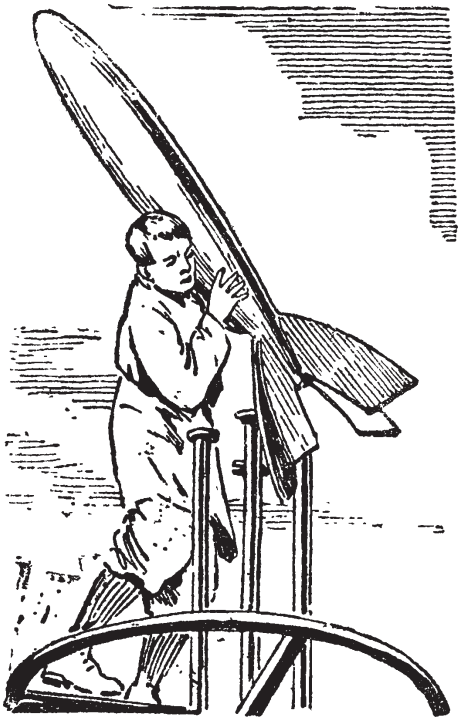


Рис. 46. Подготовка к пуску жидкостной ракеты (на Берлинском ракетодроме)

Эти слова выражают правильный взгляд на дело. Ракетный автомобиль — слишком расточительное изобретение.

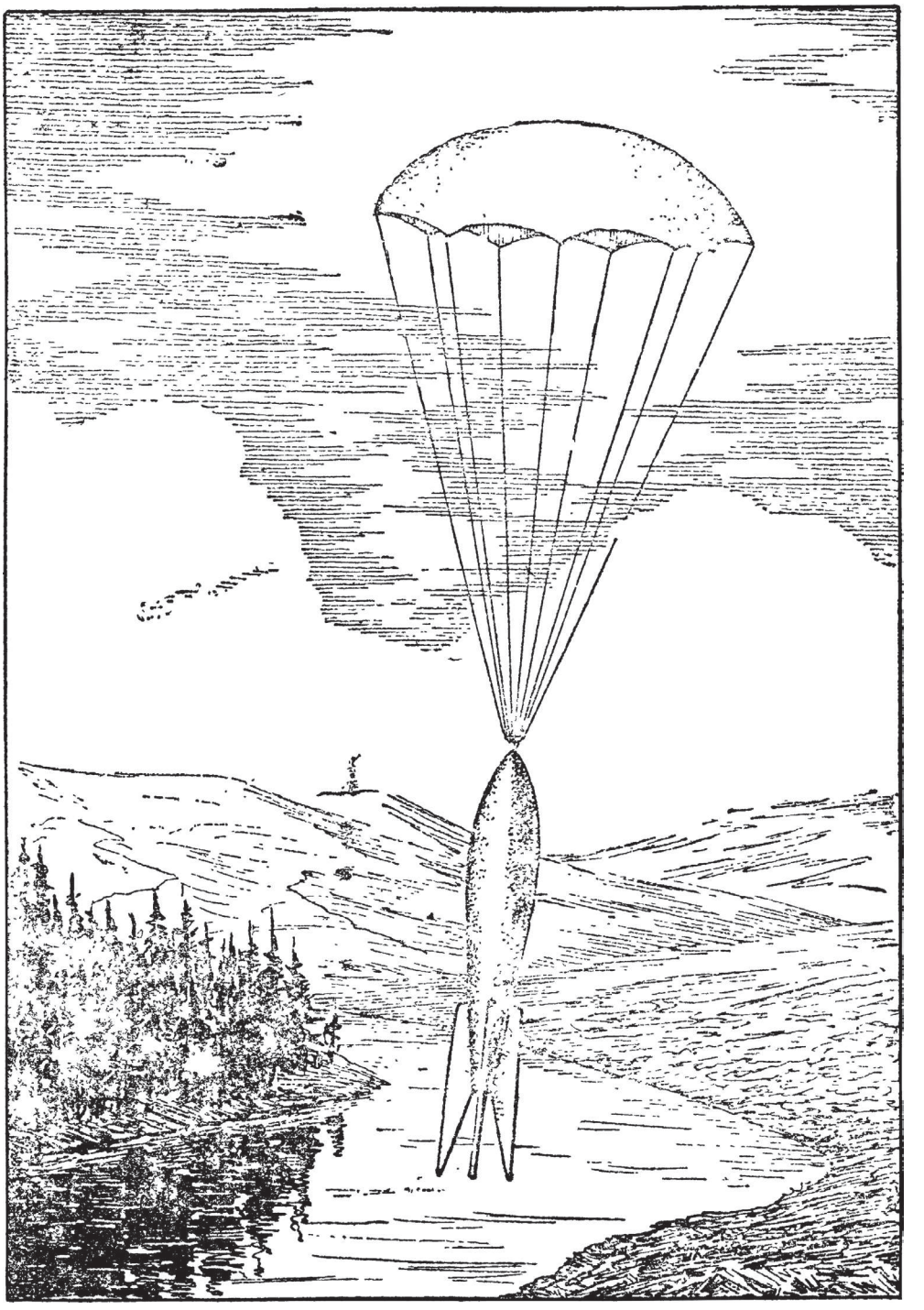
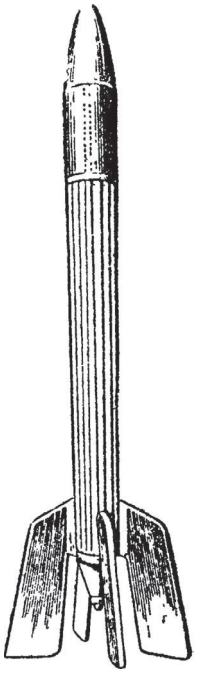


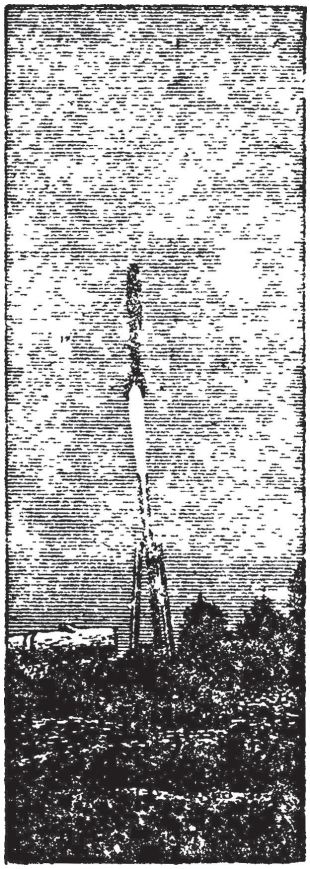
Рис. 47. Обратный спуск жидкостной ракеты на парашюте после достижения высшей точки подъема

Рис. 48. Жидкостная ракета советского изобретателя М. К. Тихонравова



Будущее ракеты — не на земной поверхности, а в высших слоях атмосферы и за ее пределами — в мировом пространстве. Будущность имеет не ракетный автомобиль, не ракетный велосипед, не ракетные сани, не ракетная лодка, — а ракетный аэроплан (ракетоплан), могущий совершать полет в стратосфере с почти космической скоростью.

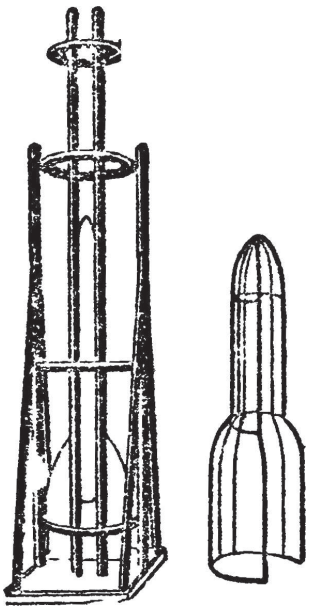
Первые шаги в деле создания аэроплана с ракетным двигателем уже сделаны. Совершался полет на планере с пороховыми ракетами (Штамер, 1928), на самолете с дюжиной ракет (Опель, 1929), на ракетном самолете (Эспенлауб, 1930, и Каттанео, 1931). Впрочем, это были не подлинные полеты, а кратковременные взлеты продолжительностью в 1–2 минуты. Для совершения более длительных полетов нужны такие запасы пороха, каких самолет не в состоянии поднять. Подлинный ракетоплан должен работать на жидком горючем. Отсюда очередная задача — создание ракетного двигателя с жидким горючим.



В эту сторону направлены усилия изобретателей во многих странах, в том числе и в СССР. Я уже говорил об успешном, по-видимому, разрешении этой задачи американским физиком проф. Годдардом. Не менее плодотворны труды группы немецких инженеров, работающих на «ракетодроме», отведенном им под Берлином. Они построили и испытали ряд последовательно увеличивающихся моделей жидкостной ракеты: «Мирак I» (от слов «минимальная ракета», ми-рак), «Мирак II», «Мирак III», «Репульсор». Последняя модель совершила свой первый свободный подъем на ракетодроме 14 мая 1931 г., достигнув высоты 60 м; горючим служил бензин (0,3 литра), окислителем — жидкий кислород (1 литр). Дальнейшим улучшением конструкции и увеличением заряда высота подъема доведена была до 4 км.

Рис. 49. Пуск жидкостной ракеты инж. Тихонравова. (С фотогр.)

Рис. 50. Проектируемая ракета инж. Л. К. Корнеева



Достигнув высшей точки подъема, немецкая жидкостная ракета автоматически раскрывает парашют и плавно опускается на землю совершенно неповрежденной; она может быть вновь заряжена и опять пущена — в отличие от пороховой ракеты, не допускающей многократного использования. На берлинском ракетодроме произведено было свыше сотни публичных демонстраций подобного рода. Скорость вытекания продуктов горения из сопла достигала 2200 м/сек.

В задачу этой книги не входит описание конструктивных подробностей; схемы устройства германских моделей читатель найдет в книгах наших советских инженеров-изобретателей ракетных аппаратов: С. П. Королева «Ракетный полет в стратосферу» и М. К. Тихонравова «Ракетная техника», где подробно рассмотрена техническая сторона дела[1]. Не останавливаясь на трудах других, менее удачливых германских изобретателей (Валье, 1930; Винклер, 1931), перейду к работам в СССР.

Надо заметить, что устройство германских ракет известно нам не во всех подробностях; некоторые ответственные детали держатся изобретателями в секрете (отчасти за неимением средств получить на них патент). При таких условиях советским работникам ракетного дела пришлось самостоятельно придумывать конструкции моторов для ракетопланов и бескрылых ракет.

Разработкой вопросов ракетной техники занимаются у нас в порядке общественном — активисты Осоавиахима и АвиаВНИТО (Авиационного научно-инженерного общества)[2] в Москве, Ленинграде, Горьком[3] и в других городах Союза. При Ленинградском аэроклубе существует сектор реактивного движения.

В Советском Союзе ракета, помимо целей обороны, должна служить прежде всего нуждам мирного социалистического строительства и — в первую очередь — научному исследованию стратосферы. Основной задачей является работа по созданию ракетного мотора, изыскание подходящих для него видов горючего, а также легких огнеупорных материалов и т. п. В работу

---

[1] Содержание книг — см. далее, отдел «Приложений», гл. 12 (с. 579 настоящего издания).

[2] Первый запуск экспериментальной стратосферной ракеты «АвиаВНИТО» состоялся в 1936 г., а в 1937 г. ей удалось достичь высоты подъема более 3 км (*примеч. ред.*).

[3] Ныне Нижний Новгород (*примеч. ред.*).

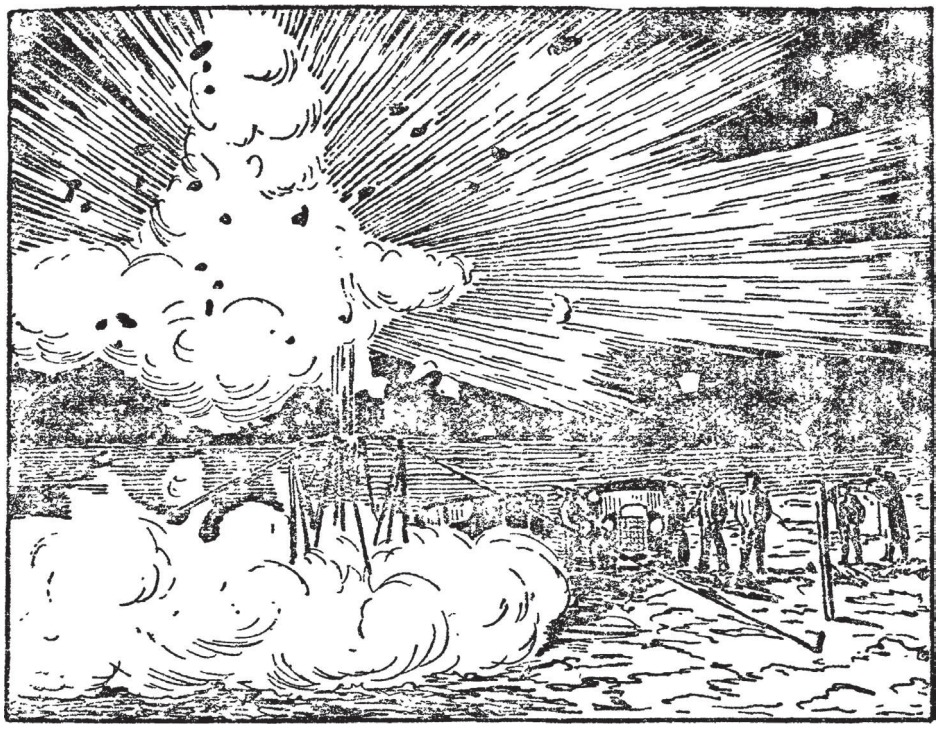


Рис. 51. Ракетная катастрофа.
Взрыв ракеты пражского изобретателя Л. Оченазека

над ракетной проблемой вовлекаются изобретатели и активисты различных специальностей.

В марте 1935 г. в Москве состоялась первая Всесоюзная конференция по применению ракетных аппаратов для исследования высших слоев атмосферы.

Были заслушаны доклады на следующие темы:

о достижениях ракетной техники, — инж. *М. К. Тихонравова*;

о крылатых ракетах для полета человека, — инж. *С. П. Королева*;

о применении ракет при старте самолетов, — инж. *В. И. Дудакова*;

о горючем для жидкостных ракет, — *В. П. Глушко*;

о динамике полета ракеты, — проф. *В. П. Ветчинкина*;

об аэродинамической трубе для больших скоростей, — инж. *Ю. А. Победоносцева*;

о деятельности ракетных секций Осоавиахима в Москве (доклад *И. Меркулова*) и в Ленинграде (доклад инж. *А. Н. Штерна*).

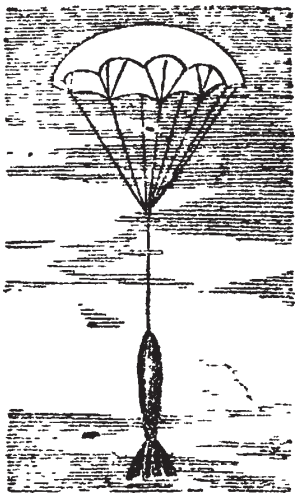
Конференция постановила строить в 1935 г. крылатую ракету-лабораторию для полетов человека на небольших высотах, а также стратосферную ракету для научных исследований.

В системе Осоавиахима, как и в АвиаВНИТО, существует Стратосферный комитет, изучающий проблему овладения стратосферой, в частности с помощью ракетных аппаратов. По поручению Стратосферного комитета АвиаВНИТО инж. Л. К. Корнеевым[1] разработаны проекты двух стратосферных ракет, рассчитанных на жидкое горючее.

Прибавим к сказанному, что, — как докладывалось на Всесоюзной конференции по изучению стратосферы в Ленинграде, — в 1933–34 гг. в Москве была сооружена и испытана в полете до высоты 10 км жидкостная ракета (рис. 48 и 49).

Зондирование стратосферы ракетными аппаратами, несущими метеорологические самописцы, будет иметь огромное значение, так как никакими другими средствами невозможно достигнуть подобных высот. Стратостат ни при каком устройстве не сможет никогда подняться выше 40 км; рекордный подъем употребляемых теперь шаров-зондов — 36 км; радиозонды достигали несколько меньшей высоты.

Даже из приведенных в этой главе, далеко не исчерпывающих сведений ясно, какими быстрыми темпами развивается на наших глазах ракетная техника. Я особенно живо ощущаю эту разительную перемену, когда перелистываю первое издание настоящей книги. Высказанная на его страницах в 1915 г. уверенность в неизбежном покорении мирового пространства ничем не могла быть тогда подкреплена, кроме чисто теоретических доводов. Теперь же, спустя всего двадцать лет, мы располагаем достаточными основаниями для глубокого убеждения, что дни великих триумфов ракетной техники уже недалеки.



[1] *Леонид Константинович Корнеев* (1895–1972) — один из первых гирдовцев, впоследствии создатель КБ-7, ракеты КПД-2 и 40 жидкостных ракетных двигателей (*примеч. ред.*).

18. Два несбыточных проекта

Мы могли бы и не рассматривать несбыточных проектов межпланетных перелетов. Но задача наша состоит не только в том, чтобы познакомить читателя с реально достижимым в этой области: мы желали бы также рассеять и некоторые относящиеся сюда заблуждения. Не имеет никакого смысла перечислять и рассматривать все многочисленные «проекты» межпланетных перелетов, придуманные авторами фантастических произведений, так как сами авторы не придавали серьезного значения своим часто совершенно бессмысленным выдумкам. В первых главах нашей книги мы разобрали наиболее поучительные или внешне правдоподобные идеи подобного рода: «кеворит» Уэллса, пушку Жюля Верна, давление световых лучей и некоторые другие, отбрасывая все прочие, как не заслуживающие никакого внимания и лишь засоряющие поле обсуждения.

Имеется, однако, еще два проекта, которые полезно рассмотреть, несмотря на их безусловную несостоятельность. Они получили у нас некоторую известность, так как неоднократно описывались в журналах, и представляются на первый взгляд легко осуществимыми. К сожалению, журналы не сопровождали их описание критическим разбором, и у многих читателей могло остаться убеждение, что мы имеем здесь хорошо продуманную техническую идею.

Оба проекта исходят из Франции. Первый из них предложен был в 1913 г. двумя французскими инженерами *Масом* и *Друэ* (Mas и Drouét) и описан известным техническим писателем Графиньи следующим образом:

«Представьте себе колесо огромного диаметра, несущее на окружности снаряд, который должен быть отброшен вдаль (рис. 52). Если при достаточной скорости вращения внезапно освободить снаряд, он полетит по касательной с той же скоростью, с какой двигалась соответствующая точка колеса. Устройство может быть упрощено: машина может состоять из двух параллельных брусьев, закрепленных посередине на оси. Противоположные концы брусьев могут быть снабжены с одной стороны метательным снарядом, с другой — противовесом равной массы. При длине брусьев в 100 м каждый оборот дает путь в 314 м; значит, если довести скорость вращения до 44 оборотов в секунду, то крайние точки будут двигаться с секундною скоростью около 14 км.

Если пожелаем развить такую скорость в течение нескольких минут, понадобится двигатель мощностью в миллион лошадиных сил. Это очевидно неприемлемо. Оставаясь в пределах существующих технических норм, придется действовать более медленно и ассигновать примерно 7 часов, чтобы добиться 44 оборотов в секунду; тогда достаточен будет двигатель в 12 000 лош. сил.

Метательная машина, действующая так, как было объяснено, должна быть расположена где-нибудь над расщелиной, например, между скалами в горах. Она будет приводиться в движение от паровой турбины, а в нужный момент особый электрический аппарат освободит закрепленный на колесе снаряд, который и полетит вертикально к зениту».

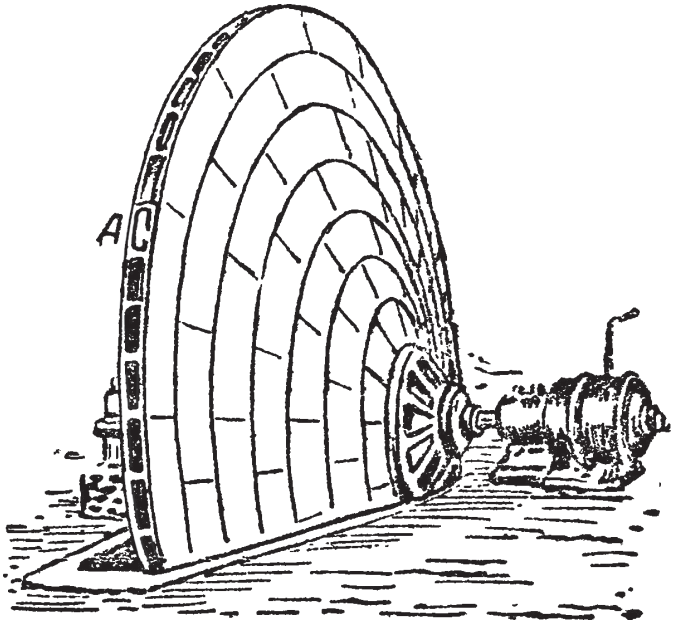


Рис. 52. Проект отсылки межпланетного вагона (А) вращением огромного колеса

Дальнейшее движение снаряда (вес которого — для двухмесячного путешествия трех пассажиров — будет достигать 4 тонн) предполагается по ракетному принципу.

«Корабль Вселенной должен быть снабжен внутренним двигателем, позволяющим увеличить его собственную скорость и управлять его движениями. Двигатель вовсе не должен быть очень сильным: аппарат, изолированный в пространстве и освобожденный от земного притяжения, перемещается с большою легкостью. Можно применить двигатель с „отдачей", основанной на принципе ракеты: он выбрасывает в пространство массу газа, истечение которого заставит аппарат отклониться. Чтобы получить отклонение в намеченном направлении, вытекание газа может быть произведено по желанию через тот или иной ряд труб, открывающихся наружу снаряда».

Почему надо считать этот проект несостоятельным? Прежде всего, огромные затруднения возникли бы при подыскании материала, который мог бы противостоять развивающейся при таком вращении огромной силе натяжения. По формулам механики легко вычислить, что при окружной скорости 14 км/сек и радиусе вращения в 50 м центробежная сила каждого грамма снаряда должна равняться

$$\frac{(1\,400\,000)^2}{980 \times 5000} = 400\,000 \text{ г} = 400 \text{ кг}.$$

Это значит, что брусья будут растягиваться с силою, превышающей вес снаряда в 400 000 раз. Так как снаряд предполагается весом 4 т, то сила натяжения брусьев исчисляется в 1 600 000 т. Вспомним, что вся Эйфелева башня весит только 9000 т. Если изготовить брусья из лучшей стали, то, чтобы они могли безопасно выдерживать такое натяжение, им надо было бы дать при квадратном сечении толщину в 9 м — при условии, что такой чудовищный брус сам будет невесом...

Совершенно непреодолимо, кроме того, другое затруднение, — именно то, которое обусловлено увеличением тяжести внутри снаряда. Надо помнить, что и пассажиры снаряда, кружащиеся в этом колесе, к моменту отправления в космический полет сделаются в 40 000 раз тяжелее, и, конечно, будут раздавлены собственным весом. Отослать в полет живых пассажиров с помощью такого колеса, очевидно, немыслимо.

Второй проект, — принадлежащий, по-видимому, *Графиньи*, — кажется на первый взгляд более осуществимым. Здесь также используется инерция кругового движения, но большое колесо заменено неподвижным кольцевым рельсовым путем, проложенным внутри кольцевого туннеля; поперечник кругового пути — 20 км. По рельсам (рис. 53) скользит (под действием электрического тока) на обильно смазанных полозьях тележка, несущая на себе межпланетный снаряд-вагон. Движение тележки обусловлено особым двигателем, помещающимся вне ее и передающим ей свою энергию по проводу между рельсами. Так как двигатель работает непрерывно, то тележка должна скользить ускоренно. Для уменьшения сопротивления среды воздух внутри туннеля разрежается насосами. От кругового туннеля отходит, по направлению касательной, ответвление с наклоном вверх. Когда тележка со снарядом, сделав достаточное число оборотов по круговому пути, разгонится до скорости

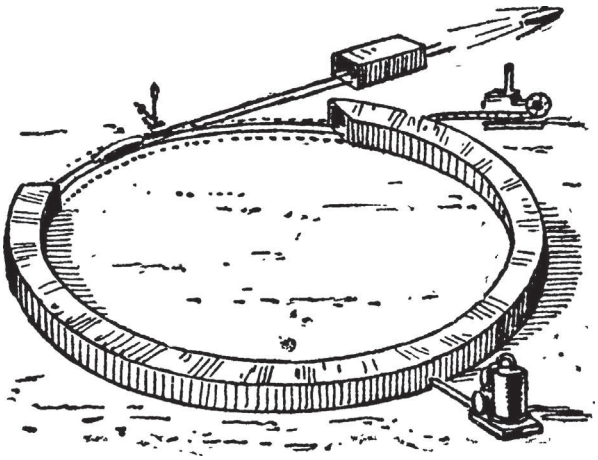


Рис. 53. Круговой крытый рельсовый путь для отлета в мировое пространство. Вверху вправо — воздушный насос

12,5 км/сек, она автоматически переводится на ответвление, на котором и подвергается торможению. Движение тележки замедляется, но лежащий на ней снаряд соскальзывает по инерции с тележки и летит в атмосферу со скоростью 12,5 км/сек, которая по выходе из воздушной оболочки в мировое пространство понижается до 10,9 км/сек. Управление снарядом в его свободном полете предполагается осуществлять с помощью реактивного двигателя.

Мы замечаем в этом проекте некоторые черты, сближающие его с проектом К. Э. Циолковского. Однако в только что изложенном виде идея *Графиньи* несбыточна (если даже считать скорость 12,5 км/сек достижимой), так как она не учитывает возрастания искусственной тяжести внутри снаряда к моменту его отправления в межпланетный рейс. Хотя тяжесть в данном случае значительно меньше, чем в предыдущем проекте — вследствие увеличения радиуса кругового пути, — но все же она достаточно велика, чтобы сделать проект несостоятельным. В самом деле: рассчитаем величину центробежной силы для каждого грамма снаряда. Она равна:

$$\frac{(1\,250\,000)^2}{980\times 1\,000\,000}\approx 1600 \text{ г.}$$

Мы видим, что пассажиры к моменту отправления в космическое путешествие сделаются в 1600 раз тяжелее, — возрастание веса, безусловно смертельное. Значит, как бы постепенно ни нарастала скорость снаряда по окружности, его центростремительное ускорение неизбежно должно превзойти допустимую для живого существа норму.

Что же касается ракетного двигателя, управляющего снарядом в мировом пространстве, то сама по себе идея эта, как мы знаем, вполне целесообразна. Однако в рассмотренных проектах она совершенно не разработана и предположена так наивно, что не может в таком виде рассматриваться как серьезная техническая мысль.

Авторы проектов, очевидно, не дают себе отчета об условиях применения реактивного принципа.

Итак, оба изложенных французских проекта надо отнести к разряду совершенно неосуществимых.

19. Жизнь на корабле Вселенной

С завистью думает современный астроном о тайнах мироздания, которые увидит из кварцевых окон своего межпланетного корабля будущий моряк Вселенной. То, что смутно рисует нам слабый луч света, едва улавливаемый телескопом, во всей ясности предстанет изумленному взору космического путешественника. И кто предугадает, как чудесно расширятся тогда наши знания в мире миров, какие новые тайны исторгнет человеческий разум из глубин Вселенной!

Необычайное и новое ожидает будущего небесного странника не только за стенами его корабля. Внутри звездолета он также сможет наблюдать целый ряд необыкновенных явлений, которые в первые дни путешествия будут, пожалуй, привлекать его внимание и поражать ум не менее, чем величественная панорама, расстилающаяся за окнами каюты.

Едва ли кто-нибудь даже во сне переживал ощущения, подобные тем, какие предстоит испытать будущему космическому страннику внутри звездолета. Это нечто поистине феерическое. В коротких словах речь идет о том, что внутри звездолета нет тяжести: все предметы полностью утрачивают в нем свои вес. Закон тяготения словно отменяется в этом маленьком мире. Достаточно немногих соображений, чтобы убедиться в неизбежности этого вывода, хотя и трудно привыкнуть к мысли, что внутри небесного корабля не обнаруживается ни одно из тех проявлении силы тяжести, к которым мы так привыкли на Земле.

Допустим сначала, ради простоты, что звездолет (или пушечный снаряд Жюля Верна) свободно падает в мировом пространстве. Сила внешнего тяготения должна действовать одинаково как на самый снаряд, так и на предметы внутри него; поэтому она должна сообщать им равные перемещения (ведь все тела, тяжелые и легкие, падают с одинаковой скоростью). Следовательно, все предметы внутри звездолета будут оставаться в покое по отношению к стенкам. Разве может тело «упасть» на пол каюты, если пол сам «падает» с точно такою же скоростью?

Вообще, всякое падающее тело не имеет веса. Еще Галилей в своем бессмертном «Собеседовании о двух новых науках» писал об этом в следующих картинных выражениях:

«Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению. Но если станем двигаться вниз с такою же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как же может он двигать и обременять нас? Это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-нибудь, кто бежит впереди нас с такою же скоростью, с какою движемся и мы».

При всей своей простоте мысль эта настолько непривычна, настолько неожиданна, что, будучи даже понятна, неохотно принимается сознанием. Остановимся же на ней немного дольше. Перенеситесь мысленно, например, внутрь жюль-вернова снаряда, свободно падающего в мировом пространстве. Вы стоите на полу каюты и роняете из рук карандаш. Естественно, вы ожидаете, что он упадет на пол. Так полагал и Жюль Верн, не продумавший до конца своей собственной идеи. Но не то случится в действительности: карандаш повиснет в воздухе, нисколько не приближаясь к полу. По отношению к Земле, он, конечно, будет перемещаться под действием притяжения, — но точно такое же перемещение под действием тяжести получит и снаряд. Если, например, земное притяжение в течение секунды приблизит карандаш к Земле на один метр, то и снаряд приблизится на один метр: расстояние между карандашом

и полом каюты не изменится, а следовательно, падения предметов внутри каюты не обнаружится.

Так будет не только внутри *падающего* звездолета, но и при подъеме его *вверх* и вообще при всяком свободном движении его по инерции в любом направлении в поле тяготения. Снаряд, летящий вверх, в сущности, тоже падает: скорость его взлета все время уменьшается под действием земного притяжения на определенную величину, — именно на ту, на какую уменьшилась бы скорость снаряда за тот же промежуток времени, если бы ему не было сообщено движения вверх. То же самое должно происходить, конечно, и со всеми предметами внутри снаряда. Вы помните, как в романе «Вокруг Луны» труп собаки, выброшенный пассажирами из окна, продолжал в мировом пространстве следовать за снарядом и вовсе не стал падать на Землю. «Этот предмет, — замечает романист, — казался неподвижным, как и снаряд, и, следовательно, сам летел вверх с такою же скоростью». Но если предмет казался неподвижным вне снаряда, то почему не должен он казаться таким же и внутри его? Удивительно, как близко можно подойти к истине и, не заметив ее, пройти мимо...

Теперь думается, достаточно ясно, что внутри межпланетного корабля не может наблюдаться падение тел. Но если предметы в каюте звездолета не могут падать, то не могут они и оказывать давление на свои опоры. Короче говоря, в межпланетном корабле все предметы становятся абсолютно невесомы.

Строго говоря, в этом любопытном факте не должно бы быть для нас ничего неожиданного или нового. Мы ведь нисколько не изумляемся, например, тому, что на Луне вещи тяготеют не к Земле, а к центру Луны. Почему же должны предметы внутри звездолета падать к Земле? С того момента, как ракета, прекратив взрывание, изменяет свой путь единственно лишь под действием притяжения Земли или иных мировых тел, — она превращается уже в миниатюрную планету, в самостоятельный мир, имеющий свое собственное, хотя и ничтожное, напряжение тяжести. Внутри снаряда могло бы проявляться разве лишь взаимное притяжение предметов и притягательное действие стенок снаряда. Но нам известно уже, как ничтожно взаимное притяжение мелких тел и какие медленные, незаметные движения оно способно вызвать. А влияние притяжения стенок снаряда должно быть еще менее заметно: в небесной механике доказывается, что если бы снаряд был строго шарообразный, то притягательное действие такой оболочки равнялось бы нулю, так как притяжение любого ее участка уравновешивалось бы обратным действием диаметрально противоположного участка.

По этому признаку — полному отсутствию тяжести — будущие пассажиры космического корабля безошибочно смогут определить, не глядя в окно, движутся ли они вне Земли или нет. Для них немыслимы сомнения вроде тех, которые, по свидетельству Жюля Верна, будто бы смущали пассажиров снаряда в первые минуты межпланетного полета:

— Николь, движемся ли мы?
Николь и Ардан переглянулись: они не чувствовали движения снаряда.
—Действительно, движемся ли мы? — повторил Ардан.
— Или спокойно лежим на почве Флориды? — спросил Николь.
— Или на дне Мексиканского залива... — прибавил Мишель».

Подобные сомнения совершенно невозможны для пассажиров свободно брошенного звездолета. Им не придется заглядывать в окно каюты, чтобы решить, движутся ли они: непосредственное ощущение невесомости сразу покажет им, что они уже перестали быть пленниками Земли и превратились в обитателей новой миниатюрной планеты, лишенной тяжести[1].

Мы так привыкли к силе тяжести, не покидающей нас ни в железнодорожном вагоне, ни в каюте парохода, ни даже в гондоле аэростата или в сидении аэроплана, — так сжились с этой неустранимой силой, что нам чрезвычайно трудно представить себе ее отсутствие. Чтобы помочь читателю вообразить себе, при каких необычайных, почти сказочных условиях будет протекать «невесомая» жизнь пассажиров в каюте межпланетного корабля, попытаемся набросать здесь некоторые черты этой своеобразной жизни.

Вы пробуете сделать шаг в каюте космического корабля — и плавно, как пушинка, парите к потолку: легкого усилия мускулов ног достаточно, чтобы сообщить вашему невесомому телу заметную поступательную скорость. Вы летите к потолку (нельзя сказать «вверх»: в мире без тяжести нет ни верха, ни низа), ударяетесь о него — и обратный толчок относит ваше невесомое тело снова к полу. Это плавное падение не будет грузным; вы почувствуете довольно легкий удар, но его достаточно, чтобы опять оттолкнуть вас к потолку, и т. д. Если, желая как-нибудь прекратить невольное и бесконечнее колебание, вы ухватитесь за стол, то не пособите делу: стол, ничего не весящий, легко полетит вместе с вами и будет качаться туда и назад, попеременно отталкиваясь от потолка и пола. К чему бы вы ни прикасались — все немедленно приходит в движение, плавное, зато нескончаемое. Полка с книгами поплывет в воздухе, не растеривая своих книг; ящик с провизией и посудой будет витать «вверх дном», не роняя своего содержимого. Словом, в каюте небесного корабля будет царить хаос, исключающий всякую возможность спокойной жизни, если мы не позаботимся заранее привязать и привинтить все вещи к полу, к стенам, к потолку.

Многие предметы обстановки будут, впрочем, совершенно излишни в этом мире без тяжести. К чему стулья, если вы можете висеть в воздухе в любом положении, не утомляя ни единого мускула? Стол тоже бесполезен:

[1] Почувствовав себя невесомыми, они могли сделать только два предположения: либо снаряд свободно летит в пространстве, либо же земной шар внезапно утратил способность их притягивать. Теоретически оба допущения равноправны, практически же выбор между ними несомненен.

все поставленное на него унесется, как пух, при малейшем толчке или дуновении. Лучше заменить его особым станком с зажимами. Не нужна вам и кровать: вы не удержитесь на ней и одной минуты — при малейшем движении улетите прочь; пружинный тюфяк будет бросать ваше тело к потолку как мяч. Чтобы спать спокойно, без невольных странствований по всем углам каюты, вам необходимо будет пристегнуть себя ремнями к ложу. Тюфяк — излишний предмет там, где нет тяжести; вам будет мягко и на жестком полу: ведь ваше тело ничего не весит, не давит на пол, а следовательно, вы не будете испытывать ощущения жесткости.

Буквально на каждом шагу будет подстерегать вас неожиданное и необычайное. Вы хотите налить воды для питья: опрокидываете невесомый графин над невесомым стаканом, но — вода не льется... Нет тяжести, значит, нет и причины, побуждающей жидкость выливаться из опрокинутого сосуда. Вы ударяете рукой по дну графина, чтобы вытряхнуть воду, и — новая неожиданность: из графина вылетает большой колеблющийся водяной шар, пульсирующий в воздухе. Это не что иное, как огромная водяная капля: в мире без тяжести жидкость принимает сферическую форму, как масло в знаменитом опыте Плато. Если эта гигантская водяная капля ударится о пол или стенку каюты, она растечется по ним тончайшим слоем и расползется во все стороны. Придется брать с собою жидкости не в стеклянных и вообще твердых сосудах, а в резиновых вместилищах, из которых жидкость можно будет выдавливать.

Пить в межпланетном корабле тоже нельзя будет так, как мы привыкли. Зачерпнуть жидкость мудрено: она соберется в шар, если не смачивает стенок сосуда; и тогда вы не донесете до рта этой водяной пилюли — при малейшем

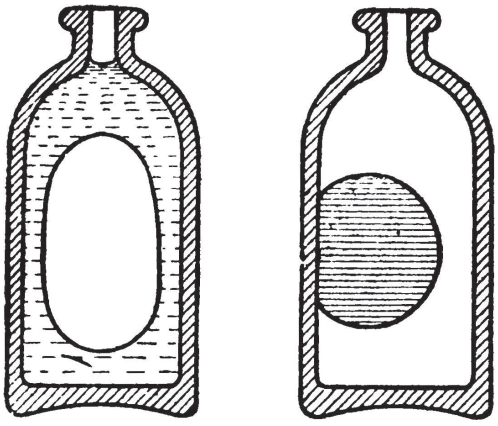


Рис. 54. Жидкости в условиях невесомости.
Налево — вода в бутылке (случай смачивания). Направо — ртуть, жидкость, не смачивающая стекла, — собралась внутри бутылки в большую каплю

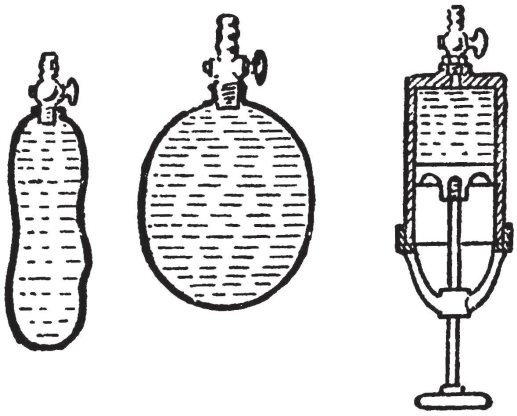


Рис. 55. Бутыли для ракетного корабля.
Чтобы из бутылки возможно было в среде без тяжести извлекать содержимое, стенки ее должны быть кожаные (налево) или резиновые (в середине), или бутыль должна снабжаться поршнем (направо)

толчке она умчится прочь. Если же жидкость смачивает стенки сосуда, то облечет ее со всех сторон, и вам придется подолгу облизывать сосуд, испытывая муки Тантала.

Приготовление обеда из невесомых продуктов будет сопряжено с немалыми и снова неожиданными затруднениями. Чтобы довести воду до кипения, придется повозиться чуть не целые сутки. В самом деле: при обычных условиях вода в кастрюле нагревается сравнительно быстро только потому, что нижние нагретые слои воды, как более легкие, вытесняются вверх холодными, вышележащими; перемешивание происходит само собой, пока все слои воды не нагреются до кипения. Но пробовали ли вы нагревать воду сверху? Попробуйте; положите горячие уголья на металлическую крышку полной кастрюли — и вы убедитесь, что это бесконечная история: нагретый слой останется наверху, теплота будет передаваться нижележащим слоям только через воду же, — а теплопроводность воды, как известно, ничтожна; можно довести вверху сосуда воду до кипения и в то же время удерживать на его дне нерастаявшие куски льда. В невесомом мире звездолета также не будет этого благодетельного перемешивания слоев при нагревании жидкости: ведь нагретые и ненагретые слои одинаково невесомы; следовательно, вскипятить всю воду в кастрюле обычным путем, без специальных мешалок, будет довольно трудно. В невесомой кухне невозможно и жарить на открытой сковороде; упругие пары масла тотчас же отбросят жаркое к потолку.

По той же причине — отсутствию перемещения нагретых частей, — весьма трудно будет отопить каюту каким-либо нагревательным прибором.

Развязывая мешок с мукой или крупой, мы рискуем малейшим толчком рассеять в воздухе все его содержимое.

Даже обыкновенное пламя не будет гореть в каюте небесного корабля. Образующиеся при горении пламени негорючие газы — углекислота, водяной пар и др. — не могут здесь удаляться сами собой, как удаляются они на Земле вследствие высокой температуры. Они будут оставаться тут же, окружая пламя и прекращая к нему доступ воздуха. Пламя задохнется в продуктах собственного горения. Устроив в вагоне-ядре газовое освещение, Жюль Верн, в сущности, обрек своих героев на пребывание в темноте.

В будущем межпланетном снаряде освещение необходимо устроить электрическое, и даже для кухни придется пользоваться исключительно электрическими беспламенными нагревателями

Все эти житейские неудобства — курьезные, необычайные, неожиданные, но по существу безвредные и невинные, — заставят будущих моряков Вселенной отрешиться от многих укоренившихся привычек. Едва ли, однако, из-за одного этого будут отказываться от путешествия в таинственные глубины мироздания. Люди терпели более серьезные лишения, чтобы изучить нашу маленькую Землю — вспомним страдания полярных путешественников! — и, конечно, не остановятся перед ними, когда дело будет идти об исследовании Вселенной.

20. Опасности звездоплавания

Слушатели моих публичных лекций по звездоплаванию и читатели моих книг и статей нередко обращаются ко мне с вопросами, касающимися опасностей межпланетных перелетов. Вопросы эти в большинстве случаев повторяют друг друга; нетрудно выделить среди них ряд наиболее типичных мыслей о возможных опастностях, подстерегающих ладью моряка Вселенной и несущих ему гибель. Здесь и встреча с метеорами, прорезающими в изобилии пустыни мироздания; и чудовищный холод мирового пространства; и невыносимая для живого организма скорость передвижения; и вредное отсутствие тяжести; и столь же вредное усиление тяжести при отлете; и неизбежное расплавление звездолета при проникновении через атмосферу с огромною скоростью; и смертоносные космические лучи, и давление солнечных лучей, способное нарушить расчисленный путь ракетного корабля, и еще много других опасностей, из которых каждая в отдельности достаточна, чтобы сделать предприятие невыполнимым.

Остановимся же на рассмотрении этих опасностей и выясним, в какой степени они реальны. Тем самым будут, я надеюсь, рассеяны и устранены наиболее распространенные недоумения и заблуждения, которые связаны с новым родом транспорта, рождающимся на глазах нынешнего поколения.

Встреча с метеорами

Возможная встреча звездолета с одним из тех твердых обломков, которые стремительно прорезают мировое пространство, представляет в глазах многих самую серьезную опасность для будущих ракетных кораблей. Количество метеоров, каждые сутки обрушивающихся на земной шар со скоростью десятков километров в секунду, исчисляется миллионами. От этой небесной бомбардировки нас спасает воздушная броня, окружающая Землю.

Но что оградит от нее звездолет, вынесшийся за пределы атмосферы? Не будет ли ракетный корабль сразу же осыпан градом метеоров, которые пронижут его тонкую оболочку, повредят механизм, выпустят запасы горючего и воздуха?

Ближайшее рассмотрение вопроса показывает, что подобные опасения лишены основания. Забывают, что если для огромного земного шара метеоры являются густым градом, то для звездолета, поверхность которого в *десятки миллиардов* меньше поверхности нашей планеты, те же метеоры рассеяны крайне просторно. Известный немецкий астроном *К. Граф* высказался по этому поводу так:

«С метеорной опасностью можно почти не считаться. Даже в густых метеорных потоках одна крупинка массою меньше грамма попадается в сотне кубических километров — в объеме, едва охватываемом нашим воображением. А опасность прямого столкновения с более крупными метеорами равна нулю».

Подтверждение этих слов находим и у других астрономов. В. Мейер в книге «Кометы и метеоры» писал: «Для потока леонид[1] 1866 года найдено, что в самой плотной его части твердые крупинки разделены промежутками в 110 км». Согласно проф. Ньютону, знатоку метеорной астрономии, расстояние между соседними метеорами в рое еще больше: около 500 км. Меньшую, но достаточно внушительную оценку взаимной удаленности метеоров дает советский астроном С. Г. Натансон для звездного роя Драконид, встреча с которым породила «звездный дождь» 9 октября 1933 г.: в наиболее густой части этого богатого роя «отдельные частицы[2] отстояли друг от друга на 60 километров, — что дает один метеор на 250 000 куб. километров». После этого для читателя не будет неожиданным расчет проф. Оберта, утверждающего, что «ракета должна странствовать в мировом пространстве 530 лет, прежде чем встретит одна метеор... С этой точки зрения путешествие в звездолете во всяком случае не столь опасно, как, например, езда на автомобиле»[3].

---

[1] *Леониды* — метеорный поток с радиантом в созвездии Льва, знаменитый сильными метеорными дождями (*примеч. ред.*).

[2] Не забудем, что речь идет о крупинках массою в несколько миллиграммов.

[3] Утверждение, нисколько не преувеличенное: в одном лишь Ленинграде в течение 1934 г. зарегистрировано свыше 72 000 транспортных аварий на улицах!

К сходному выводу пришел, на основании своих вычислений, и проф. Р. Годдард. По его расчетам, вероятность встречи ракеты с метеором во время перелета Земля–Луна определяется дробью порядка 1 : 100 000 000.

Холод мирового пространства

Другая опасность, по мнению многих, подстерегающая будущего моряка Вселенной, — страшный холод мирового пространства, достигающий –270°. Тахой сильный холод неизбежно должен проникнуть сквозь металлические стенки космического корабля и заморозить его пассажиров.

Опасения эти, однако, основаны на простом недоразумении. Когда о «температуре мирового пространства» говорит физик, он хорошо знает, что надо под этим разуметь. Но в широкой публике с теми же словами связаны крайне смутные и сбивчивые представления. Температурой мирового пространства называют ту температуру, какую принимает абсолютно черное тело[1], защищенное от солнечных лучей и удаленное от планет. Но звездолет ни в коем случае не есть тело, защищенное от солнечных лучей. Напротив, он непрерывно купается в лучах Солнца, непрерывно прогревается ими. Расчет показывает, что шар из теплопроводного вещества (металла), помещенный в подобных условиях в расстоянии 150 миллионов километров от Солнца, должен иметь температуру на 12° выше нуля Цельсия, а тело формы ракеты — даже на 29° выше нуля. Если же одна сторона ракеты зачернена, а другая блестящая, то температура звездолета может колебаться — в зависимости от поворота его к Солнцу — между 77° выше нуля Цельсия и 38° ниже его. Мы видим, что пассажиры ракетного корабля будут иметь возможность, поворачивая его различным образом относительно Солнца, поддерживать внутри каюты, смотря по желанию, любую температуру — от сибирского мороза до зноя Сахары.

Практика подъемов на стратостатах вполне подтверждает эти теоретические соображения. Так, при первом подъеме на высоту 16 км, когда термометр снаружи гондолы показывал мороз более чем в полсотни градусов, проф. Пикар испытывал внутри нагреваемой солнечными лучами гондолы жар в 40°С. «Пришлось раздеться донага. Очень жарко», — записал он в дневнике. Гондола, которая была окрашена наполовину в черный, наполовину в белый цвет, оказалась повернутой к Солнцу черной половиной — отсюда и сильное нагревание (поворотный механизм не действовал). Во втором полете Пикара, когда гондола была окрашена вся в белый цвет, температура внутри ее при достижении высоты 16 км была минус 17°С. «Мы сильно зябнем», — записывает Пикар в дневнике. Советские стратонавты избегали крайностей тепла и холода в гондоле благодаря удачно выбранной окраске ее наружной поверхности.

---

[1] Т. е. тело, поглощающее все падающие на него лучи.

Чрезмерная скорость

Многих пугает огромная скорость, с какой звездолет будет мчаться в мировом пространстве. Человеческий организм, однако, способен выдержать любую скорость по той простой причине, что он вообще не ощущает никакой скорости. Разве чувствуем мы, что наше тело ежесекундно перемещается вместе с земным шаром на 30 км, а вместе с Солнцем — еще на 20 км? Для организма опасна не скорость сама по себе, как бы велика она ни была, а *изменение* скорости, переход от одной скорости к другой, т. е. то, что в механике называется «ускорением». Ускорение же ощущается нами как усиление или ослабление силы тяжести — эффект, который, как и полная невесомость, будет сейчас рассмотрен особо.

Отсутствие тяжести

Часто высказываются опасения, что последствия для живого организма от помещения его в среду без тяжести должны быть роковыми. Опасения эти, однако, ни на чем, в сущности, не основаны. Вспомним, что обитатели вод, т. е. ¾ всего земного шара, почти невесомы, — во всяком случае, живут в условиях, весьма сходных с состоянием невесомости. Кит, млекопитающее, дышащее легкими, может жить только в воде, где чудовищный вес его сводится к нулю. Вне воды он раздавливается собственным весом. Если систематически рассматривать, какие именно функции нашего организма могли бы серьезно расстроиться вследствие утраты веса, то окажется, что таких функций нет[1].

«Отсутствие тяжести, — пишет *Г. Оберт*, — не может причинить нам никакого физического вреда. Уже тот факт, что все жизненные процессы протекают в нашем теле как при его отвесном, так и при горизонтальном положении, доказывает, что мы (в отличие от растений) не приспособлены лишь к определенному направлению тяжести».

Невесомость, по исследованиям Оберта, может оказывать на человека вредное *психическое* действие. В первые моменты, особенно при внезапном переходе к условиям невесомости, ощущается безотчетный страх. Но мозг и внешние чувства функционируют необыкновенно интенсивно, мысли четки и безукоризненно логичны. Течение времени кажется замедленным; устанавливается своеобразная нечувствительность к боли и чувство безразличия. Позднее эти явления исчезают и уступают место ощущению свежести

[1] Многих смущает тот общеизвестный факт, что человек, подвешенный вниз головой, погибает; отсюда делают вывод о важном значении для нашего организма надлежаще направленной силы тяжести. Однако из того, что при определенном направлении своего действия фактор оказывается вредным, никак не следует, что и полное отсутствие этого фактора также будет вредно.

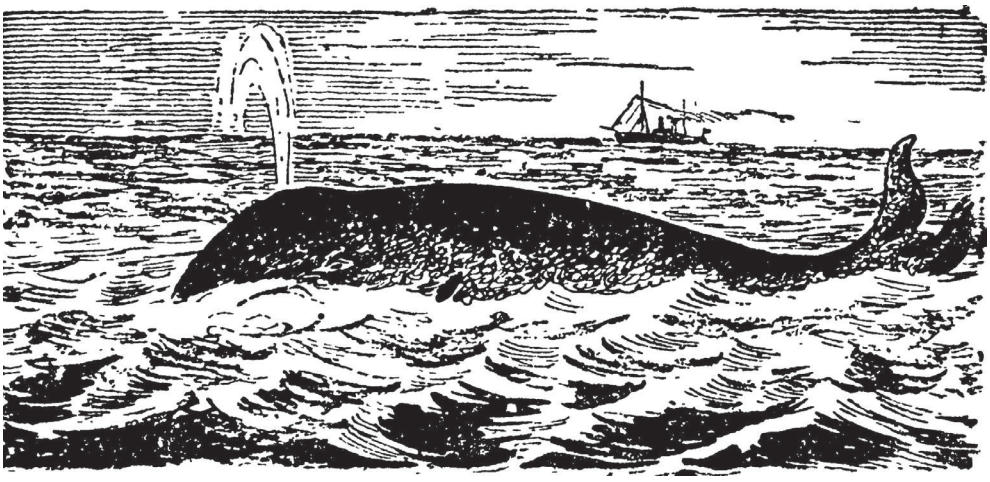


Рис. 56. Обитатели вод практически невесомы.
Исполинский кит, находясь в воде, полностью утрачивает свой вес

и повышенного напряжения жизненных явлений, сходному с действием возбуждающих нервы средств. Наконец, по истечении некоторого времени психическое состояние возвращается к нормальному, хотя пребывание в среде без тяжести продолжается.

Того же мнения о физиологической безвредности отсутствия тяжести придерживался и *К. Э. Циолковский*:

«Во время падения или простого прыжка на нашей планете, пока мы еще не коснулись ногами ее почвы, мы также находимся, по отношению к нашему телу, одежде и предметам, при нас находящимся, в среде, свободной от тяжести, но явление это продолжается много-много полсекунды; в течение этого промежутка времени части нашего тела не давят друга на друга, пальто не отягчает плеч, часы не оттягивают кармана. При купании на Земле вес нашего тела также почти парализуется выталкивающим действием воды. Такое отсутствие веса может продолжаться неопределенно долгое время. Отсюда видно, что едва ли нужны какие-либо особые опыты для доказательства безвредности среды, лишенной тяжести».

Во время свободного падения тело не имеет веса, так что человек, падающий с высоты, находится в условиях невесомости. Но падение само по себе не причиняет никаких расстройств. Летчики, сбрасывающиеся с парашютом, около 12 секунд падают с возрастающей скоростью. Они не становятся совершенно невесомыми, так как из-за сопротивления воздуха ускорение их падения меньше ускорения свободно падающего тела. Но все же вес их уменьшается довольно значительно, и это не отражается на самочувствии опытного парашютиста. Артисты, выполняющие номер «человек-снаряд» (их выстреливают

из пружинного[1] орудия), пребывают во время своего перелета в состоянии невесомости до 4 секунд, не испытывая при этом никаких болезненных ощущений[2].

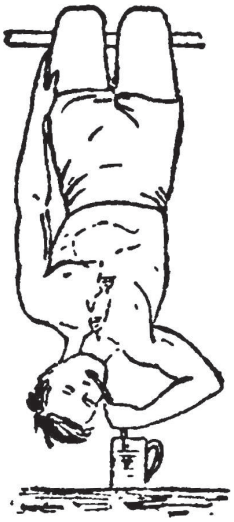
Отметим еще ошибочность мнения (высказанного некоторыми критиками моей книги), будто невесомый воздух внутри межпланетного дирижабля не должен оказывать никакого давления. Если бы это было верно, то, конечно, целый ряд явлений внутри небесного корабля происходил бы не так, как описано в главе 19. Но в действительности давление воздуха при данных условиях нисколько не связано с его весомостью. Весомость, конечно, была причиною того, что воздух близ земной поверхности сжат и давит во все стороны. Но этот сжатый воздух должен полностью сохранить свое давление и в том случае, если в закрытом помещении он становится невесомым. Ведь сжатая пружина не утратила бы упругости в среде без тяжести; карманные часы не изменили бы хода от перенесения с Земли на Луну или на самый маленький астероид. Сжатый газ — та же пружина и не должен утрачивать своей упругости при ослаблении тяжести или полной потере веса (если, конечно, газ заключен

Рис. 57. Акробат пьет, вися вниз головой

[1] Но никак не из порохового. Дым, видимый публикой, чисто декоративный.

[2] См. «Занимательную механику» Я. И. Перельмана.

Рис. 58. Проглоченная жидкость проталкивается в желудок действием мускулов пищевода



в герметически замкнутом пространстве). Воздух утратил бы свою упругость только при одном условии: если бы температура его понизилась до абсолютного нуля (т. е. до –273°С); при температуре выше этой всякий газ должен обладать упругостью независимо от того, подвержен ли он тяжести или нет.

Поэтому барометр-анероид показал бы в летящем небесном дирижабле то же самое давление, какое он показывал там до отлета. (Барометр же ртутный вовсе непригоден в таких условиях, потому что он измеряет давление воздуха *весом* ртутного столба, вес же в среде без тяжести равен нулю.)

Многие думают также, что в среде без тяжести невозможно *глотание*. Это совершенно ошибочно. Акт глотания вовсе не обусловлен тяжестью: пища проталкивается по пищеводу действием его мускулов. Лебедь, страус, жирафа пьют при опущенной шее; акробаты могут пить, вися вниз головой. Проглоченная жидкость продавливается мускулами пищевода в желудок чрезвычайно быстро — в течение доли секунды. Твердая пища перемещается медленнее — у человека секунд 8–10 (в зависимости от величины проглоченного куска), — но, во всяком случае, без участия силы тяжести.

Усиленная тяжесть

Что касается, напротив, *усиленной* тяжести, то она, вообще говоря, представляет для человека серьезную опасность, если превосходит известный предел. Животные могут переносить усиление тяжести в довольно широких пределах, как видно из опытов Циолковского.

«Я делал опыты с разного рода животными, — говорит Циолковский, — подвергая их действию усиленной тяжести на особых центробежных машинах... Вес рыжего таракана я увеличивал в 300 раз, а вес цыпленка раз в 10; я не заметил, чтобы опыт принес им какой-нибудь вред». То же подтвердили и опыты, произведенные в Ленинграде в 1930 г. в Институте гражданского воздушного флота[1].

---

[1] См. Н. А. Рынин, «Теория реактивного полета», глава «Эффект ускорения на животных» (стр. 353–356). Опыты производились над тараканами, навозными жуками, слепнями, мухами, карасем, лягушками, чижом, голубем, вороной, мышами, крысами, кроликами, кошками. Насекомые переносили безвредно для себя отяжеление в 2000 раз, лягушки — в 50 раз, кошки — в 20 раз (в течение 1–2 минут).

Удвоенную тяжесть человек переносит легко. При крутом снижении («пикировании») летчики при выходе из пике подвержены, как показывает расчет, трехкратной и даже четырехкратной искусственной тяжести; отмечен случай, когда летчик подвергся при таком спуске действию семикратной тяжести (т. е. двигался с ускорением в 70 м/сек за секунду) и перенес ее — конечно, в течение всего нескольких секунд — без вреда для здоровья. Известно, что люди совершенно безвредно переносят прыжки с большой высоты в воду, — хотя, по расчетам Оберта, такой прыжок с 8 м подвергает организм четырехкратному усилению тяжести. Названный ученый полагает, что человек может переносить без вреда в направлении от головы к ногам ускорение 60 м/сек за секунду (6-кратную тяжесть), а в поперечном — 80–90 м/сек за секунду (8–9-кратную тяжесть)[1].

Такое же мнение высказывал и Макс Валье. В статье «Медицина и звездоплавание» («Ракета», 1928 г.) он писал: «Можно принять, что человек способен без вреда для себя в течение нескольких минут переносить 3–4-кратное усиление тяжести, особенно когда его тело расположено поперек действующей силы, т. е. поперек к направлению движения аппарата. Отправляться надо, следовательно, лежа, располагаясь на мягком ложе (хороший тюфяк в свободно висящей койке), чтобы возможно больше квадратных сантиметров тела имели опору. Испытание человека по отношению к усилению тяжести можно выполнить с помощью специально для этого устроенной карусели, вращаемой настолько быстро, что действие центробежной силы в несколько раз превышает нормальное напряжение тяжести. Отправляться в полет с бóльшим ускорением без предварительного испытания было бы рискованно: всякому понятно, что усиленная тяжесть затрудняет деятельность сердца, легких и других органов, выполняющих жизненные функции».

Весьма показательны опыты, производившиеся еще в 1928 г. в Бреславле над человеком, подверженным действию центробежной силы; напомним, что давление, обусловленное этой силой, ничем не отличается от давления, порождаемого тяжестью. Человек, предоставивший себя для опытов, производил самонаблюдения по определенной программе. Опыты велись на карусели. Расстояние центра тяжести испытуемого от оси вращения было 3,2 м. При 24 оборотах в минуту равнодействующая центробежного ускорения и ускорения тяжести равнялась 23 м/сек за секунду, т. е. больше нормального ускорения тяжести в 2,3 раза. При этом сердце, дыхательный аппарат и мозг работали нормально. Самочувствие и мышление — такие же, как и в нормальных условиях. Заметно ощущалось лишь давление тела на наружную стенку. Руки и ноги казались отяжелевшими, но все же ими легко было управлять. Мускулы щек при боковом положении головы ощутительно оттягивались. С трудом удавалось держать голову прямо, не подпирая ее.

[1] «Человек-пушка» при падении на сетку подвергает свое тело усиленной тяжести, в 15 раз превышающей нормальную, не испытывая при этом болезненных ощущений. (См. Я. И. Перельман, «Занимательная механика».)

При более быстром вращении карусели достигалось ускорение в 4,3 раза больше нормального. Но и при этих условиях не замечалось расстройств в деятельности сердца и дыхательного аппарата; сознание и все ощущения были нормальны. Руки и ноги заметно тяжелели, но ими все же можно было двигать. Чувствовалось, что одежда гораздо тяжелее. Всего ощутительнее было давление тела на наружную стенку. Производить наблюдения при еще более быстром вращении на этой карусели нельзя было из-за неприспособленности карусели.

Сопротивление атмосферы

Приходится слышать опасения, что ракетный корабль, летящий с космической скоростью, должен, прорезывая земную атмосферу при взлете и при возвращении на Землю, подвергнуться той же участи, как и метеоры: переход энергии его движения в теплоту неизбежно раскалит, расплавит, даже превратит в пар весь звездолет. Соображение это кажется на первый взгляд очень серьезным; в действительности же, как мы уже имели случай отметить, оно очень малоосновательно.

Дело в том, что межпланетная ракета прорезает толщу атмосферы вовсе не с космической скоростью. Мы видели, что при путешествии на Луну звездолет приобретает свою максимальную космическую скорость уже за пределами атмосферы, на высоте 1666 км; плотную же часть воздушной оболочки ракетный корабль пронизывает с сравнительно умеренной скоростью. Так, при отлете на Луну ракета имеет на высоте 1 км скорость по отношению к Земле 250 м/сек, на высоте 2 км — 350 м/сек, 5 км — 550 м/сек, 10 км — 770 м/сек, 15 км — 950 м/сек, 20 км — 1100 м/сек, 30 км — 1350 м/сек. Как видим, скорость ракеты мала там, где воздух плотен, и велика там, где он крайне разрежен.

При обратном спуске на Землю ракета описывает строго рассчитанную спираль, прорезая сначала, пока скорость велика, самые разреженные слои атмосферы и лишь постепенно, по мере уменьшения скорости, проникая в более плотные слои. Опасность расплавления оболочки и здесь вполне может быть избегнута.

Опасность взрыва изнутри

В каюте ракеты будет находиться воздух под давлением в целую атмосферу, между тем как вокруг нее пространство свободно от воздуха и, следовательно, не оказывает на стенки ракеты никакого давления. Не угрожает ли каюте опасность быть разорванной внутренним давлением?

Рассуждающие так забывают, что, кроме избытка давления, существует еще и сопротивление стенок каюты и что ракета сделана не из бумаги. Напомню, что приблизительно в таких же условиях находились гондолы стратостатов в высшей точке подъема, — и нисколько не пострадали от внутреннего

давления, несмотря на то, что стенки их были довольно тонки. Давление в одну атмосферу слишком незначительно, чтобы разорвать металлический шар, даже и тонкостенный.

Космические и ультрафиолетовые лучи

В числов возможных опасностей звездоплавания нередко включают и вредное, чуть не смертоносное действие так наз. космических лучей (иначе именуемых также лучами Гесса или Милликена). Вредное действие этого излучения, однако, сильно преувеличено. Авторитетный исследователь космических лучей проф. Кольхерстер считает подобные опасения, связанные с этими лучами, лишенными всякого основания.

Мнение это вполне подтвердилось недавними исследованиями проф. Вериго, произведенными во время его знаменитого подъема в 1935 г. на высоту 16 200 м. Целью полета было изучение хода изменения интенсивности космических лучей с высотой (земная атмосфера заметно поглощает эти лучи). Вериго установил, что на высоте 16 км интенсивность космического излучения в 240 раз больше, чем у Земли, и все же она не достигает степени, сколько-нибудь опасной для живого организма. На высоте 16 км Вериго имел под собой 90% массы земной атмосферы; поэтому при дальнейшем поднятии вверх интенсивность космического излучения может возрасти лишь незначительно.

С этими результатами хорошо согласуются данные, добытые в 1932 г. проф. Регенером с помощью шара-зонда, пущенного на высоту 28 км с приборами, регистрирующими интенсивность космических лучей.

Словом, сенсационное наименование «лучей смерти» присвоено газетами этому излучению без малейшего основания: действие его слишком поспешно отождествили с действием лучей «электронной пушки» Кулиджа[1].

Что же касается вредного действия лучей ультрафиолетовых на той высоте, где действие их не ослабляется толщей атмосферы, то от них достаточно защитят пассажиров толстые стекла иллюминаторов звездолета.

Лучевое давление

Здесь также видят помеху для звездоплавания. Звездолет как небесное тело, конечно, карлик; а если так, то не может ли быть его движение нарушено отталкивающим действием солнечных лучей? Не опрокинет ли этот фактор все расчеты астрономов, не спутает ли он так тщательно расчисленные маршруты звездоплавания?

---

[1] Я. П. имеет в виду *Уильяма Дэвида Кулиджа* (1873–1975) — американского физика и инженера, сконструировавшего, в частности, в 1913 г. рентгеновскую трубку с улучшенным катодом (*примеч. ред.*).

Бояться этого не приходится. Ракета в 5 т массы, подставляющая солнечным лучам поверхность в 50 м^2, должна под действием светового давления приобрести ускорение в 0,000004 см/сек за секунду. В течение суток скорость звездолета изменится менее чем на 2 мм/сек. Это не может ни иметь рокового значения, ни даже служить сколько-нибудь значительной помехой, так как для восполнения разного рода непредвиденных мелких потерь скорости звездолет берет с собой некоторый избыток горючего.

Опасность заблудиться

Можно ли быть уверенным в том, что ракета, посланная на Луну, действительно достигнет ее, а не направится мимо и не заблудится в мировом пространстве, — или, что столь же опасно, попадет на какую-нибудь планету, куда попасть вовсе нежелательно? Луна представляет такую крошечную мишень на небе (она видна под углом всего в полградуса), что промахнуться, направляя на нее ракету, очень легко.

Опасения эти столь же малоосновательны, как и все предыдущие. Прежде всего, при отправлении ракеты на Луну приходится иметь дело с небесной мишенью вовсе не столь маленькой, как обычно думают. Луна — мишень особенная: она сама притягивает к себе летящие к ней снаряды. Чтобы ракета очутилась на Луне, достаточно закинуть ее за ту границу, где лунное притяжение сильнее земного. Граница эта представляет собою шаровую поверхность, окружающую Луну на расстоянии примерно 40 000 км от ее центра. Значит, мишенью является не шар Луны диаметром 3500 км, а упомянутая сфера диаметром 80 000 км. Мишень эта усматривается с Земли под углом в 11½° — в 23 раза бóльшим, чем лунный диск. Если «стрельба в Луну» равносильна стрельбе в круг диаметром 1 м с расстояния 115 м, то обстрел пограничной сферы соответствует стрельбе в тот же метровый круг с расстояния всего 5 м. Промах здесь маловероятен.

Что касается блуждания в мировом пространстве, то следует иметь в виду, что, покинув атмосферу, ракета оказывается в среде, свободной от трения, и уподобляется небесному телу. Известна точность, с какой астрономы предсказывают затмения и другие события на небе. Движение ракеты может быть предвычисленно с такою же астрономической точностью, исключающей всякие уклонения. Не предусмотренные же последствия случайной ошибки (которая может быть лишь очень незначительна под пером опытного вычислителя) могут быть своевременно исправлены пилотом звездолета, располагающим достаточным избытком горючего.

Учитывать притяжение лунной ракеты планетами нет никакой надобности: оно исчезающе мало вследствие крайней отдаленности планет от Земли. Ничтожная масса ракеты не ухудшает положения: величина перемещения зависит лишь от массы *притягивающего* тела и нисколько не зависит от массы тела *притягиваемого*.

Притяжение Солнца

Не будет ли ракетный корабль, направленный на Луну, притянут Солнцем? Люди, высказывающие это опасение, были бы еще более уверены в его основательности, если бы знали, что ракетный корабль, направляющийся с Земли на Луну, притягивается Солнцем *в полтораста с лишком раз сильнее, чем Луною*. Действительно, Солнце дальше от Земли, нежели Луна, круглым счетом в 400 раз, и значит, при равной массе должно было бы притягивать в 160 000 раз слабее; но зато масса Солнца превышает лунную в 27 000 000 раз; следовательно, сила притяжения ракеты Солнцем должна быть больше, нежели сила лунного притяжения в $\frac{27\,000\,000}{160\,000}$, т. е. в 165 раз. При таких условиях естественно возникает опасение, что ракета скорее очутится на Солнце, нежели на Луне.

Вспомним, однако, что Солнце почти с одинаковою силою притягивает и ракету, и Землю, и Луну, сообщая каждому телу *равные* ускорения: оно перемещает *всю систему из трех тел*, почти не влияя на их взаимное расположение. Поэтому ракета, направленная на Луну, должна лететь на нее так, будто притяжения Солнца не существует.

Высадка на Луне

О том, как можно безопасно снизиться на Луну, не разбившись о ее твердую поверхность, мы уже беседовали раньше (стр. 494). Но как смогут звездоплаватели покинуть свой ракетный корабль, если на Луне нет воздуха? Путешественников ждет здесь, казалось бы, неминуемая гибель...

Наши эпроновцы[1], однако, отлично работают как раз в такой среде, где человеку невозможно дышать. Они опускаются под воду в особых костюмах — скафандрах, куда им подается нужный для дыхания воздух. Лунные путешественники ступят на почву нашего негостеприимного спутника также в особых костюмах, имея запас кислорода в баллоне у себя за спиной или на груди. Опасаться того, что подобный костюм будет разорван изнутри давлением распирающего его воздуха при полном отсутствии напора снаружи — нет оснований: костюму нетрудно придать прочность, достаточную, чтобы противостоять давлению в одну атмосферу. Отпадает и другое опасение, высказанное недавно одним ленинградским физиком, — что невозможно сконструировать скафандр, который, будучи раздуваем изнутри, позволял бы путешественнику свободно перемещать руки и ноги. Сомнение это опровергнуто самой жизнью: скафандр для полетов в разреженных слоях атмосферы,

[1] *ЭПРОН* — «Экспедиция подводных работ особого назначения»; существовала в 1923–1942 гг., затем была преобразована в Аварийно-спасательную службу ВМФ (*примеч. ред.*).

изготовленный и испытанный американским летчиком Постом во время его стратосферного подъема в открытой кабине аэроплана (декабрь 1934 г.), ничем существенным не отличается от костюма для будущей экскурсии на Луну[1].

Само собою разумеется, что выход из ракетного корабля на лунную поверхность должен быть непродолжителен, — примерно таков же, как пребывание водолаза на дне моря.

В связи с этим можно поставить вопрос о том, в каком месте лунной поверхности следует производить высадки. Дело в том, что температура лунной почвы не всюду благоприятна для пребывания на ней человека. В том месте Луны, где в данный момент полдень или послеполуденные часы, температура почвы достигает 100°С и больше; на ночной же половине нашего спутника господствует страшный мороз в 200°С и ниже. Будущему лунному путешественнику придется, очевидно, избирать для высадки ту зону лунного шара, где в момент снижения *утро* и почва успела уже нагреться солнечными лучами, однако еще не накалилась. К этому надо прибавить, что так как лунные сутки длятся целый земной месяц, то утро на Луне продолжается несколько земных суток. Зона, пригодная для высадки, довольно широка, особенно близ лунного экватора, и, значит, время пребывания на Луне может быть достаточно продолжительно.

Звездоплавание и теория относительности

В числе опасений, высказываемых насчет межпланетных путешествий, есть и такие, которые черпают свои доводы из теории относительности. Один из рецензентов этой книги высказал мне на страницах авиационного журнала упрек в том, что я «ничего не сказал об относительности понятия одновременности для астронавта, летящего в мировом пространстве с космической скоростью и имеющего собственное поле тяготения».

«Сколько требуется „фактического“ времени для полета на какую-нибудь планету? — пишет рецензент. — С нашей, земной точки зрения это подсчитать нетрудно, но астронавт, вылетевший в космос с этими расчетами и земными часами, окажется жертвой теории относительности и будет проклинать „астрономическую“ точность расписания полета, которая не сойдется с его собственным, так сказать, „внутриракетным“ временем.

Далее возникает второй тяжелый вопрос: куда лететь? Путешественник „без масштаба и часов“ не знает ни собственной скорости, ни своего положения в пространстве.

---

[1] Имеется и советское изобретение подобного рода: изготовленная по проекту рабочего Трехгорной фабрики Лобовикова модель костюма для полетов в стратосферу в открытой гондоле обеспечивает пилоту не только свободное движение рук и ног, но и благоприятную температуру (костюм имеет внутреннюю обогревательную обшивку). Изобретение получило одобрение Центрального Совета Осоавиахима.

Единственным якорем спасения является метод непосредственной визуальной проверки, но здесь, кажется, имеет силу поговорка „не верь своим глазам", так как условия работы на ракете (не говоря уже об искажениях согласно теории Эйнштейна), конечно, не те, которые имеет астроном (подверженный обыденному ускорению 9,8 м/сек^2) в своей обсерватории.

... Мы считаем, что на всем этом нужно было обязательно остановиться».

Приходится остановиться, раз подобные соображения высказываются даже на страницах специального журнала. Если бы рецензент произвел необходимые выкладки, он, впрочем, сам убедился бы, что при тех скоростях звездолета, о которых говорится в моей книге (несколько десятков километров в секунду), следствия теории Эйнштейна могут сказаться только *за 7-м десятичным знаком*. Другими словами, они едва уловимы для точнейших приборов, и опасаться каких-либо неувязок на этой почве нет оснований.

В самом деле, зависимость между продолжительностью i какого-либо явления на Земле и продолжительностью t_1 того же процесса для наблюдателя в звездолете, который движется относительно Земли со скоростью, например, 50 км/сек, такова:

$$t_1 = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{50^2}{300\,000^2}}}.$$

Выполняя вычисление, получаем

$$t_1 \approx t + \frac{t}{72\,000\,000}.$$

Продолжительность явления должна действительно возрасти, но, как видим, всего на одну 72-миллионную. Это значит, что космическое путешествие, длящееся для земного наблюдателя целый год, будет для ракетного пилота длиться на *треть секунды* больше. Такая прибавка не может иметь для астронавигации ровно никакого значения.

Примерно того же ничтожного порядка и влияние различия полей тяготения Земли и звездолета.

Другое дело, если бы звездолет несся со скоростью десятков тысяч километров в секунду — эффекты теории относительности сказались бы тогда ощутительно. Но я в моей книге в подобные фантазии не вдаюсь. О них уместно будет завести речь лишь в том случае, если шансы на овладение внутриатомной энергией сделаются технически реальными[1].

[1] Механизм деления ядра — первый шаг на пути к овладению внутриатомной энергией как в мирных, так и в военных целях — был открыт только в 1938 г. немецкими физиками Отто Ганом и Фрицем Штрассманом, т. е. спустя три года после написания этих строк (*примеч. ред.*).

21. Заключение

Мы видели, что проблема звездоплавания, — если не в полном объеме, то в существенной своей части, — может считаться разрешенной уже в наши дни. Разрешенной не в техническом, конечно, смысле, а в механическом и физическом: найдены в инвентаре современной науки те физико-механические принципы, на которых может быть построен звездолет будущего. Таким принципом является закон противодействия, и прообразом звездолета является ракета. Сам Ньютон, провозгласивший закон противодействия, пророчески сказал, что если удастся когда-нибудь людям летать в пустом пространстве, то сделано это будет только с помощью аппаратов, основанных на этом начале. Теперь уже нет сомнения, что человечеству суждено вступить когда-нибудь в прямое сообщение с другими планетами, начать новый, «вселенский» период своей истории, и осуществится этот шаг при помощи исполинских ракет — единственного средства, разрешающего проблему межпланетных путешествий.

Гений Ньютона открыл человечеству закон действия могучей силы, приковывающей нас к Земле. Но тот же гений провозгласил и другой закон природы, опираясь на который человек свергнет иго тяжести и вырвется из земного плена на простор Вселенной, в необъятный мир миров.

1. Сила тяготения

Приведенные в главе II примеры действия силы тяготения могут быть проверены несложными расчетами, основанными на законе Ньютона и элементах механики. Читатели, имеющие начальные сведения из алгебры, без затруднения проследят за ними. Напомним, что за единицу измерения силы в механике принята сила, которая, будучи приложена к свободному телу массою в 1 грамм, ежесекундно увеличивает его скорость на 1 сантиметр в секунду. Эта единица силы называется *диной*[1]. Так как сила земного притяжения ежесекундно увеличивает скорость свободно падающего грамма почти на 1000 см/сек (9,8 м/сек), то сила, с какой притягивается к Земле 1 г, больше «дины» почти в 1000 раз, т. е. равна (почти) 1000 дин. Другими словами: вес гирьки в 1 г (сила ее притяжения к Земле) равен почти 1000 дин. Это дает представление о величине дины в единицах веса: дина равна примерно 1000-й доле грамма.

Далее: установлено, что два шарика по 1 грамму каждый, расстояние между центрами которых равно 1 сантиметру, притягиваются между собою с силою в одну 15-миллионную долю дины. Эту величину называют «постоянной тяготения».

После сказанного нетрудно, на основании закона Ньютона, вычислить силу взаимного притяжения двух человеческих тел, разделенных промежутком в 1 м (или 100 см). Принимая вес человеческого тела в 65 кг (65 000 г) и имея в виду, что взаимное притяжение прямо пропорционально произведению масс и обратно пропорционально квадрату расстояния (закон Ньютона), — имеем для силы взаимного притяжения

$$\frac{1}{15\,000\,000}\times\frac{65\,000\times 65\,000}{100^2}\approx 0{,}028 \text{ дины.}$$

Итак, два человеческих тела на расстоянии 1 м притягиваются взаимно с силою 0,028 дины (около 40-й доли миллиграмма).

Таким же образом может быть вычислена сила взаимного притяжения и двух линейных кораблей, разделенных расстоянием в 1 км. Масса каждого корабля равна 25 000 т = 25 000 000 000 г; расстояние равно 100 000 см. Поэтому взаимное притяжение равно:

$$\frac{1}{15\,000\,000}\times\frac{\left(25\,000\,000\,000\right)^2}{\left(100\,000\right)^2}\approx 4200 \text{ дин.}$$

Так как 1000 дин= 1 г, то 4200 дин равны примерно 4 г.

---

[1] Напоминаем, в системе единиц СГС (см. комментарий на с. 203). В дальнейших расчетах оставлены цифры, использованные Я. П. в издании 1935 г. (*примеч. ред.*).

2. Падение в мировом пространстве

Полет пушечного снаряда Жюля Верна на Луну можно рассматривать как случай падения тела в мировом пространстве под влиянием силы тяготения. Поэтому, прежде чем рассматривать условия его полета, полезно рассмотреть следующую задачу из области небесной механики.

Во сколько времени упал бы на Солнце земной шар, если бы от какой-нибудь причины прекратилось его движение по орбите?

Задачи подобного рода легко разрешаются на основании третьего закона Кеплера: квадраты времен обращения планет и комет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца; среднее же расстояние от Солнца равно длине большой полуоси эллипса. В нашем случае мы можем земной шар, падающий прямо на Солнце, уподобить воображаемой комете, движущейся по сильно вытянутому эллипсу, крайние точки которого расположены: одна — близ земной орбиты, другая — в центре Солнца. Среднее расстояние такой кометы от Солнца, т. е. большая полуось ее орбиты, очевидно, вдвое меньше среднего расстояния Земли. Вычислим, каков должен был бы быть период обращения этой воображаемой кометы. Составим, на основании третьего закона Кеплера, пропорцию:

$$\frac{(\text{период обращения Земли})^2}{(\text{период обращения кометы})^2} = \frac{(\text{ср. расст. Земли})^3}{(\text{ср. расст. кометы})^3}.$$

Период обращения Земли равен 365 суткам; среднее расстояние ее от Солнца примем за единицу, и тогда среднее расстояние кометы выразится через $-$. Пропорция принимает вид:

$$\frac{365^2}{(\text{период обращ. кометы})^2} = \frac{1}{(0{,}5)^3},$$

откуда

$$(\text{период обращ. кометы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8},$$

или

$$\text{период обращ. кометы} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

Но нас интересует не полный период обращения этой воображаемой кометы, а половина периода, т. е. продолжительность полета в один конец — от земной орбиты до Солнца: это и есть искомая продолжительность падения Земли на Солнце. Она равна

$$\frac{365}{\sqrt{8}} : 2 = \frac{365}{\sqrt{32}} \approx \frac{365}{5{,}6} \approx 65 \text{ суток.}$$

Итак, чтобы узнать, во сколько времени Земля упала бы на Солнце, нужно продолжительность года разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6. Легко видеть, что полученное простое правило применимо не к одной только Земле, но и ко всякой другой планете и ко всякому 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. Меркурий, обращающийся в 88 дней, упал бы на Солнце в 15,5 дней; Сатурн, период обращения которого равняется 30 нашим годам, — падал бы на Солнце в течение 5,5 лет. А Луна упала бы на Землю в 27,3 : 5,6, т. е. в 4,8 суток. И не только Луна, но и всякое вообще тело, находящееся от нас на расстоянии Луны, падало бы к Земле в течение 4,8 суток (если только ему не сообщена начальная скорость, а падает оно, подчиняясь лишь действию одного земного притяжения).

Здесь мы вплотную подходим к задаче Жюля Верна. Легко понять, что столько же времени должно лететь на Луну всякое тело, брошенное с Земли на Луну с такою скоростью, чтобы пройти как раз расстояния до Луны. Значит, алюминиевый снаряд Жюля Верна должен был бы лететь около 5 суток, если бы его хотели закинуть на расстояние Луны.

Однако члены Пушечного клуба рассчитывали закинуть снаряд не прямо на Луну, а только до той точки между Землей и Луной, где силы притяжения обоих светил уравниваются: отсюда снаряд сам уже упал бы на Луну, притягиваемый ею. Эта «нейтральная» точка находится на 0,9 расстояния от Земли.

Вычисление, следовательно, несколько усложняется. Во-первых, нужно вычислить, во сколько времени снаряд долетел бы до 0,9 расстояния между Землей и Луной, или, что то же самое, во сколько времени тело с этого расстояния упало бы на Землю; во-вторых, надо определить продолжительность падения тела от этой нейтральной точки до Луны.

Для решения первой задачи представим себе, что на 0,9 расстояния от Земли до Луны обращается вокруг нашей планеты небесное тело, и вычислим период обращения этого воображаемого спутника Земли. Обозначив неизвестный период обращения через x, составляем на основании третьего кеплерова закона пропорцию

$$\frac{x^2}{27{,}3^2} = \frac{0{,}9^3}{1^3};$$

отсюда искомый период обращения $x = 27{,}3\sqrt{0{,}9^3} = 23{,}3$. Разделив этот период на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6, мы, согласно выведенному ранее правилу, получим время перелета снаряда от Земли до нейтральной точки: 23,3 : 5,6 = 4,1 суток.

Вторую задачу решаем сходным образом. Чтобы вычислить, во сколько времени снаряд упал бы с расстояния нейтральной точки до Луны, нужно сначала определить, во сколько времени снаряд, находясь на том же расстоянии от Луны, совершил бы вокруг нее полный оборот. Радиус орбиты этого

воображаемого спутника Луны равен 0,1 радиуса лунной орбиты, а масса центрального светила (в данном случае Луны) в 81 раз меньше массы Земли. Если бы масса Луны равнялась земной, то спутник, обращаясь на среднем расстоянии вдесятеро меньшем, чем лунное, совершил бы полный оборот в период *y*, легко вычисляемый по закону Кеплера:

$$\frac{y^2}{27,3^2}=\frac{0,1^3}{1^3},$$

откуда

$$y=27,3\sqrt{0,001}=0,273\sqrt{10}.$$

Но так как масса, а следовательно и притягательное действие центрального светила в данном случае в 81 раз меньше, чем в системе Земли, то время обращения снаряда спутника будет дольше. Во сколько раз? Из механики мы знаем, что центростремительное ускорение пропорционально квадрату скорости. Здесь это ускорение (производимое притяжением Луны) меньше в 81 раз, — следовательно, скорость движения снаряда по орбите должна быть меньше в $\sqrt{81}$, т. е. в 9 раз. Другими словами, снаряд в роли лунного спутника должен обегать крутом Луны в 9 раз медленнее, чем он обходил бы на таком же расстоянии вокруг Земли. Значит, искомое время обращения равняется:

$$0,274\sqrt{10}\times 9\approx 7,77 \text{ суток.}$$

Чтобы получить продолжительность падения снаряда от нейтральной точки до Луны, нужно, как мы уже знаем, найденный сейчас период его обращения (7,77) разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6; получим 1,4 суток, а точнее — 33,5 час[1].

Итак, весь перелет пушечного снаряда от Земли до Луны должен был бы длиться 4,1 +1,4 сут. = 5,5 сут.

---

[1] На расстоянии Земли снаряд обращался бы вокруг Луны в 9 раз медленее, чем Луна вокруг Земли, т. е. совершал бы полный оборот в 27,3 × 9 суток. Время падения его с Земли на Луну под действием ее притяжения равнялось бы, следовательно, $\frac{27,3\times 9}{5,6}=44$ дням.

В такой срок должен был бы перелететь с Земли на Луну «кеворитный» снаряд Уэллса, если бы все его «кеворитные» заслонки были свернуты и вся масса снаряда подвергалась действию лунного притяжения. Но путешественники подвергали действию тяготения только *часть* массы снаряда, в движение же увлекалась вся масса снаряда. Вследствие этого снаряд получал ускорение, составляющее только некоторую долю нормального. В результате продолжительноетъ перелета должна увеличиться. Если, например, действию притяжения подвергалась только 10-я доля массы снаряда, то время падения снаряда на Луну должно возрасти в $\sqrt{10}$ раз, т. е. путешествие длилось бы 136 дней.

Однако это не вполне точный результат: здесь не принято во внимание то обстоятельство, что и при полете от Земли до нейтральной точки снаряд подвергается притягательному действию Луны, которое ускоряет его движение; с другой стороны, при падении на Луну он испытывает на себе замедляющее действие земного притяжения. Последнее действие должно быть особенно заметно и, как показывает более точное вычисление (по формуле, приведенной ниже), примерно вдвое увеличило бы продолжительность падения снаряда от нейтральной точки до Луны. Благодаря этим поправкам общая продолжительность перелета снаряда от Земли до Луны с 5,5 суток возрастает до 7 суток.

В романе продолжительность перелета определена «астрономами Кэмбриджской обсерватории» в 97 час. 13 мин. 20 сек., т. е. в 4 с небольшим суток вместо 7 суток. Жюль Верн ошибся на трое суток. Ошибка произошла оттого, что романист (или лицо, производившее для него расчеты) преуменьшил время падения снаряда от нейтральной точки до Луны: оно определено всего в 13 час. 53 мин., между тем как это падение должно было совершиться гораздо медленнее и отнять 67 часов.

Если тело падает без начальной скорости с *весьма большого* расстояния H не до центра притяжения, а до некоторого расстояния h, то продолжительность t (в секундах) такого падения вычисляется по следующей формуле, которая выводится в курсах интегрального исчисления:

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{H}{2a}}\left[\sqrt{h(H-h)} + H \arcsin\sqrt{\frac{H-h}{H}}\right]. \qquad (1)$$

Здесь H и h имеют указанные выше значения, R — радиус планеты, a — ускорение тяжести на ее поверхности. По этой формуле вычисляется также продолжительность взлета тела от расстояния h до расстояния H, где оно должно утратить всю свою скорость.

Для примера вычислим продолжительность взлета тела, брошенного с земной поверхности на высоту земного радиуса. В этом случае $H = 2R$; $h = R$; $a = g = 9{,}8$; $R = 6370$.

Имеем продолжительность взлета:

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2R}{2g}}\left[\sqrt{R(2R-R)} + 2R \arcsin\sqrt{\frac{R}{2R}}\right] =$$

$$= \sqrt{\frac{R}{g}}\left(1 + 2 \times 0{,}7854\right) \approx 2072 \text{ сек.} = 34{,}5 \text{ мин.}$$

Значит ракета, пущенная вверх на расстояние земного радиуса, должна возвратиться через 69 минут.

3. Динамика ракеты

Для понимания дальнейшего необходимо отчетливо уяснить себе некоторые теоремы механики, относящиеся к «количеству движения» и к «центру тяжести». Предпосылаем поэтому нашему изложению небольшую главу из «Курса физики» Гримзеля, где положения эти разъяснены весьма наглядно и с достаточной полнотой.

Импульс. Количество движения. Сохранение движения центра тяжести

«Сила P сообщает свободной массе m ускорение a, которое определяется из уравнения $P = ma$. Если сила P постоянна, то и ускорение постоянно, т. е. движение — равномерно-ускоренное. Если постоянная сила P действует на массу m в течение времени t, то она сообщает ей скорость $v = at$. Чтобы оценить действие силы P за время t, мы умножим выражение силы $P = ma$ на t. Мы получим равенство $P \times t = m \times v$.

Произведение $P \times t$ называется импульсом силы P за время t. Произведение $m \times v$ называется количеством движения массы m, движущейся со скоростью v. Импульс силы равен количеству движения массы, приведенной в движение этой силой.

Если действует сила переменная, то, строго говоря, этот закон можно прилагать лишь к малым промежуткам времени t, в течение которых силу можно считать неизменяющейся. Тогда предыдущее равенство принимает вид:

$$P \times \Delta t = m \times \Delta v.$$

Понятие импульса и количества движения постоянно применяются в случаях, когда проявляются действие и противодействие.

Примером практического применения этих понятий может служить баллистический маятник, употребляемый для измерения скорости снаряда. Он состоит из большой, но податливой массы M (например, ящика с песком), которая подвешена на стержне, могущем вращаться около некоторой оси (рис. 59). В маятник стреляют снарядом, имеющим массу m; снаряд входит в песок и сообщает общей массе $M + m$ некоторую скорость. Маятник отклоняется, и высоту его подъема h измеряют. По высоте подъема

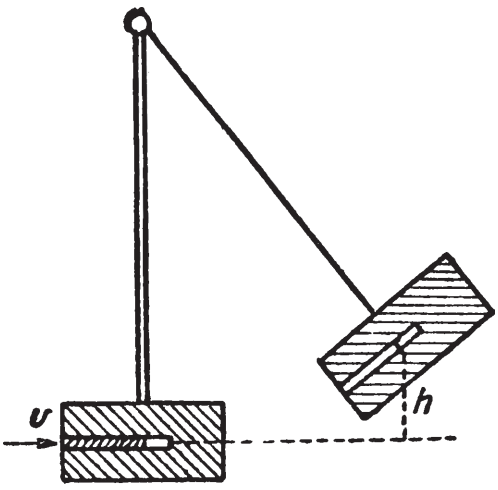


Рис. 59. Баллистический маятник

вычисляют начальную скорость маятника $v_1 = \sqrt{2gh}$. Количество движения, приобретенное маятником (вправо), есть Mv_1; количество движения, приобретенное снарядом влево (или потерянное им при счете вправо) равно;

$$mv — mv_1$$

или

$$m(v - v_1).$$

Итак,

$$Mv_1 = m(v - v_1)$$

или

$$mv = (M + m)v_1.$$

Отсюда можно вычислить v.

В левой части последнего уравнения (mv) стоит количество движения всей системы (маятник и снаряд) до выстрела, в правой части — количество движения системы после выстрела. Таким образом, количество движения системы не изменяется, если только в эту систему включены все взаимодействующие тела. Такая система называется *замкнутой*. Итак, в замкнутой системе количество движения остается неизменным, какие бы процессы внутри ее ни происходили. Это *закон сохранения количества движения*.

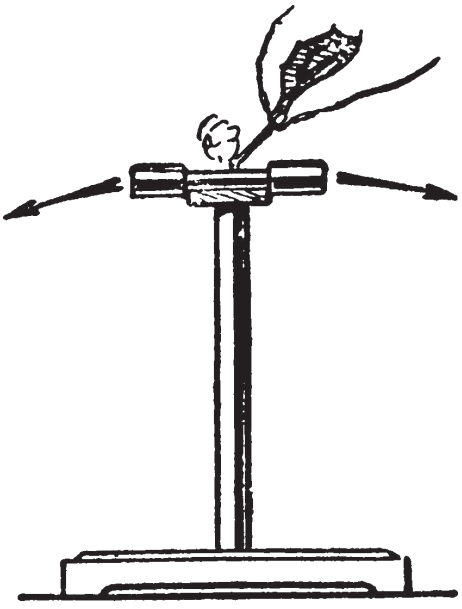


Рис. 60. Двусторонний пистолет

Другой пример представляет изображенный на рис. 60 двусторонний пистолет. На штативе горизонтально лежит медная трубка, на один конец которой навинчен массивный металлический цилиндр. Другой такой же цилиндр имеет насадку, плотно входящую в трубочку[1]. В трубке сделано отверстие для поджигания с полочкой для пороха. Насыпав на полочку и в трубку немного пороха, вставляют снаряд и кладут пистолет на штатив. Затем при помощи раскаленной проволоки поджигают порох, насыпанный на полочку; порох в трубке взрывается, — оба цилиндра с насадками получают ускорения в противоположные стороны и упадут на стол в одинаковых расстояниях от штатива. Действие взрыва одинаково в обе стороны и сообщает обоим цилиндрам одинаковые скорости.

[1] Предполагается, что цилиндр с трубкой и цилиндр с насадкой имеют одинаковую массу. — *Я. П.*

Повторяют опыт с различными массами. Пусть цилиндр, скрепленный с трубочкой, весит 50 г, а вставляющийся в нее 100 г. После взрыва первый отлетает вдвое дальше второго, хотя давление взрывных газов в обе стороны одинаково.

В каком бы отношении ни находились снаряды, всегда начальные скорости снарядов обратно пропорциональны их массам и, значит, произведения масс снарядов на начальные скорости одинаковы.

Движение снарядов можно определить таким правилом: если до взрыва весь пистолет был в равновесии относительно некоторой оси вращения, то это равновесие сохраняется в каждый момент после взрыва, — причем путь обоих снарядов рассматривается как соединяющая их невесомая проволока, а вся система — как рычаг.

В самом деле, горизонтальные расстояния обоих снарядов от оси вращения в каждый момент движения обратно пропорциональны соответствующим массам, а это отвечает условию равновесия рычага. Воображаемая ось всегда проходит поэтому через центр тяжести обеих частей пистолета, так что положение центра тяжести остается неизменным (закон сохранения центра тяжести). Закон этот справедлив и для того случая, когда пистолет перед взрывом не был в покое, а двигался с постоянной скоростью. В этом случае после взрыва его части движутся так, что их общий центр тяжести продолжает свое прежнее движение с той же скоростью (*сохранение движения центра тяжести*). То же самое будет, конечно, при распаде на несколько частей, — например, при движении осколков разорвавшейся гранаты или обломков распавшихся космических тел».

Движение ракеты

Рассмотрим теперь движение ракеты — сначала в среде, свободной от тяжести, а затем — в условиях тяжести.

а) *Движение ракеты в среде без тяжести*. Ввиду фундаментального значения «уравнения ракеты» для всей теории звездоплавания приводим далее два ее вывода: один — элементарный, для незнакомых с высшей математикой, и другой — более строгий, с применением интегрального исчисления.

Пусть первоначальная масса покоящейся ракеты равна M_i. Заменим непрерывное вытекание газа из трубы рядом последовательных толчков; с каждым толчком вытекает $\frac{1}{n}$ массы M_i ракеты со скоростью c. После *первого* толчка масса ракеты уменьшается до

$$M_1 = M_i - \frac{M_i}{n} = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right);$$

после *второго* толчка остающаяся масса ракеты равна

$$M_2 = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)\times\left(1-\frac{1}{n}\right) = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^2;$$

после *третьего* толчка —

$$M_3 = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^3,$$

а после *к*-го —

$$M_k = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^k.$$

Скорость v_1, приобретаемую ракетой после *первого* толчка, легко вычислить, исходя из того, что общее количество движения всех частей ракеты до и после разъединения одинаково, т. е. равно нулю:

$$M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)\times v_1 + \frac{M_i}{n}\times c = 0,$$

откуда

$$v_1 = -\frac{c}{n-1}.$$

Скорость v_2 после *второго* толчка можно считать равной $2v_1$, т. е. $-\frac{2c}{n-1}$, а после *к*-го толчка $v = -\frac{kc}{n-1}$, откуда

$$k = \frac{v(n\ \ 1)}{c}.$$

Подставив это выражение для *к* в формулу

$$M_k = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^k,$$

получаем

$$M_k = M_i\left(1-\frac{1}{n}\right)^{-\frac{v(n-1)}{c}}.$$

Преобразуем последнее выражение:

$$M_k = M_i\left[\left(1-\frac{1}{n}\right)^{n-1}\right]^{\frac{v}{c}} \approx M_i\left[\left(\frac{1}{1+\frac{1}{n}}\right)^{n-1}\right]^{\frac{v}{c}},$$

потому что

$$1-\frac{1}{n} \approx \frac{1}{1+\frac{1}{n}}.$$

Выражение:

$$\frac{1}{\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n-1}}$$

при бесконечно большом n (т. е. при переходе от толчков к непрерывному вытеканию газа) равно, как известно, $\frac{1}{e}$, где $e = 2{,}718$. Тогда преобразуемое выражение получает вид:

$$M_k = M_i\left(\frac{1}{e}\right)^{-\frac{v}{c}},$$

откуда получаем уравнение ракеты:

$$\frac{M_i}{M_k} = e^{\frac{v}{c}}.$$

Укажем теперь более строгий вывод того же основного уравнения.

Обозначим массу ракеты в некоторый момент через M и предположим, что до горения ракета была неподвижна. Вследствие горения ракета отбрасывает бесконечно малую часть dM своей массы с постоянною скоростью c (по отношению к ракете). При этом остальная часть массы ракеты $(M - dM)$ получает некоторую бесконечно малую прибавку скорости dv. Сумма количества движения обеих частей ракеты должна быть, по законам механики (см. выше), та же, что и до горения, т. е. должна равняться нулю:

$$cdM + (M - dM)dv = 0,$$

или, по раскрытии скобок,

$$cdM + Mdv - dMdv = 0.$$

Отбросив член $dMdv$ как бесконечно малую второго порядка (произведение двух бесконечно малых величин), имеем уравнение:

$$cdM + Mdv = 0,$$

которое представляем в виде

$$\frac{dv}{c} = -\frac{dM}{M}.$$

Интегрируя это диференциальное уравнение, получаем:

$$\frac{v}{c} = \ln M_i - \ln M_k = \ln\frac{M_i}{M_k},$$

или

$$e^{\frac{v}{c}} = \frac{M_i}{M_k}. \qquad (2)$$

Мы пришли к уравнению ракеты или ко «второй теореме Циолковского», которую он формулирует так:

«В среде без тяжести окончательная скорость (v) ракеты не зависит от силы и порядка взрывания, а только от количества взрывчатого материала (по отношению к массе ракеты) и от устройства взрывной трубы».

При всех этих вычислениях не учитывалось земное притяжение, влияние которого мы сейчас вкратце рассмотрим.

б) *Движение ракеты в условиях тяжести*. Ускорение a, приобретаемое ракетой при отвесном подъеме с Земли, равно, очевидно, разности между собственным ускорением ракеты p и ускорением земной тяжести g:

$$a = p - g.$$

Так как приобретаемая при этом ракетой окончательная скорость $v_1 = at_1$, то продолжительность горения равна $\frac{v_1}{a}$, т. е.

$$t_1 = \frac{v_1}{p - g}.$$

Из этого равенства и из соотношения $v = pt$ мы выводим, что при одинаковой продолжительности горения ($t = t_1$):

$$v = pt = p \times \frac{v_1}{p - g} = v_1 \times \frac{p}{p - g},$$

откуда

$$v_1 = v \times \frac{p - g}{p} = v\left(1 - \frac{g}{p}\right).$$

Значит,

$$v_1 = v - v\frac{g}{p}, \qquad (3)$$

т. е. окончательная скорость ракеты в среде тяжести меньше, чем в среде без тяжести, на такую же долю, какую ускорение (g) тяжести составляет от собственного ускорения (p) ракеты.

Далее, зная из предыдущего, что в среде без тяжести

$$v = c \ln\frac{M_i}{M_k},$$

получаем, что окончательная скорость v_1 ракеты в условиях тяжести

$$v_1 = \left(1 - \frac{g}{p}\right) c \ln\frac{M_i}{M_k}, \qquad (4)$$

или

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \frac{M_i}{M_k}^{\left(1-\frac{g}{p}\right)}. \qquad (5)$$

Формула (5) позволяет вычислить окончательную скорость, приобретаемую ракетой в поле тяготения, если известно отношение $\frac{M_i}{M_k}$ масс заряженной и незаряженной ракеты и ее собственное ускорение p. Это последнее, мы знаем, не должно превышать 4-кратного ускорения земной тяжести, чтобы быть безвредным для человеческого организма. При $p = 4g$ имеем

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \left(\frac{M_i}{M_k}\right)^{\frac{3}{4}}.$$

Формулы эти не принимают, конечно, в расчет сопротивления воздуха.

Полезное действие свободной ракеты и ракетного экипажа

Подсчитаем, какую долю энергии потребляемого горючего ракета переводит в полезную механическую работу.

Обозначим, как прежде, массу свободной ракеты до взрывания через M_i, после взрывания — через $M_к$; масса израсходованного горючего выразится тогда через $M_i - M_к$, скорость вытекания газа c. Живая сила вытекающих газов, т. е. кинетическая энергия, равна

$$\frac{1}{2}\left(M_i - M_k\right)c^2.$$

Это — полное количество энергии, какое способно развить находящееся в ракете горючее. Получаемая же полезная работа, т. е. кинетическая энергия ракеты при скорости v, равна

$$\frac{1}{2}M_k v^2.$$

Отношение второй величины к первой и есть коэффициент $к$ полезного действия свободной ракеты:

$$k = \frac{1}{2}M_k v^2 : \frac{1}{2}\left(M_i - M_k\right)c^2 = \frac{M_k}{M_i - M_k} \times \frac{v^2}{c^2},$$

или

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{M_i}{M_k} - 1}. \qquad (6)$$

Из формулы (2) имеем, что

$$\frac{M_i}{M_k} - 1 = e^{\frac{v}{c}} - 1.$$

Значит, в среде без тяжести полезное действие ракеты:

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}} - 1}. \qquad (7)$$

Оно достигает наибольшей величины при $\frac{v}{c} = 1{,}6$ и равно тогда 65%.

Если $\frac{v}{c}$ невелико, можно формулу (7) упростить, исходя из того, что

$$e^{\frac{v}{c}} = 1 + \frac{v}{c} + \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{c^2} + \ldots$$

Тогда

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{v}{c} + \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\frac{c}{v} + \frac{1}{2}}. \qquad (8)$$

В среде тяжести выражение для κ сложнее; для случая вертикального подъема его нетрудно вывести, подставив в формулу (6) соответствующее значение $\frac{M_i}{M_k}$ из формулы (5).

Иначе выразится коэффициент κ полезного действия ракетного экипажа (вообще — несвободной ракеты), где существенную роль играют помехи движению, как трение и сопротивление воздуха. Рассмотрим случай *равномерного* движения авторакеты, т. е. случай, когда работа ракеты равна работе сопротивлений. Так как импульс силы равен количеству движения, то, обозначая через f силу, выбрасывающую продукты взрыва (она равна силе, увлекающей автомобиль), а через t — продолжительность движения, имеем

$$ft = (M_i - M_к)c,$$

где M — масса автомобиля до взрывания, $M_к$ — его масса после взрывания; c — скорость вытекания газа. Для удобства обозначим $M_i - M_к$, т. е. запас горючего, через Q, тогда

$$f = \frac{Qc}{t}.$$

Полезная же работа автомобиля равна:

$$fs = \frac{Qc}{t} \times vt = Qcv,$$

так как путь $s = vt$, где v — скорость автомобиля.

Энергия, затраченная при этом, составляется из двух частей: 1) из той, которая была израсходована на приведение горючего в равномерное движение со скоростью v; эта часть равна $\frac{1}{2}Qv^2$; 2) из той, которая расходуется на сообщение частицам отбрасываемых газов скорости c; часть эта равна $\frac{1}{2}Qc^2$. Вся затраченная энергия равна

$$\frac{1}{2}Qv^2+\frac{1}{2}Qc^2.$$

Отсюда искомое полезное действие

$$k=\frac{Qcv}{\frac{1}{2}Qv^2+\frac{1}{2}Qc^2}=\frac{2\frac{v}{c}}{1+\frac{v^2}{c^2}}. \qquad (9)$$

Оно достигает наибольшей величины при $v = c$, т. е. когда автомобиль движется со скоростью вытекания продуктов взрыва.

По этой формуле легко вычислить полезное действие ракетного автомобиля; например, для c = 2000 м/сек и v = 200 км/час = 55 м/сек:

$$\kappa = 5{,}5\%.$$

Чтобы соперничать в экономичности с обыкновенным автомобилем, полезное действие которого около 20%, авторакета должна обладать скоростью не ниже 760 км/час. Но подобная скорость для колесного экипажа практически недопустима, так как сопряжена с опасностью разрыва бандажей колес центробежным эффектом.

4. Начальная скорость и продолжительность перелетов

Начальная скорость

Читатели пожелают, вероятно, узнать, как вычисляется скорость, с которой тело должно покинуть планету, чтобы преодолеть силу ее притяжения. Вычисление основано на законе сохранения энергии. Тело должно получить при взлете запас кинетической энергии, равный той работе, которую ему предстоит совершить. Если масса тела m, а искомая скорость v, то кинетическая энергия («живая сила») тела в момент взлета

$$\frac{mv^2}{2}.$$

Работа же, совершаемая силой при перемещении с поверхности планеты в бесконечность (при отсутствии других центров притяжения), равна, как устанавливает небесная механика,

$$-\frac{kmM}{R},$$

где M — масса планеты, R — ее радиус, а κ — так называемая постоянная тяготения[1]. Абсолютную величину этой работы приравниваем кинетической энергии:

$$\frac{kmM}{R}=\frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v^2=\frac{2kM}{R}.$$

Далее, мы знаем, что вес тела на поверхности планеты, т. е. сила, с какою планета его притягивает, равен, по закону тяготения:

$$\frac{Mkm}{R^2},$$

если масса тела m. Механика дает нам также и другое выражение для веса — произведение массы на ускорение, ma.

Значит,

$$ma=\frac{kmM}{R^2},$$

откуда

$$\frac{kM}{R}=aR,$$

и, следовательно, формула

$$v^2=\frac{2kM}{R}$$

принимает вид:

$$v^2=2aR,$$

откуда

$$v=\sqrt{2aR}. \qquad (10)$$

Подставляя вместо a — ускорение тяжести на планете, а вместо R — радиус, получаем величину скорости, с какою тело навсегда покидает планету. Например, для Луны a = 1,62 м/сек^2, R = 1 740 000 м. Поэтому искомая скорость

$$v=\sqrt{2\times1{,}62\times1\,740\,000}=2{,}38 \text{ км/сек}.$$

На том же можно основать вычисление начальной скорости снаряда или ракеты, которые, покинув Землю, должны долететь до точки равного притяжения между Землей и Луной. Масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а так как сила притяжения уменьшается пропорционально квадрату удаления,

[1] См. Приложение 1 (с. 536 настоящего издания).

то притяжения Земли и Луны уравниваются на расстоянии от Земли в 9 раз большем, чем от Луны (тогда притяжение Земли ослабеет в 9 × 9, т. е. в 81 раз больше, чем притяжение Луны). Значит, точка равного притяжения лежит в 0,9 расстояния между Землей и Луной; последнее равно 60,3 радиуса R земного шара, так что ядро должно пролететь расстояние $D = 0{,}9 \times 60{,}3R = 54{,}3R$. Обозначив искомую скорость, с какою тело должно покинуть Землю, через v, имеем для кинетической энергии тела в момент вылета $\frac{mv^2}{2}$, где m — масса тела. Произведенная же этим телом работа по законам небесной механики равна потерянной потенциальной энергии, т. е. разности потенциальной энергии E_1 и E в конечной и начальной точках пути. Поэтому

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E\,.$$

Здесь E_1 есть потенциальная энергия тела в конечной точке пути по отношению к Земле и к Луне. Первая часть потенциальной энергии равна:*

$$-\frac{kmM}{D},$$

где κ — постоянная тяготения, M — масса Земли, m — масса брошенного тела, D — расстояние тела от центра Земли в конечной точке пути.

Вторая доля равна потенциальной энергии (по отношению к Луне):

$$-\frac{kmM_1}{d},$$

где κ и m имеют прежние значения, M_1 — масса Луны, d — расстояние тела от центра Луны в конечной точке пути.

Величина E есть потенциальная энергия тела (в точке земной поверхности) по отношению к Земле и Луне.

Она равна

$$-\frac{kmM}{R}-\frac{kmM_1}{L},$$

где R — радиус Земли, L — расстояние от поверхности Земли до центра Луны, а κ, m, M и M_1 имеют прежние значения.

Итак,

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E = \left(-\frac{kmM}{D}-\frac{kmM_1}{d}\right)-\left(-\frac{kmM}{R}-\frac{kmM_1}{L}\right),$$

или

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{R}+\frac{kM_1}{L}-\frac{kM}{D}-\frac{kM_1}{d}\,.$$

Подставим:

$$M_1 = 0{,}012M, \qquad D = 54{,}3R,$$
$$L = 59{,}3R, \qquad d = 6R.$$

Имеем:

$$\frac{v^2}{2}=\frac{kM}{R}+\frac{k\times 0{,}012M}{59{,}3R}-\frac{kM}{54{,}3R}-\frac{k\times 0{,}012M}{6R},$$

или

$$\frac{v^2}{2}\approx 0{,}98\times\frac{kM}{R}=0{,}98gR,$$

откуда

$$v=\sqrt{1{,}96gR}.$$

Известно, что

$$g = 9{,}8 \text{ м/сек}^2;$$
$$R = 6370 \text{ км}.$$

Выполнив вычисления, получаем искомую скорость

$$v = 1\,107\,000 \text{ см/сек} = 11{,}07 \text{ км/сек}.$$

Указанным способом можно вычислить скорость и в других подобных случаях. Например, для определения скорости ракеты, взлетающей с Луны по направлению к Земле, имеем уравнение:

$$\frac{mv^2}{2}=\frac{kMm}{54R}+\frac{kM_1m}{6R}-\frac{kMm}{60R}+\frac{kM_1m}{0{,}27R}.$$

Здесь предполагается, конечно, что ракета должна достичь лишь точки равного притяжения, откуда начнется падение на Землю. Зная, что масса M_1 Луны равна $\frac{M}{81}$, где M — масса Земли, имеем (после сокращения на m):

$$\frac{v^2}{2}=-\frac{kM}{54R}+\frac{kM}{486R}-\frac{kM}{60R}+\frac{kM}{22R}=-\frac{gR}{54}+\frac{gR}{486}-\frac{gR}{60}+\frac{gR}{22},$$

откуда v = 2,27 км/сек — на сто метров меньше, чем скорость, вычисленная без принятия в расчет притяжения Земли. С такой же скоростью должно удариться о лунную почву тело, падающее на Луну из точки равного притяжения, имея Землю позади себя.

Так производится расчет наличной скорости для артиллерийского снаряда, скорости, имеющей максимальное значение на земной поверхности. В случае ракеты скорость на уровне земной поверхности равна нулю и постепенно растет по мере взлета ракеты, пока не прекратится горение заряда. Следовательно, максимальную свою скорость ракета приобретает на некоторой высоте над Землей, где напряжение тяжести естественно меньше, чем на уровне моря. Поэтому максимальная скорость, уносящая ракету в межпланетный полет, меньше, чем для пушечного снаряда. Вычислим ее, сделав предпосылку, что ракета летит с ускорением, равным утроенному ускорению земной тяжести.

Обозначим высоту, на которой ракета приобретает максимальную скорость v, через x. Известно, что $v^2 = 2 \times 3g \times x = 6gx$.

Потенциальная энергия единицы массы ракеты на уровне x равна, согласно предыдущему:

$$\frac{gR^2}{R+x}.$$

Потенциальная энергия той же единицы массы на высоте $54{,}3R$ (в точке равного притяжения) выражается суммой

$$\frac{gR^2}{54{,}3R} + \frac{0{,}16g \times (0{,}27R)^2}{6R} = 0{,}0204gR.$$

Потеря потенциальной энергии при перемещении ракеты с уровня x на уровень $54{,}3R$ составляет

$$\frac{gR^2}{R+x} - 0{,}0204gR$$

и должна, мы знаем, равняться кинетической энергии единицы массы ракеты, т. е. $\frac{1}{2}v^2$, или $3gx$. Имеем уравнение

$$\frac{gR^3}{R+x} - 0{,}0204gR = 3gx,$$

откуда $x = 0{,}2616$, $R = 0{,}2616 \times 6370 = 1666$ км.

Теперь из уравнения $v^2 = 6gx$ находим $v = 9750$ м/сек.

Итак, ракета, отвесно направляющаяся к Луне, достигает наибольшей своей скорости — 9¾ км/сек — далеко за пределами земной атмосферы. Число секунд t, в течение которого накопляется эта скорость, определяется из уравнения $9750 = 3 \times 9{,}8t$, откуда $t = 321$ сек. Можно вычислить, что под действием земной тяжести ракета потеряет $321 \times 7{,}76 = 2490$ м своей секундной скорости (7,76 — средняя величина ускорения тяжести на протяжении 1666 км от земной поверхности). В общем итоге запас энергии, каким надо снабдить ракету для отвесного полета на Луну, должен отвечать скорости $9750 + 2490 = 12\,240$ м/сек.

Сходным образом можно установить, что при отвесном подъеме ракеты с Луны она приобретает максимальную скорость (2300 м/сек) на высоте 90 км, после 76 сек. подъема. И обратно: падая от точки равного притяжения на лунную поверхность, ракета должна начать замедление полета на высоте 90 км, чтобы при ускорении (отрицательном) $3g$ свести свою 2300-метровую скорость к нулю.

Вычисляя скорость, с какою тело должно покинуть Землю для удаления в бесконечность, мы принимали, что Земля — единственный центр, притяжение которого тело должно при этом преодолеть. На самом же деле приходится считаться также и с притяжением Солнца. Чтобы учесть это обстоятельство, установим сначала зависимость между скоростью тела на орбите и другими величинами.

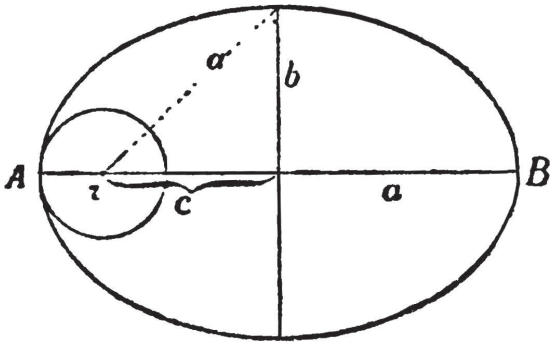


Рис. 61. К расчету скорости полета

По второму закону Кеплера, площади, описываемые радиусом-вектором в равные времена, равны. Пусть тело (планета) движется вокруг Солнца по эллипсу с полуосями a и b; период обращения T секунд, секундная скорость v, радиус-вектор r; тогда для точек перигелия и афелия имеем равенство

$$\frac{vr}{2}=\frac{\pi ab}{T}, \qquad (11)$$

где левая часть есть выражение (приближенное) для площади, описываемой радиусом-вектором в одну секунду, а πab — площадь эллипса. Имеем:

$$v=\frac{2\pi ab}{rT}.$$

Пусть теперь тело (звездолет, планета), движущееся вокруг Солнца по круговой орбите радиуса r, должно перейти в точке A своего пути на эллиптическую орбиту с полуосями a и b. Определим, какое для этого необходимо изменение скорости.

Из третьего закона Кеплера следует, что отношение квадрата периода обращения планеты к кубу ее среднего расстояния от Солнца (или большой полуоси) есть величина постоянная; для планет солнечной системы эта постоянная равна (в единицах системы см-г-сек)

$$\frac{T^3}{a^3}=3\times10^{-25},$$

откуда

$$T=\sqrt{3\times10^{-25}a^3}=5,47\times10^{-13}\sqrt{a^3}.$$

Отсюда имеем скорость v кругового движения около Солнца на расстоянии r:

$$v_k=\frac{2\pi r}{T}=\frac{1,15\times10^{13}}{\sqrt{r}}. \qquad (12)$$

Обращаясь к эллиптической орбите, имеем (рис. 61) прежде всего

$$b=\sqrt{a^2-c^2}=\sqrt{(a-c)(a+c)}=\sqrt{r(2a-r)}.$$

Из формулы (11) мы знаем, что скорость v_0 движения по эллиптической орбите в точке A

$$v_0=\frac{2\pi ab}{rT}=\frac{2\pi a}{T}\times\frac{b}{r}=\frac{1{,}15\times10^{13}}{\sqrt{a}}\times\frac{b}{r}=$$

$$=\frac{1{,}15\times10^{13}}{\sqrt{a}}\times\frac{\sqrt{r(2a-r)}}{r}=\frac{1{,}15\times10^{13}}{\sqrt{r}}\sqrt{2-\frac{r}{a}}. \qquad (13)$$

Так как скорость $v_к$ движения по круговой орбите (12)

$$v_k=\frac{1{,}15\times10^{13}}{\sqrt{r}},$$

то из сопоставления формул (13) и (12) имеем

$$v_0=v_k\sqrt{2-\frac{r}{a}}. \qquad (14)$$

По этой формуле и вычисляется скорость, какую необходимо сообщить звездолету, чтобы с круговой орбиты он перешел на эллиптическую или удалился в бесконечность. В последнем случае полагаем большую полуось a эллипса равной бесконечности. Имеем:

$$v_\infty=v_k\sqrt{2-\frac{r}{\infty}}=v_k\sqrt{2},$$

т. е. для удаления звездолета с круговой орбиты в бесконечность необходимо, чтобы круговая скорость его увеличилась в $\sqrt{2}$ раз. Так, для удаления с земной орбиты (соответствующая скорость 29,6 км/сек) в бесконечность нужна скорость

$$v_\infty=29{,}6\sqrt{2}=41{,}8,$$

т. е. приращение скорости 41,8 – 29,6 = 12,2 км/сек.

Теперь мы можем вычислить скорость, какая должна быть сообщена звездолету для преодоления притяжения Земли и Солнца и, следовательно, для свободного удаления с Земли в бесконечность. Чтобы преодолеть притяжение, нужна начальная скорость 11,2 км/сек, т. е. работа (живая сила) для каждого килограмма веса звездолета

$$\frac{11\,200^2}{2g}\ \text{кгм.}$$

Чтобы преодолеть солнечное притяжение, нужна работа (v = 12 200 м/сек)

$$\frac{12\,200^2}{2g}\ \text{кгм.}$$

Общая работа для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца равна

$$\frac{11\,200^2+12\,200^2}{2g}.$$

Искомая скорость x получается из уравнения

$$\frac{x^2}{2g}=\frac{11\,200^2+12\,200^2}{2g},$$

откуда

$$x=\sqrt{11\,200^2+12\,200^2}=16\,600 \text{ м/сек.}$$

Вычислим теперь начальные скорости, необходимые для достижения планет Марса и Венеры. Для Марса

$$a=\frac{150\times10^6+228\times10^6}{2}=189\times10^6 \text{ км.}$$

Поэтому из формулы (14) имеем

$$v=29{,}6\sqrt{2-\frac{150}{189}}=32{,}6 \text{ км/сек.,}$$

т. е. нужна добавочная скорость 32,6 – 29,6 = 3 км/сек.

Искомая скорость для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца вычисляется, как сейчас было показано:

$$v_M=\sqrt{11{,}2^2+3^2}=11{,}6 \text{ км/сек.}$$

Таким же образом определяем, что для достижения Венеры нужна начальная скорость, не меньшая

$$v_B=\sqrt{11{,}2^2+2{,}5^2}=11{,}4 \text{ км/сек.}$$

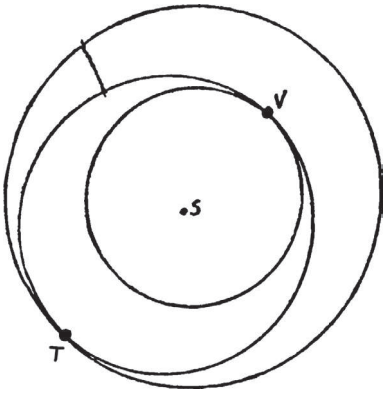


Рис. 62. Маршрут перелета с Земли (T) на Венеру (V)

Продолжительность перелетов

Перелет на Венеру. Продолжительность этого перелета при условии минимальной затраты горючего определится, если будет известен период обращения воображаемой планеты по эллипсу *TV* (рис. 62). Если *S* — Солнце, то $ST = 150 \times 10^6$ км, $SV = 108 \times 10^6$ км; среднее расстояние воображаемой планеты от Солнца равно $\frac{1}{2}(150 + 108) \times 10^6 = 129 \times 10^6$ км. По третьему закону Кеплера,

$$\frac{x^2}{225^2} = \frac{\left(129 \times 10^6\right)^3}{\left(108 \times 10^6\right)^3} = \frac{215}{126} = 1{,}7\,,$$

где x — продолжительность обращения воображаемой планеты, а 225 суток — продолжительность обращения Венеры;

$$x = 225\sqrt{1{,}7} = 293 \text{ дня.}$$

Значит, полет в один конец займет 147 суток.

Перелет на Марс. Время перелета определяется из пропорции:

$$\frac{y^2}{365{,}25^2} = \frac{\left[\frac{1}{2}\left(228 + 150\right)\right]^3}{150^3} = \frac{189^3}{150^3} = \frac{675}{338} = 2\,,$$

откуда

$$y = 519 \text{ суток.}$$

Значит, перелет в один конец продлится 259 суток.

5. Внеземная станция

Для относящихся сюда расчетов воспользуемся рис. 61. Крут радиуса *r* пусть изображает земной шар, а эллипс — тот путь, по которому звездолет из точки *A* земной поверхности (экватора) долетает до круговой орбиты искусственного спутника.

Прежде всего вычислим, каков должен быть радиус круговой орбиты (не изображенной на чертеже) этого спутника, чтобы время его обращения равнялось земным суткам. Применим третий закон Кеплера, зная, что Луна обходит Землю в 27,3 суток на расстоянии 60,3 земных радиусов от центра Земли:

$$\frac{27{,}3^2}{1^2} = \frac{60{,}3^3}{x^3}\,,$$

откуда

$$x = \sqrt[3]{\frac{60,3^3}{27,3^2}} = \frac{60,3}{9,06} = 6,66\,.$$

Итак, внеземная станция должна находиться в расстоянии 6,66 земного радиуса от центра Земли, чтобы период обращения равнялся 24 часам.

Скорость, которую нужно сообщить на Земле звездолету, чтобы он достиг орбиты такого искусственного спутника, есть скорость в точке *A* эллипса рис. 61. Вычислим ее по формуле (14):

$$v_A = v_k\sqrt{2 - \frac{r}{3,83r}} = v_k \times 1,32\,.$$

Здесь $v_к$ — скорость свободного кругового обращения небесного тела около центра Земли на расстоянии одного земного радиуса, т. е. 7,92 км/сек. Следовательно, искомая скорость v_A отлета

$$v_A = 7,92 \times 1,32 = 10,5 \text{ км/сек.}\ ^1$$

С какой скоростью звездолет достигнет орбиты искусственного спутника? Другими словами: какова скорость в точке *B* эллипса, противолежащей точке *A*? Находим ее, пользуясь *вторым* законом Кеплера; так как площади, описываемые радиусами-векторами в одну секунду, равны, то

$$10,5 \times r = x \times 6,66\, r,$$

откуда

$$= \frac{10,5}{6,66} = 1,6 \text{ км/сек.}$$

Сравним ее со скоростью движения внеземной станции по своей круговой орбите; последняя скорость, очевидно, в 6,66 раз больше скорости движения точек земного экватора (0,465 км):

$$0,465 \times 6,66 = 3,1 \text{ км/сек.}$$

Значит, звездолету понадобится еще дополнительная скорость в 3,1 – 1,6 = 1,5 км/сек, чтобы пристать к внеземной станции.

Далее, скорость, с какою звездолет должен покинуть внеземную станцию для достижения, например, орбиты Луны, вычислим по формуле (14), вообразив соответствующий эллипс, охватывающий орбиту станции и касающийся изнутри орбиты Луны:

$$v_L = v_c\sqrt{2 - \frac{6,66}{33,5}} = v_c\sqrt{1,8} = 1,34 \times v_c\,.$$

---

[1] Строго говоря, немного меньше, если воспользоваться суточным движением точек экватора.

Так как скорость станции (v_c) равна 3,1 км/сек, то искомая скорость равна 1,34 × 3,1 = 4,1 км/сек.

Это всего на 300 м меньше той скорости, какая нужна здесь для полного освобождения от земного притяжения ($3{,}1\times\sqrt{2}=4{,}4$ км).

Если принять во внимание, что сама станция-спутник обладает скоростью в том же направлении, то для достижения Луны с внеземной станции понадобится лишь дополнительная скорость в 4,1 – 3,1 = 1 км/сек. Соответствующее отношение $\frac{M_i}{M_k}$ масс заряженной и незаряженной ракет при скорости вытекания газа 4000 м равно

$$\frac{M_i}{M_k}=e^{\frac{1000}{4000}}=e^{0{,}25}=1{,}28\,.$$

Масса горючего должна составлять менее ½ массы ракеты после взрывания. Даже если мы желаем, чтобы звездолет мог *возвратиться* на внеземную станцию, т. е. чтобы он сохранил запас горючего, достаточный для торможения (0,28 окончательной массы), мы должны снабдить его первоначально запасом горючего, составляющим только 0,4 веса всей заряженной ракеты. Отсюда очевидна огромная выгода создания внеземной станции в смысле облегчения остальных задач звездоплавания.

6. Давление внутри пушечного снаряда

Нам придется пользоваться лишь двумя формулами равноускоренного движения, именно:

1) Скорость v в конце t-ой секунды равна at, где a — ускорение:

$$v = at.$$

2) Пространство S, пройденное в течение t секунд, определяется формулой:

$$S=\frac{at^2}{2}.$$

По этим двум формулам легко определить (разумеется, только приблизительно) ускорение снаряда, когда он скользил в канале исполинской жюльверновой пушки.

Нам известна из романа длина пушки — 210 м: это и есть пройденный путь S. Романист указывает и скорость снаряда у выхода из орудия — 16 000 м/сек. Данные эти позволяют нам определить прежде всего величину t — продолжительность движения снаряда в канале орудия (рассматривая это движение как равномерно-ускоренное). В самом деле:

$$v = at = 16\,000,$$

$$210 = S = \frac{at \times t}{2} = \frac{16\,000 \times t}{2} = 8000\,t\,,$$

откуда

$$t = \frac{210}{8000} = \frac{1}{40}\,.$$

Итак, оказывается, что снаряд скользил внутри пушки всего 40-ю долю секунды.

Подставив $t = \frac{1}{40}$ в формулу $v = at$, имеем

$$16\,000 = \frac{a}{40}\,,$$

откуда

$$a = 640\,000 \text{ м/сек}^2.$$

Значит, ускорение снаряда при движении в канале равно 640 000 м/сек за секунду, т. е. в 64 000 раз больше ускорения силы земной тяжести.

Какой же длины должна быть пушка, чтобы ускорение это было всего в 20 раз больше ускорения тяжести (т. е. равнялось 200 м/сек^2)?

Это — задача, обратная той, которую мы только что решили. Данные: a = 200 м/сек^2; v = 11 000 м/сек (при отсутствии сопротивления атмосферы такая скорость достаточна).

Из формулы $v = at$ имеем: 11 000 = 200 t, откуда t = 55 секундам.

Из формулы $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \times t}{2}$ получаем, что длина пушки должна равняться $\frac{11\,000 \times 55}{2} = 302\,500$ м, т. е. круглым счетом около 300 км.

7. Невесомость свободно падающих тел

Положение, что свободно падающее или брошенное вверх тело ничего не весит, представляется многим настолько необычным и неожиданным, что его готовы принять за физический *софизм* (вывод правдоподобный, но ложный). Уместно будет поэтому указать на несколько опытов, могущих подтвердить правильность этого утверждения.

Первый опыт подобного рода, насколько мне известно, выполнен был знаменитым Лейбницем. Он привешивал к чашке весов довольно длинную, наполненную водой трубку; на поверхность воды помещал металлический шарик, пустой внутри и закрытый. Устанавливал равновесие, затем открывал отверстие плавающего шарика, шарик наполнялся водой и падал вниз. Во время движения шарика соответствующая сторона весов становилась легче, чашка с разновесками перетягивала (*Фишер*, «История физики»).

Целый ряд опытов подобного рода был выполнен около 1892–1893 гг. известным физиком проф. Н. А. Любимовым. Из этих остроумных опытов, странным образом преданных забвению[1], укажем следующие:

1. Маятник с твердым стержнем, привешенный к вертикальной доске, отводится в сторону и удерживается в этом положении штифтом. Когда доске с этим маятником дают свободно падать, вынув штифт, удерживающий маятник, то последний остается в отклоненном положении, не обнаруживая стремления раскачиваться[2].

2. К такой же доске прикрепляют стеклянную трубку в наклонном положении: вверху трубки кладут на ее скошенный край тяжелый шарик, удерживаемый штифтом. В момент падения доски штифт удаляют, но шарик остается вверху трубки, не скатываясь внутрь ее.

3. На той же доске укрепляют магнит, а под ним на палочку кладут железную полоску (якорь) в таком расстоянии, чтобы магнит не мог ее поднять. Во время падения доски с магнитом и якорем последний притягивается магнитом.

4. Закон Архимеда утрачивает свое значение при падении системы. Представим себе, что в сосуд с водою погружена пробка (рис. 63). Пружина удерживает ее в воде вопреки давлению жидкости снизу вверх, повинуясь которому пробка всплыла бы наверх. Во время падения сосуда с пробкой этого давления снизу вверх нет (так как давление жидкости обусловлено в данном случае ее весомостью), и пробка опускается вниз (*Н. А. Любимов*, «Из физики системы, имеющей переменное движение).

Отметим еще одно любопытное явление: жидкость из сосуда в падающей системе под давлением больше атмосферного вытекает прямолинейной струей, без параболического изгибания.

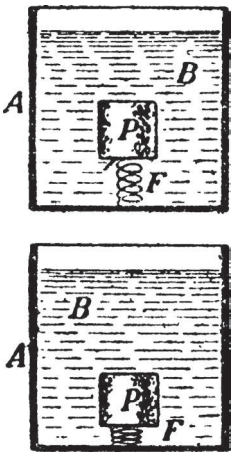


Рис. 63. Отмена закона Архимеда в падающей системе

«Явления того же порядка, — пишет Н. А. Любимов в упомянутой выше брошюре, — могут быть наблюдаемы в известной степени не только при свободном падении системы, но и в системе, катящейся вниз по наклонной плоскости

[1] В русских книгах (не считая очень редкой теперь брошюры самого *Н. А. Любимова* и его журнальных статей) я не нашел упоминания об этих опытах, и только в немецком сочинении *Г. Гана* «Physikalische Freihandversuche» встречается описание некоторых из них. Пользуюсь случаем с благодарностью отметить, что первым указанием на принадлежность описываемых далее опытов проф. Н. А. Любимову я обязан любезности проф. *А. В. Цингера*.

[2] Это явление принимается в соображение при устройстве для лифтов и клетей (в шахтах) безопасных приспособлений, которые должны автоматически начать действовать в случае разрыва подъемного каната. *Я. П.*

или качающейся. Опыты с катящейся по наклонной плоскости или качающейся системой могут быть произведены с тем большим удобством, что наблюдатель сам может поместиться в скатывающейся или качающейся системе (катиться с горы, качаться на качелях) и следить за явлением. Нет особого затруднения устроить и свободно падающую систему с помещенным в ней наблюдателем, озаботившись, чтобы падающая система — например, корзина на перекинутой через блок веревке, — достигала Земли без толчка, с утраченною уже скоростью»[1].

Вопрос этот — несмотря на элементарность — почти не затрагивается ни в учебниках, ни в большинстве общедоступных книг по физике. Укажем поэтому несколько сочинений, в которых он рассматривается с той или иной стороны (начинаем с более общедоступных):

В. Л. Розенберг, «Первые уроки физики», 1914. [2]

Я. И. Перельман, «Занимательная физика».

Его же, «Знаете ли вы физику?».

К. Э. Циолковский, «Грезы о земле и небе», 1935.

Н. А. Любимов, «Из физики системы, имеющей переменное движение», 1893.

Герман Ган, «Физические опыты». Русск. перевод в изд. «Физика любителя», 1911, ч. I, § 48: «Сила тяжести».

А. Поспелов, «Об относительной потере веса тел в падающей системе», 1913.

Его же, «Мир переменной весомости тел».

В. Кирпичев, «Беседы по механике».

Кроме того, с иной точки зрения о том же трактуется во многих книгах, посвященных общему принципу относительности.

8. Через океан на ракете

Приводимая далее статья д-ра мед. *В. Шлера* была помещена в немецком научном журнале «Die Umschau» в ноябре 1928 г. Под видом отчета корреспондента печати о первом рейсе ракетного самолета из Европы в Америку, состоявшемся будто бы в 1928 г., автор рисует картину будущего ракетного перелета через океан. В подлиннике статья озаглавлена «В 26 минут в Америку. Отчет нашего специального корреспондента». — Перевод сделан с несущественными сокращениями.

[1] В 90-х годах XIX века подобное устройство было предложено (но, кажется, не осуществилось) во Франции в качестве развлечения для любителей сильных ощущений; камера с посетителями должна была падать с высокой башни в бассейн с водою; погружаясь в воду, камера замедляет свое движение, останавливается и затем всплывает. *Я. П.*

[2] Соответствующая статья В. Л. Розенберга вошла в составленную мною «Физическую хрестоматию» (1924 г.), вып. I.

«Стратосферный полет представителей печати назначен был на сегодня в 13 часов. Прибыв на Темпельгофский аэродром, мы были встречены членами президиума Союза Звездоплавания, которые познакомили нас с особенностями ракетного полета. Аппарат, предназначенный для стратосферы, по внешности напоминает обыкновенные гражданские самолеты и отличается от них лишь размерами и толщиной несущих плоскостей, внутри которых устроены кабины для пассажиров. Между кабинами помещается ракетный аппарат с выводной трубой, глядящей отверстием назад. На самолете установлена также реактивная группа, обращенная отверстиями вперед: она служит для торможения при спуске. Имеется и пара пропеллеров, которые при старте машины поднимают ее на известную высоту, прежде чем начнет работать спиртокислородная ракета.

Мы получили объяснения по поводу важнейших предметов оборудования стратоплана, — например, аппаратов для добывания и очищения искусственного воздуха, для отопления и т. п., сходных с соответствующим оборудованием подводной лодки. Входная дверь закрывается герметически, а во время полета завинчивается наглухо. Окно кабины тоже плотно примыкает к стене; стекло свинцовое, темно-коричневое. Такое окно пропускает лишь немного дневного света, так что кабина, несмотря на ясный солнечный день, освещалась электрическими лампами. Стены и потолок мягко обиты изнутри кожей, пол покрыт пробковой массой. На потолке, на стенах, у скамей имеются многочисленные ременные петли, держась за которые мы будем передвигаться в состоянии невесомости. Особенно интересны скамьи, устроенные в кабине поперек направления полета; это вогнутые, мягкие диваны, над которыми натягивается сетка. При значительном ускорении и быстром торможении аппарата очень важно, чтобы все предметы были укреплены неподвижно, а багаж был плотно уложен в мягкие, надежно закрывающиеся ящики.

К самым ракетным аппаратам мы не были допущены, зато осмотрели помещение для пилота, которое, впрочем, мало отличалось от устройства, знакомого нам по обыкновенным самолетам, если не считать рычагов для пуска и включения ракетной группы. Заслуживают упоминания укрепленный здесь динамометр для измерения величины ускорения и замедления, затем актинометр для измерения коротковолнового излучения и прикрепленные на наружной стенке особые термометры для измерения низкой температуры стратосферы.

За объяснениями и осмотром наступило 20 минут 13-го часа; мы стали пристегивать наш багаж, разыскали наши ложа, накрылись сетками и надежно закрепили их крючками. Без 30 сек. 13 час. прозвучал сигнальный колокол, спустя 10 сек. — второй, и я с сильным сердцебиением ожидал старта. Ровно в 13 раздалась в громкоговоритель команда:

— Отчаливаем!

Одновременно донеслось жужжание пропеллеров, поднимавших аппарат с Земли. Мы летели так минуты три, когда прозвучал третий сигнальный колокол. Раздалось невероятное шипение, и я внезапно был придавлен с страшной силой к своему ложу. Мне едва не сделалось дурно от этого усиленного движения. Кровь стучала в ушах; казалось, меня поборол какой-то великан. Сила, с которой напирала на мою

грудь сетка, мешала мне свободно дышать, пот выступил на лбу, а связка ключей в кармане чувствительно вдавливалась в бедро. Костюм сразу стал чересчур тесен, рубашка стягивала туловище. Я сделал попытку двигать членами: рука, протянутая к карманным часам, — потому что протекшие секунды казались мне чересчур долгими, — сразу отяжелела; казалось, она весила центнер (100 кг). Потея и кряхтя, я едва мог достать свои часы. Но, непривыкший к усиленной тяжести, я захватил их слишком слабо: с силою вырвались они из моей руки, проскользнули через ячейки сетки, разорвали часовую цепочку и со звоном ударились о противоположную стену. Обескураженный, я отказался от дальнейших попыток к движению и предоставил себя на волю судьбы.

Внезапно начались сильнейшие колики в области живота. Я напряг всю волю, чтобы не поддаваться боли, — как вдруг шипение ракеты умолкло. Сейчас еще меня придавливало к сетке дивана — теперь же я, как теннисный мяч, отлетел к противоположной стороне моего ложа. У меня было ощущение, будто я падаю с высокой горы в расщелину, и когда я вновь овладел своими чувствами, я крепко держался руками за сетку. Аппарат все еще казался падающим, и каждую секунду я со страхом ожидал, что ракета ударится о волны Атлантического океана.

Громкоговоритель передал голос командира:

— Двадцать минут полной невесомости. Пассажиры могут отстегнуть сетки и двигаться свободно. Держитесь постоянно за ремни, чтобы ни обо что не ударяться и не ушибить друг друга.

Я переживал удивительное ощущение никогда еще не испытанной бесплотности, словно падал под водою и утратил сознание того, где верх и где низ. Закружилась голова; казалось, вся кабина тихо вращается вокруг меня. Я почувствовал потребность покинуть свое ложе и стать на ноги. Поспешно отстегнул я свою сетку, чтобы стать на пол — и вдруг заметил, что свободно витаю в пространстве.

Неожиданно, как опытный пловец, подплыл ко мне в воздухе служитель стратоплана и ловко ухватился за один из ремней возле моего ложа. Его появление воскресило в моей памяти физические законы, относящиеся к состоянию невесомости; вместе с тем сразу исчезли все неприятные ощущения, и проснулся живой интерес к совершающимся явлениям. Пока служитель занят был улавливанием обломков моих часов, витавших в пространстве, я подтянулся к окну кабины. Когда мы были на Земле, дневной свет едва пробивался через темное стекло, — здесь же я видел сияющее Солнце, висевшее белым раскаленным шаром на черном небе. Возле самого Солнца блистали бесчисленные звезды, а неподалеку виден был серп молодого месяца. В свободной от пыли стратосфере была отчетливо видна и неосвещенная Солнцем часть лунного диска, залитая отраженным светом Земли. Яркое Солнце ослепляло меня; оно затмевало свет электрических ламп в кабине и рельефно освещало ее внутренность.

Часы показывали 13 ч. 12 мин. Мы находились на высоте 50 км над земной поверхностью. Наружная температура была 54° ниже нуля; давление воздуха — только 1 мм ртутного столба. Хотя электрическое отопление было выключено, в кабине было довольно тепло благодаря тому, что обращенная к Солнцу наружная поверхность

Рис. 64. Перелет в Америку через стратосферу

стратоплана была матово-черная: энергия лучей Солнца поглощалась и проводилась внутрь кабины. Подробности земной поверхности отсюда не различались: под стратопланом сияла лишь освещенная Солнцем туманная оболочка Земли.

Наступило время завтрака, но его, к сожалению, нельзя устроить на стратоплане. Хотя продвижение проглоченной пищи в пищеводе производится перистальтическими движениями, но в условиях невесомости возникает опасность, что пища, особенно жидкая, попадет „не в то горло", т. е. в дыхательное горло, оттуда в легкие и вызовет здесь воспаление. После того как во время пробного полета такое неудачное глотание стоило жизни машинисту, еда и питье в стратоплане были безусловно воспрещены. Запрещение имеет еще и другое основание: хлебные крошки, капли воды, всякого рода пыль в среде без тяжести не оседают вниз, а носятся в воздухе; неосторожность одного пассажира может совершенно засорить воздух для дыхания; пришлось бы надевать особые маски и поспешно фильтровать воздух, чтобы задержать хотя бы часть пыли.

Я осведомился, не представляет ли для нас опасности «проникающее» излучение Кольхерстера[1]. Правда, Кольхерстер сам разъяснил, что это коротковолновое излучение даже в стратосферу проникает уже в столь ничтожном количестве, что вредное действие его на человеческий организм весьма маловероятно. Но все же пассажиры стратоплана не вполне ограждены от коротковолнового излучения Вселенной, так как оно действует на фотографическую пластинку в кассете подобно рентгеновским лучам. По этой причине для окон нашей кабины и взято свинцовое стекло, до некоторой степени задерживающее коротковолновые лучи.

В 13 часов 24 минуты по громкоговорителю раздалась команда „Вернуться к своим койкам и накрыться предохранительными сетками". Началось шипение тормозных ракет. На этот раз мне удалось легко перенести две неприятные минуты усиленной тяжести. Несчастный случай, свидетелем которого мне пришлось быть, сократил для меня этот длительно протекающий промежуток времени. Представитель

[1] Космические лучи, или лучи Гесса (часто называемые также лучами Милликена). *Я. П.*

спортивной прессы, сам страстный спортсмен, недооценил, по-видимому, опасностей усиленной тяжести: он отстегнул сетку, чтобы испытать это состояние на ногах. Искусственная тяжесть в нашем аппарате была в четыре раза сильнее нормальной — напряжение, которое можно переносить лишь лежа. Едва началось шипение ракет, как спортсмен судорожно схватился за ремень. Я хотел его предостеречь — но мой оклик опоздал: усиленная тяжесть вызвала прилив крови к нижней части его тела, лицо с каждой секундой становилось все бледнее, он выпустил ремень, как стрела налетел на соседнюю стенку и остался там неподвижен.

Тормозные ракеты прекратили свою работу, наш аппарат снижался, уменьшая остаток скорости действием особых рулей. Свет, проникающий сквозь окна, снова стал меркнуть и мутнеть, и после короткого планирования мы плавно спустились на Землю. Было 7½ часов утра по американскому времени.

В номере гостиницы я быстро набросал отчет и — новая сенсация! — донесения наши будут в 12 часов дня перекинуты в Германию на оберт-годдардовой почтовой ракете; они прибудут в 6½ часов по среднеевропейскому времени».

9. В ракете на Луну

Рассказ проф. Г. Оберта

Ниже приводится из книги Г. Оберта «Пути к звездоплаванию» отрывок, представляющий собой научно-фантастический рассказ о перелете на Луну. Он дает наглядную картину того, как, по мнению знатока звездоплавания, будет протекать межпланетное путешествие.

«... Ракетой должен был управлять инженер Мюллер, мне же поручено было производство астрономических наблюдений.

В феврале 19** года ракета была готова и названа „Луной“. Чтобы испытать ее органы управления и регистрирующие аппараты, она была пущена без пассажиров на высоту 4200 км. Все ракеты этого типа устроены так, что могут подниматься и без пилота. Произошло это вот почему. Первоначально сооружались только маленькие аппараты, могущие поднимать полезного груза 0,5–1 кг. Так как их приходилось, конечно, пускать без пилота, то понадобилось изобрести приспособления, обеспечивающие сохранение ракетой надлежащего курса, — например, волчок, контролирующий положение руля, и т. п. Приспособления эти удержались впоследствии и на крупных ракетах, так как оказалось целесообразным снять с пилота заботы о многом таком, что он мог бы выполнить и сам; полезно освободить руки для астрономических наблюдений; к тому же машина работает хладнокровнее и точнее, чем человек.

Первый непассажирский подъем прошел удовлетворительно, и в начале марта Мюллер поднялся в ракете на 5000 км, чтобы проверить ее способность управляться пилотом... Он разыскал меня и сообщил, что предполагает в середине июня совершить облет вокруг Луны.

Начались приготовления к путешествию. Чтобы приучить пассажиров к усиленному давлению, их помещали в кабину, которая с помощью металлического рычага 200–400 м длины приводилась в круговое движение.

К середине июня я был уже подготовлен настолько, что мог совершить подъем на „Луне“. В мае я отправился в Индию, так как мы должны были взлететь с Индийского залива. В начале июня мне пришлось впервые увидеть нашу „Луну“. Это было стройное сооружение 35 м в длину и 10 м в поперечнике. Оно состояло из одной спиртовой и двух водородных ракет, рассчитанных так, что в итоге достигалась скорость 15 км/сек. Разумеется, достаточна была начальная скорость всего в 11 км. Но, во-первых, максимальная скорость приобретается ракетой не сразу, а спустя лишь пять минут, причем сопротивление воздуха и земная тяжесть похищают 1 км скорости.

Во-вторых, полезно иметь в запасе некоторое количество горючего, чтобы влиять на полет ракеты, если она отклонится от пути.

12 июня прибыл „Тагор“ с грузом горючего для нашего путешествия. Мы сели на пароход, взяли „Луну“ на буксир и отплыли.

14-го утром „Тагор“ остановился, и мы приступили к наполнению ракеты. Сначала через резервуары ракеты пропускался свежеиспаренный водород, чтобы охладить их стенки. Если бы жидкий водород был сразу налит в резервуары, металлические стенки их, вероятно, лопнули бы, как трескается горячий стакан, в который наливают холодную воду. К половине одиннадцатого наша ракета была покрыта толстым слоем льда и достаточно охлаждена, чтобы можно было ее наполнить. Толстые шланги протянулись от парохода к ракете, — сначала к спиртовой, затем к водородным. „Луна“, до сих пор мелко плававшая на воде, стала задним концом погружаться в воду, выступая передним.

В 11 ч. 5 м. наполнение было закончено. Мюллер и я забрались в каюту ракеты, закрыв за собой герметически дверь. Внутри было не совсем темно: через перископы проникало немного света. Я глянул в один из них и увидел наш „Тагор“, удаляющийся на всех парах. Он спешил уйти из зоны сильного волнения и смерчей, порождаемых вытекающими газами ракеты.

Мюллер стал возиться у стены. Раздалось слабое металлическое гудение, и зажглась маленькая электрическая лампочка.

— Пускаю в ход нашу динамомашину, работающую, конечно, на водородном моторе, — сказал Мюллер. — Так. А теперь пустим в ход рулевые гироскопы. Когда мы отправляемся? — спросил он меня.

— В 11 ч. 30 мин. 46 сек. ракета должна на высоте 1230 км иметь секундную скорость 10 700 м. Возможно это?

Мюллер взглянул на указатель ускорения.

— Конечно, — отвечал он. — Помогите мне немного при аппаратах. Мы должны сняться с места в 11 ч. 25 мин. 30 сек.

Через 5 мин. мы подготовили аппараты и пустили в ход большие насосы спиртовой ракеты. Оставалось только зажечь газ в камере сгорания. Мы извлекли койки, подвесили их в середине каюты и улеглись в них.

Металлические стенки резервуаров при температуре жидкого водорода сделались тверды, как стекло. Едва закипели сжиженные газы, раздался звон словно сотни

колоколов. Волнение моря укачивало нас. В 11 ч. 25 мин. газы под нами закипели сильнее; ракета дрожала. Еще через 24 сек. последовал толчок. Электрический зажигатель был включен, и ракета поднялась из воды.

Спустя несколько секунд кругом захрустело, словно река освобождалась от ледяных оков. Это растрескалась, благодаря особому механизму, ледяная корка, облекавшая ракету, и упала в море. И точно в 11 ч. 25 мин. 30 сек., секунда в секунду, наша ракета начала свой полет.

Усиленной тяжестью меня притиснуло к висячей койке. Невозможно было бы в этот момент стоять на ногах. В перископ заметил я кратероподобное углубление в воде моря, окруженное венцом белой пены: это было место, куда ударял поток газов, вытекавших из нашей ракеты. Спустя 25 сек. мы проносились уже через облачную пелену „барашков", а еще через минуту я увидел на горизонте вершины Гималаев, хотя мы находились от них в тысяче километров. Прошла минута — и заряд спиртовой ракеты был исчерпан; эта часть нашей „Луны" была отброшена, а с нею и первая оболочка, облекавшая ракету.

Теперь вступила в работу нижняя водородная ракета. Она вздрагивала, и нам казалось, что мы находимся на спине исполинского животного, силившегося от нас освободиться. Напоминало вздохи чудовища также пыхтение насосов, нагнетавших горючее в распылитель. Однажды дюзы испустили даже глухое, хриплое рычание, от которого все в каюте затряслось и зазвенело. Но Мюллер сумел все снова привести в порядок.

Через две минуты иссякли запасы горючего и в этой ракете; начала работать верхняя водородная ракета, от которой в большей степени зависел успех предприятия, чем от первых двух. Неисправность первых ракет обусловила бы то, что корабль не полетел бы на Луну и упал бы обратно в море; неисправность же третьей ракеты ставила на карту нашу жизнь. Недаром лучшие инженеры и механики Германии работали над нею почти целый год. Это было своего рода чудо техники. Ракета работала превосходно. У меня уже не было ощущения, что я нахожусь на ускоренно движущемся теле. Я чувствовал себя только отяжелевшим и словно уплотненным.

Спустя две минуты были израсходованы запасы и этой ракеты, а еще через две секунды всякое ощущение весомости исчезло. Я парил свободно в середине каюты.

— Итак, уберем койки и устроимся поудобнее, — сказал Мюллер.

Мы свернули койки, и Мюллер привел в действие приспособление, которое откинуло верхнюю оболочку ракеты. Каюта осветилась множеством окон.

Я был ошеломлен видом, открывшимся передо мной. Я парил в середине ракеты, и малейшего плавательного движения было достаточно, чтобы привести меня в желаемое место. Только теперь заметил я ряд ременных поручней, свисавших со стен. Не держась за них, невозможно было бы оставаться неподвижным.

Солнечный свет обильно лился через окна. Но они казались не светлыми, а черными, и словно излучали холод, между тем как там, куда прямо падали лучи Солнца, скоро становилось почти горячо. Это оттого, что Солнце не освещает пустоты мирового пространства.

Блестящим диском висит оно на совершенно черном небе. Заслонив рукою глаза от Солнца, я стал постепенно различать на небе отдельные звезды. Небо было не

темно-синим, как в наши темные ночи (на юге), а коричневатым, как закопченный фарфор. Казалось, мы витаем в центре необъятной сферы, на одной стороне которой круглилась Земля, занимавшая около третьей части неба. В другой стороне блистало Солнце, окруженное своеобразным сиянием в форме неправильного четырехугольника. Это так называемый „зодиакальный свет“, — явление, которое обусловлено, по-видимому, мельчайшими пылинками, летающими около Солнца. Заслоняя рукой Солнце, я мог различать и лучи солнечной короны, видимой на Земле лишь в моменты полного солнечного затмения.

Недалеко от Солнца виднелся, словно из матового стекла, диск Луны. Она была обращена к нам своей ночной стороной и освещалась Землей. Это был первый случай, когда я видел месяц в фазе новолуния.

Однако мы не оставались без дела. Над каютой, под сложенным парашютом у нас запасено было большое вогнутое зеркало, которое мы и приспособили в качестве объектива телескопа. Маленькая зрительная труба в каюте служила окуляром. Мы обошлись в этом случае без большой трубы и тяжеловесной установки, так как невесомые части нашего телескопа сохраняли надлежащее взаимное положение без особых приспособлений.

Мы достигли увеличения в 100 000 раз при полном отсутствии воздуха, искажающего изображение.

— Недурно было бы вам облачиться в водолазный костюм и совершить со мной прогулку вне ракеты, — сказал Мюллер.

Мы надели наши „водолазные“ костюмы, изготовленные из резины и обтянутые металлическими обручами для защиты от разрыва внутренним давлением. Шлем был сделан наполовину из прозрачной массы, позволявшей глядеть во все стороны. На спине у нас имелся резервуар с сжатым воздухом, рассчитанный на 1–1½ часа дыхания. Выдыхаемый воздух поступал в трубку с едким кали[1], поглощавшим углекислый газ (и делавшим его вновь годным для дыхания). Но мы могли также выпустить его через особый клапан наружу, получая при этом обратный толчок; благодаря этому мы имели возможность передвигаться в пустоте. Чтобы обеспечить себе возвращение в каюту, мы привязались к ней шнурами. В шнуры были вплетены телефонные провода; благодаря этому мы могли переговариваться, несмотря на то, что в пустом пространстве звук не распространяется.

Мюллер стал объяснять мне наружное устройство нашей кабины.

— Кабина, как видите, с одной стороны покрыта черной бумагой. Вам известно, что Солнце не согревает пустого пространства; зато нагреваются все тела, озаряемые солнечными лучами, причем поверхности черные нагреваются сильнее, чем светлые. Однако черные поверхности и больше излучают тепла. Так как нам здесь недостаточно тепло, то мы поворачиваем кабину черной стороной к Солнцу, а светлой к тени. Если нам придется со временем предпринять путешествие в области, более близкие к Солнцу, мы поступим наоборот.

---

[1] *Едкий кали (едкое кали)* — гидроксид калия, неорганическое соединение с химической формулой KOH (*примеч. ред.*).

Таким манером мы можем иметь в кабине всегда ту температуру, какую пожелаем. Окна нашей каюты закрываются зеркальными ставнями, чтобы оградить нас от воспаления глаз, неизбежного, когда подвергаешься непрерывному действию солнечных лучей. Кроме того, это сослужит нам хорошую службу, если мы очутимся в тени крупного небесного тела; мы скинем тогда черную бумагу и заслоним окна блестящими ставнями. Знаком вам принцип термоса?

— Конечно: сосуд с блестящими стенками окружен пустым пространством; через теплопроводность он не может терять теплоты, так как в пустоте нет материи, способной ее проводить. Путем излучения теплота также не может теряться в заметном количестве, так как зеркальная поверхность плохо излучает энергию. В итоге содержимое остается горячим.

— Прекрасно; то же самое происходит и здесь: кабина с блестящими стенками окружена пустым мировым пространством... Взгляните-ка, однако, на часы, мне они не видны. Который час?

— Половина первого. Пора определить наше местоположение.

— Очень хорошо, а я займусь обедом. Итак, забираемся обратно в каюту!

Земля быстро уменьшалась. Теперь она казалась диском с красными краями, окаймленным голубой полоской. Над полюсами витали короной полярные сияния. На густо-черном, усеянном звездами фоне неба резко выделялись синие моря, темно-зеленые тропические страны, желтые пустыни, черные тундры, светло-зеленые степи, белые полярные области. А над ними парили снежно-белые облака.

Но я не мог долго любоваться всем этим. Надо определить наше местоположение, так как теперь самое удобное время исправить путь ракеты. Я взял в руки таблицы, где предвычислено было положение и видимые размеры Земли для каждого момента путешествия, и установил, что наша планета занимает как раз то положение и имеет ту угловую величину, которые были наперед вычислены. Значит, мы летели правильно. Затем я проверил исправность наших регистрирующих аппаратов.

Приступили к обеду. Суп пришлось не поглощать ложками из тарелок, а высасывать через алюминиевую трубку из шарообразных сосудов...

После обеда Мюллер извлек из ящика бутылку и приставил ее горлышком к моим губам.

— Так пить неудобно, Мюллер. Разве вы не захватили рюмок?

— Рюмки-то есть, но как вы их наполните?

— Как-нибудь да налью.

— Испытайте ваш способ на бутылке с водой.

Я наклонил бутылку. Вода не текла. В досаде я тряхнул бутылку — выскочила вода, ударилась в рюмку, вновь отскочила и разбилась на мелкие шарики, которые носились по каюте, натыкаясь на стены, отпрыгивали назад, рассыпаясь на более мелкие капли. Вся каюта, словно роем комаров, наполнилась летающими каплями.

— Вы слишком погорячились. Вот как я устраиваюсь, — сказал Мюллер.

Он смочил кисть левой руки несколькими каплями и, держа мокрые пальцы у горлышка бутылки, потряхивал ею с помощью правой руки, отводя ее в то же время

медленно назад. Мне казалось, что он извлекает из бутылки водяной шар. Когда он убрал руки, перед ним в самом деле витал шар воды.

— Подобие небесного тела, — объявил Мюллер и приблизил к шару эбонитовый гребень, предварительно наэлектризованный о сухие волосы: шар вытянулся в форме эллипсоида и поплыл к гребню.

...Я „лег спать". Это надо понимать так, что я повис на двух поручнях, засунув в них руку и ногу. Ремни, конечно, не врезались в мое тело: ведь я был невесом.

Когда я проснулся в четыре часа, Мюллер уже был снаружи в своем водолазном снаряжении и делал опыты с электрическими лучами. Я забыл упомянуть, что одновременно с нашей ракетой в мировом пространстве летела еще и другая, которая и связалась с нами сигнализацией.

Я приступил к своей работе. Луну рано было еще наблюдать, но я мог хорошо видеть в этот день Марс и Юпитер.

В 9 часов вечера я закрыл ставни и устроился на покой. Слово „вечер" надо понимать условно, так как наше положение относительно Солнца нисколько не изменилось. Мы не составляли теперь части Земли, мы были самостоятельным небесным телом. Вечер наступил не у нас, а в той точке Земли, откуда мы полетели.

К вечеру третьего дня (т. е. вечер был тогда в Индии) ракета приблизилась к Луне до расстояния 50 000 км. Мы различали узкий, озаренный Солнцем серп, который рос и ширился на наших глазах. Я мог установить наконец, что мы находились на 500 км ближе к Луне, чем следовало. Ошибку нетрудно было исправить, сообщив ракете ускорение (по направлению к Земле) в 1,35 м/сек за секунду. Маневр этот отнял всего одну минуту, но оставил во мне впечатление, от которого я не мог освободиться до самого конца путешествия. До сих пор Земля была внизу, а Луна вверху сбоку. И вдруг — Земля оказалась вверху, а Луна внизу сбоку, ракета же при этом ничуть не повернулась, да и я не повернулся: все оставалось как было до сих пор. Почему же у меня возникло такое ощущение? Эго было словно сновидение. Ты не поворачиваешься, мир тоже не поворачивается — и все же ты чувствуешь, что находишься вовсе не в том положении, в каком был до сих пор! (Причина иллюзии — искусственная тяжесть, обусловленная ускорением.) Земля оказалась для меня снова „внизу" лишь тогда, когда наша ракета, возвратившись на Землю, закачалась в водах океана».

10. Стратосфера

Высшим слоям атмосферы уделяется здесь особое место потому, что исследование их явится ближайшим этапом развития ракетной техники. В настоящее время знания наши о физических условиях, господствующих в высоких областях атмосферы, скудны и во многом гадательны. Объясняется это отсутствием в нашем распоряжении подходящих средств для проникновения в крайние высоты атмосферы. Самый высокий подъем на самолете (мировой рекорд) — до высоты 14 575 м — совершен 21 ноября 1935 г.

советским летчиком Коккинаки. Воздушные шары только 9 раз достигали выше 16 км. [1]

Шары-зонды, т. е. маленькие аэростаты без пилота, несущие измерительные приборы-самописцы, удавалось пускать до высоты 36 км. Выше — до 40 км — проникали только снаряды сверхдальнобойной германской пушки 1918 г., — но стрельба эта не ставила себе исследовательских задач. Между тем верхняя граница земной атмосферы лежит гораздо выше. Полярные сияния, разыгрывающиеся на высоте 500 и более километров над земной поверхностью, говорят о том, что даже в этих отдаленных областях имеются еще ощутительные следы воздуха. О физических условиях на подобных высотах приходится заключать, исходя лишь из теоретических соображений, которые опираются на наблюдения над ходом сумерек, над свечением метеоров, над распространением волн звука и радио.

По современным воззрениям, атмосфера расслаивается по высоте на два яруса: нижний, называемый *тропосферой*, и верхний — *стратосферу*.

Такое расчленение присуще не только атмосфере нашей планеты, но также и некоторых других, — например, Венеры, Юпитера, Сатурна. Различаются оба яруса главным образом по признаку распределения температуры. В нижнем ярусе, в тропосфере, температура с высотой падает примерно на ½–1° с поднятием вверх на каждые 100 метров. В стратосфере этого не происходит: начиная от нижней ее границы, лежащей в среднем на высоте 12 км[2], до 36 км температура стратосферы остается неизменной. Замечательно, что стратосфера над экваториальным поясом гораздо холоднее, чем над умеренным и холодным поясами: в то время как у нижней границы стратосферы в экваториальных странах отмечен мороз в 70– 90°, в полярных странах он достигает всего 50–45°. (Теория, предложенная советским аэрологом П. А. Молчановым, исчерпывающе объясняет это озадачивающее явление.)

Есть основания утверждать, что выше непосредственно исследованных высот (т. е. выше 36 км) температура стратосферы *повышается*. На высоте 40 км она близка к нулю Цельсия; на высоте 50 км господствует почти комнатная температура (+17°C), на 60 км она равна температуре человеческого тела (37°C).

Помимо распределения температуры, оба яруса атмосферы отличаются и рядом иных признаков. Тропосфера плотнее стратосферы, заключает почти всю влагу атмосферы и засорена пылью, отсутствующей в стратосфере.

[1] Надо ли напоминать, что из этих 9 подъемов три совершены советскими пилотами? У всех в памяти подъем стратостата «СССР-1» в 1933 г. на высоту 19 км (командир Прокофьев), подъем «ОАХ-1» в том же году на 22 км, поставивший превзойденный лишь в 1933 г. мировой рекорд высоты (командир Федосеенко) и подъем «СССР-1-бис» в 1935 г. на 16,2 км (командир Зилле). Высший подъем совершен американскими стратонавтами в ноябре 1935 г., — до высоты 22 066 м.

[2] На экваторе стратосфера начинается на высоте 17–18 км; граница ее постепенно понижается с приближением к полюсам, где она расположена на высоте 8–9 км.

Август Пикар так описывает свои впечатления от пребывания в стратосфере на высоте 16 км:

«Небо — самое захватывающее из того, что мы видели. Оно совершенно темное, глубоко синее, почти черное. Так и должно быть, потому что небо содержит здесь только десятую долю той массы воздуха, который образует небо, привычное для наших глаз. Вдесятеро меньшее число молекул извлекает из белого солнечного света синюю составную часть и рассеивает ее по всем направлениям. Далее от зенита небо светлеет; к горизонту оно еще светлее... Вокруг нас голубое небо резко ограничено горизонтальной линией — границей тропосферы. Последняя видна вдали совершенно белой, подобно морю облаков. Между нами и поверхностью Земли находится $^{9}/_{10}$ всей атмосферы (по массе). Внизу все кажется серым на сером».

Три особенности стратосферы представляют значительный интерес не только теоретический, но и практический: 1) слой Хивисайда, 2) слой озона, 3) космические лучи.

Слоем Хивисайда называют слой стратосферы, богатый ионизованными частицами (несущими электрический заряд) и свободными электронами. Этот газовый слой непроницаем для радиоволн — обстоятельство, имеющее первостепенное значение в радиопередаче на большие расстояния; можно сказать, что только существование слоя Хивисайда делает дальнюю радиопередачу возможной.

Слой Хивисайда расчленяется на два слоя: «нижний Н-слой» на высоте 100–150 км и «верхний Н-слой» на высоте 200–800 км. Нижний слой состоит из азота и кислорода, верхний — из водорода.

Слой озона. Озон — видоизменение кислорода; молекулы его состоят из трех атомов, между тем как молекулы кислорода составлены из двух атомов. В тропосфере озона очень мало; мнение, будто им богат воздух хвойного леса, основано на недоразумении. В сколько-нибудь значительных количествах скопляется он лишь в стратосфере, на высоте — по новейшим данным — 20 км[1]. Озонный слой имеет исключительно важное значение для обитателей земного шара: он поглощает ту часть ультрафиолетовых лучей, которая вредна для живых организмов; следовательно, слой озона обусловливает возможность существования органического мира на нашей планете.

Космические лучи — это особый род излучения, проникающий в земную атмосферу откуда-то извне, из далеких глубин Вселенной. Источник и условия возникновения этих лучей остается пока загадкой, несмотря на давно (с 1900 г.), ведущиеся исследования. Неясна и физическая природа этих лучей, так сильно привлекающих к себе внимание ученых[2]. «Космическое излучение, — говорит один исследователь, — единственное в своем роде явление

[1] Озоновый слой расположен на высоте от 20 до 40 км (*примеч. ред.*).

[2] Установлено лишь, что часть космического излучения представляет собой поток наэлектризованных частиц (электронов).

в современной физике по малости вызываемых им эффектов, по тонкости методов изучения, по смелости порождаемых им гипотез и по грандиозности выводов».

Космические лучи сильно поглощаются воздушной оболочкой Земли и потому в стратосфере проявляют свое действие значительно сильнее, чем близ земной поверхности — на высоте 16 км, например, в сотни раз.

В заключение привожу список книг на русском языке, посвященных стратосфере.

«Труды Всесоюзной конференции по изучению стратосферы», 1935.
П. А. Молчанов, «Тропосфера и стратосфера», 1934.
Его же, «Полеты в стратосферу», 1935.
Н. А. Рынин, «В стратосферу», 1934.
В. И. Виткевич, «Стратосфера, ее основные свойства и методы исследования», 1935.
Ю. Бартельс, «Физика высоких слоев атмосферы», 1934.
Его же, «Высшие слои атмосферы», 1932.
Д. О. Святский, «Что такое стратосфера» 1935.

Подробная литература предмета приведена: русская — в книге Святского, иностранная — в книгах Бартельса.

11. Межпланетная сигнализация

В связи с вопросом о возможности межпланетных сообщений интересно коснуться и другой естественно связанной с ним темы — межпланетных сношений с помощью оптических или иных сигналов. Ограничимся здесь беглой справкой.

Впервые в серьезной форме вопрос этот был поставлен в двадцатых годах XIX века знаменитым германским математиком *Гауссом*. Немецкий астроном *Груитуйзен*, горячий сторонник обитаемости Луны разумными существами, излагал проект Гаусса так:

«Вот основная идея Гаусса: нужно показать жителям Луны то геометрическое построение, с помощью которого обыкновенно доказывается Пифагорова теорема. Средство — культура земной поверхности где-нибудь на громадной равнине. Чтобы изобразить геометрические фигуры, нужно пользоваться контрастом между темными полосами лесов и золотисто-желтыми площадями хлебных полей. Это удобнее сделать в стране, где жители только временно пользуются обрабатываемой землей и, следовательно, легко подчинятся указаниям. Таким образом, выполнение данной мысли не потребовало бы чрезмерных затрат.

Гаусс говорил об этом с глубокой серьезностью. Он придумал еще один способ завязать сношения с обитателями Луны. Способ состоит в применении „гелиотропа“, — прибора, изобретенного Гауссом и могущего служить не только для измерения

углов с весьма длинными сторонами, но и для передачи сигналов. По мысли Гаусса, нет даже необходимости составлять из зеркал громадную отражающую поверхность; достаточно известного числа хорошо обученных людей с самыми обыкновенными зеркалами. Следует выбрать время, когда обитатели Луны наверное смотрят на Землю, — например, когда наша планета покрывает Венеру. Зеркала отбрасывают свет по направлению к Луне. Чтобы жители Луны узнали о нашем существовании, нужно прерывать этот свет через равные промежутки времени; так можно сообщить им числа, которые имеют большое значение в математике. Конечно, чтобы эти знаки привлекли внимание, нужно выбрать подходящий день, когда яркость света, отраженного гелиотропом, будет особенно велика. Гаусс предпочитал математические знаки, потому что у нас и у обитателей далеких миров могут оказаться общими только основные математические понятия».

Попыток осуществить этот проект не делалось.

В 1890 году много и оживленно обсуждался вопрос о сношении с помощью оптических сигналов с предполагаемыми обитателями Марса. При таком настроении умов некоторые замеченные на Марсе явления были приняты за световые сигналы. «Как раз в то время, когда пылкие умы старались измыслить средства, чтобы установить сношения между планетами, некоторые наблюдатели, вооруженные весьма сильными телескопами, заметили своеобразные световые выступы на границе освещенной и ночной половин Марса. Выступы эти держались слишком долго, чтобы их можно было принять за цепь облаков; казалось, обширные области планеты начали светиться, едва над нами опускалась ночь... Для многих не оставалось сомнения, что здесь мы усматриваем огненные знаки с этого далекого мира. К сожалению, это не подтвердилось: *Кемпбелл* вполне понятным образом объяснил появление этих световых выступов как обширные горные области (залитые солнечным светом)... В 1892 г. и 1894 г. световые места наблюдались опять. Они появлялись всего в определенных местах, именно лишь в тех желтых областях, которые астрономы считают материками. Кемпбелл дает следующее объяснение этому явлению: „Марс находится от нас на расстоянии 63 миллионов километров. Мы могли брать увеличения в 350–520 раз, и планета приближалась к нам на расстояния в 180 000 км и 120 000 км. Расстояние Луны от нас вдвое-втрое больше. Однако мы можем просто глазом видеть на границе дневной и ночной половин светлые выступы, образуемые горными цепями и большими кратерами» (*В. Мейер*, «Мироздание»). Сходное наблюдение и толки повторялись и в декабре 1900 г., когда американский астроном *Дуглас* заметил на Марсе яркое пятно, державшееся в течение часа.

В недавнее время снова заговорили о проектах оптической сигнализации на Марс, опираясь на современные прожекторы, сосредоточивающие огромные количества света.

Мощные прожекторы наших авиационных маяков действительно превосходят то, о чем можно было только мечтать полтора десятка лет тому назад.

Отбрасываемый ими свет яркостью в миллиард свечей виден невооруженным глазом с расстояния 300–400 км. Будь такой маяк на Луне, мы могли бы увидеть его свет в наши телескопы. Естественна мысль воспользоваться подобными орудиями современной осветительной техники, чтобы послать весть о себе на Марс. Как сделать, чтобы марсиане поняли этот сигнал и приписали ему то значение, которое мы хотим вложить, — именно демонстрации разумности земных обитателей? Можно, следуя проекту Гаусса, расположить яркие источники света так, чтобы они образовали определенную геометрическую фигуру, например, чертеж Пифагоровой теоремы. Если марсиане действительно настолько разумны, как мы полагаем (иначе не стоит, пожалуй, с ними и заводить сношений), они догадаются ответить нам чертежом другой теоремы, — например, Гиппократовых луночек.

Трезвый расчет не оставляет, однако, никакой надежды на осуществление этих заманчивых возможностей. Чтобы земной чертеж можно было усмотреть на Марсе в телескопы нашей примерно силы, надо придать его линиям толщину километров в 20, а самый чертеж раскинуть на пространстве целого государства. И — что всего хуже — яркость источников должна исчисляться не миллиардами свечей, а десятками триллионов...

Если так, то нельзя ли воспользоваться в качестве источника света самим Солнцем, отражая его лучи огромными зеркалами, сооруженными где-нибудь в Сахаре или в Бразилии? Однако пришлось бы придать этому зеркалу невероятные размеры: оно должно быть в десятки километров поперечником. Это во-первых. Второе возражение серьезнее. Сторонники этого проекта забывают о том, как расположены по отношению друг к другу обе планеты в период наибольшего сближения. Ведь тогда Земля и Марс находятся по одну сторону от Солнца, на одной прямой линии с ним. В эти моменты Земля как раз обращена к Марсу своей ночной половиной, и мы можем отбросить солнечные лучи куда угодно, только не на Марс...

Изобретение беспроволочного телеграфа направило мысль о межпланетных сношениях на новый путь. Особенно много говорилось об этом в конце 1900 года, когда знаменитый американский электротехник *Тесла* сообщил, что ему удалось заметить загадочные электрические сигналы при производстве опытов на большой высоте. «Тесла наблюдал, — читаем мы в английском научном журнале 1901 г., —на специальном приборе повторные электрические колебания, причина которых заставляла его теряться в догадках. Он пришел к мысли, что они обязаны своим происхождением токам, идущим от планет, и теперь полагает, что было бы вполне возможно посредством усовершенствованного аппарата сноситься с их обитателями». Далее, со слов Теслы, сообщалось, что он приступает к постройке аппарата, который даст возможность послать на Марс количество энергии, достаточное для воздействия и на электрические приемники вроде телеграфов и телефонов. «Я не сомневаюсь, — писал Тесла, — что с помощью надлежащим образом построенного аппарата возможно переслать энергию на другие планеты, например на Марс и Венеру,

даже при наибольшем их удалении от Земли. Мой метод даст практическое разрешение вопроса передачи и получения сообщений с планет». Однако это предположение ни к чему не привело, и вызванная заявлением Теслы оживленная полемика в печати вскоре прекратилась[1].

Оживление интереса к этой проблеме наступило вновь лишь в самое последнее время. В 1920 и 1922 г. неоднократно отмечались случаи приема радиостанциями таких сигналов, для которых, по некоторым соображениям, затруднительно допустить земное происхождение; это обстоятельство, — в связи с тем, что сигналы наблюдались как раз в эпохе наибольшей близости Марса к Земле, — побудило искать станцию отправления загадочных сигналов именно на этой планете.

В 1920 г. в Анды (Южн. Америка) были направлены лучшие радиотехники маркониевой компании с особо чувствительными приемниками, настроенными на длину волны 300 км (почему-то предполагалось, что марсиане работают именно на этой волне). Но никаких сигналов принято не было. «Все приборы, — гласило официальное сообщение, — настроенные на длину волны в 300 000 м, — не обнаружили никаких признаков радиоволн в момент нахождения Марса на ближайшем расстоянии от Земли». Столь же безрезультатна была экспедиция самого Маркони в Средиземное море для уловления предполагаемых сигналов (также в 1920 г.) и попытки принять сигналы Марса на 24-ламповый приемник во время «великого противостояния» 1924 г.

Не было недостатка и в проектах обратного сигнализирования по радио — с Земли на Марс. В том, что марсиане располагают радиоприемником, у авторов проектов не возникало сомнения. Затруднение было лишь в том, чтобы достичь взаимного понимания человечеств обеих планет. Небезызвестный немецкий физик-популяризатор *Ганс Доминик* в своей книге «В волшебном мире техники»[2] предлагает осуществить взаимное понимание следующим образом:

«Мы могли бы, например, — пишет Г. Доминик, — протелеграфировать в пространство величины сторон первых Пифагоровых треугольников, — скажем, числа 3, 4 и 5, потому что $3^2 + 4^2=5^2$. Со стороны мыслящих, математически образованных существ можно было бы ждать только одного ответа на такую телеграмму, а именно чисел 5, 12 и 13, потому что $5^2+12^2=13^2$. Такой ответ сразу установил бы между обеими планетами контакт. Простые Пифагоровы числа могли бы уже послужить поводом договориться насчет особых знаков для понятий плюс, минус, равенство. Следующим шагом было бы установление какой-нибудь общей системы координат. Обладая ею, можно было бы при помощи простых числовых телеграмм обмениваться всевозможными изображениями. Уже спустя несколько недель по установлении такой связи мы могли бы здесь располагать портретами жителей Марса».

---

[1] Эти толки о сигналах с планет нашли себе, между прочим, отклик в романе Уэллса «Первые люди на Луне».

[2] Русский перевод в издании ГИЗ, 1925 г., последняя глава книги.

Оставляя в стороне фантастические возможности, рассмотрим, какие физические и технические трудности стоят на пути к осуществлению радиосвязи с планетами на практике.

Прежде всего надо указать, что хотя на земной поверхности для современного радиотелеграфа более не существует уже непреодолимых расстояний, передаваться вверх электрические волны могут беспрепятственно всего лишь на сотню или на две километров. Дело в том, что на высоте 100–800 км простирается слой разреженной атмосферы, отличающейся от нижележащих слоев значительною электропроводностью. Этот так наз. «слой Хивисайда» непрозрачен для электрических волн большой и средней длины: он частью отражает падающие на него электрические лучи назад, частью поглощает их, не выпуская наружу. Газовый экран, охватывающий земной шар непроницаемой оболочкой, прозрачен до некоторой степени лишь для электрических лучей, которые направлены к точке зенита, — но энергия ослабленных волн, проникающих через зенитное окошечко, чересчур ничтожна, чтобы заставить работать аппараты отдаленных станций. Только волны короче 10 м могут проникать через слой Хивисайда и покидать нашу планету. Но здесь для передачи сигналов на Марс возникает новое препятствие. Допустим, — ради внесения определенности в задачу, — что чувствительность марсовых приемников одного порядка с чувствительностью самых совершенных земных аппаратов; тогда для успешной передачи сигнала на Марс потребовалась бы, согласно вычислениям специалистов, радиотелеграфная станция не менее чем в 20 000 000 киловатт... Вспомним, что сильнейшая радиостанция мира — наш «Коминтерн» — обладает мощностью только в 500 киловатт.

Подобные затруднения, вероятно, возникли бы и для обитателей Марса, если бы они пожелали установить радиосвязь с нами — их электрические волны, уже проникшие через слой атмосферы Марса, должны были бы отразиться от непроницаемой для электрических лучей наружной оболочки нашей атмосферы. Недавно полученные (И. Е. Муромцевым, инженером электрической компании «Вестингхауз») ультракороткие радиоволны длиною 42 см вовсе не отражаются слоем Хивисайда. Они могут свободно покидать земной шар и глубоко проникнуть в мировое пространство. Так как они к тому же не расходятся во все стороны, а могут быть направлены узким пучком, то энергия их не ослабевает с расстоянием. Естественно поэтому, что многие смотрят на них как на удобное средство для установления радиотелеграфной связи с Марсом (хотя инженеры «Вестингхауза» не разделяют этих оптимистических надежд).

Надо заметить, что проблема межпланетной сигнализации при ближайшем рассмотрении оказывается гораздо более трудноразрешимой, чем кажется с первого взгляда. И самое главное затруднение даже не в тех технических препятствиях, о которых здесь говорится. Важнейшее затруднение в том, что всякая сигнализация — будь то оптическая, электрическая или какая-либо иная — предполагает существование адресата, который мог бы принять и понять эту сигнализацию. Пока нет твердой уверенности в существовании

такового, сигнализация почти наверняка обречена на неуспех. И как ни странно это звучит — больше вероятия, что люди когда-нибудь сами прилетят на Марс, нежели что они получат от марсиан ответ на свою межпланетную телеграмму.

12. Книги по ракетному летанию и звездоплаванию[1]

На русском языке

Бобров Н. Н., «Большая жизнь. Циолковский», 1933. Стр. 36.
Иллюстрированная биография Циолковского.

Кондратюк Ю. В., «Завоевание межпланетных пространств», 1929. Стр. 72.

Содержание. Предисловие автора и проф. В. П. Ветчинкина. Данные ракеты. Формула нагруженности. Скорость выделения. Химический материал. Процесс сгорания. Конструкция камеры сжигания и извергающей трубы. Типы траекторий и требуемые ракетные скорости. Максимум ускорения. Действие атмосферы на ракету при отправлении. Поглощение скорости возврата сопротивлением атмосферы. Межпланетная база. Управление ракетой. Общие перспективы. Эксперименты и исследования[2].

Королев С. П., инж., «Ракетный полет в стратосфере», 1934. Стр. 110.

Содержание. Для чего нужны полеты в стратосфере? Пути и методы ее завоевания. Самолет с высотным авиамотором. Самолет с ракетным двигателем. История возникновения ракетных двигателей; их элементы, классификация, характеристика. Аппараты и ракетные двигатели на твердом и на жидком топливе. Воздушные ракетные двигатели и аппараты. — В книге 45 рисунков.

Ноордунг Герман, «Проблема путешествия в мировом пространстве». Сокращенный перевод с немецкого.

Перевод книги германского военного инженера, скрывшегося под псевдонимом *Noordung*[3], довольно подробно передает ее разнообразное содержание: вопросы

---

[1] В предшествовавших изданиях книги этот раздел имел заголовок «Люди и книги» и был перечнем деятелей, выдвинувшихся на поприще ракетного дела. Сейчас, однако, число людей, занятых ракетной проблемой, у нас и за рубежом настолько возросло, что от составления их поименного перечня приходится отказаться. Ограничиваюсь здесь поэтому указанием одной лишь книжной литературы.

[2] Биографические сведения об изобретателе-самоучке Ю. В. Кондратюке помещены в книге проф. *Н. А. Рынина* «Теория космического полета», стр. 341–346.

[*Юрий Васильевич Кондратюк* (наст. Александр Игнатьевич Шаргей) (1897–1942) — один из основоположников космонавтики, в начале XX века рассчитавший оптимальную траекторию полета к Луне («трасса Кондратюка») (*примеч. ред.*).]

[3] *Герман Поточник* (псевд. Герман Нордунг) (1892–1929) — австро-венгерский инженер, по национальности словенец, один из пионеров космонавтики (*примеч. ред.*).

тяготения, теория ракеты, полеты в мировом пространстве, подъем и спуск ракетных аппаратов, обстановка невесомости, температура в мировом пространстве, межпланетная станция, скафандры, практические следствия звездоплавания, его перспективы. — В книге 100 рис.

Перельман Я. И. Кроме настоящего сочинения, мною составлены следующие книги, относящиеся к звездоплаванию:

«Ракетой на Луну», 1930–1934, Стр. 78.

«К звездам на ракете», 1933–34. Стр. 77.

«Циолковский, его жизнь, изобретения и научные труды», 1924.

Другие изданные мною брошюры («Полет на Луну», 1924, «В мировые дали», 1930), ныне распроданные, устарели и более мною не переиздаются.

Родных А. А., «Ракеты и ракетные корабли», 1934. Стр. 63.

Популярный очерк.

Рынин Н. А., проф., «Межпланетные сообщения».

Вып. I, «Мечты, легенды и первые фантазии», 1928. Стр. 108.

Вып. II, «Космические корабли в фантазиях романистов», 1928. Стр. 160.

Вып. III, «Лучистая энергия в фантазиях романистов и в проектах ученых», 1931. Стр. 154.

Вып. IV, «Теория реактивного движения», 1929. Стр. 64.

Вып. V, «Ракеты», 1929. Стр. 216.

Вып. VI, «Суперавиация и суперартиллерия», 1929. Стр. 218.

Вып. VII, «К. Э. Циолковский. Его жизнь, работы и ракеты», 1931. Стр. 112.

Вып. VIII, «Теория космического полета», 1932. Стр. 358.

Вып. IX, «Астронавигация. Летопись и библиография», 1932. Стр. 220.

Большинство выпусков обильно иллюстрировано.

Вып. VIII содержит, между прочим, переводы (сжатые) сочинений выдающихся зарубежных деятелей звездоплавания: Эно-Пельтри, Годдарда, Оберта, Гоманна и др. (о трудах этих авторов — см. далее, в разделе иностранной литературы).

Тихонравов М. К., «Ракетная техника», 1935. Стр. 77.

Содержание. Тяга ракеты. Скорость истечения. Порох как топливо. Жидкое топливо. Металлическое топливо. Окислители. Подача. Баки. Трубопроводы. Подготовка смеси. Камера сгорания. Охлаждение камеры. Сопло. Управление двигателем. Испытание ракет. Корпус ракеты. Взлет и посадка. Конструкции. КПД летящей ракеты. Применение ракет. — В книге 53 рис.

Книга инж. Тихонравова, а также названная выше книга инж. Королева, выдающихся советских специалистов ракетного дела, отличаются, несмотря на малый объем, богатством содержания, современностью и технической доброкачественностью материала[1].

[1] Во время печатания настоящего сочинения появилась превосходная книга Лангемака и Глушко «Ракеты и их применения».

Цандер Ф. А., инж. «Проблема полета при помощи реактивных аппаратов», 1932. Стр. 76.

Теоретическое рассмотрение технических вопросов ракетного летания.

Циолковский К. Э., «Избранные труды». Под ред. инж. Е. В. Латынина, Я. А. Рапопорта и Ф. А. Цандера. С биографич. очерком проф. И. Д. Моисеева. Кн. II «Реактивное движение»[1].

Содержит статьи: Ракета в космическое пространство. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Условия жизни в эфире. Космическая ракета. Ракетные космические поезда. Новый аэроплан. Давление на плоскость при ее движении в воздухе. Реактивный аэроплан. Стратоплан полуреактивный.

В этом томе собраны все наиболее важные научные работы К. Э. Циолковского, относящиеся к ракетам и звездоплаванию.

Из популярных его трудов отдельно изданы:

Циолковский К. Э., «Тяжесть исчезла», 1933. Стр. 118.

Семь общепонятных очерков из области астрономии.

Его же, «Вне Земли». Повесть, 1920. Стр. 115.

Изложение идей автора в беллетристической форме.

Его же, «На Луне. Грезы о земле и небе».

С биографическим очерком К. Э. Циолковского, составленным Я. И. Перельманом, 1935.

Сборник «Реактивное движение», изданный (в 1935 г.) реактивной группой военно-научного комитета ЦС Союза Осоавиахима, содержит, между прочим, след. статьи:

Давыдов В. А., «Пути развития авиации и реактивное движение».

Душкин Л. С., «Основные положения общей теории реактивного движения».

Ветчинкин В. П., проф., «Вертикальное движение ракет».

Меркулов И. А., «Построение траекторий реактивных аппаратов».

Франкль Ф., «Вихревое движение и обтекание тел в плоскопараллельном течении сверхзвуковой скорости».

Ветчинкин В. П., проф., «Несколько задач по динамике реактивного самолета».

Ряд статей по вопросам, относящимся к ракетной проблеме, помещен в изданных Всесоюзной Академией Наук «Трудах Всесоюзной конференции по изучению стратосферы», 1934. Перечислим главнейшие:

Рынин Н. А., «Методы освоения стратосферы».

Мачинский М. В. и *Штерн А. Н.*, «Научные проблемы реактивного движения».

Они же, «Проблема двигателей прямой реакции».

---

[1] Кн. I посвящена металлическому дирижаблю Циолковского и биографическому очерку.

Мачинский М. В., «О горизонтальном полете ракетоплана».

Тихонравов М. К., «Применение ракетных летательных аппаратов для исследования стратосферы».

Королев С. П., «Полет реактивных аппаратов в стратосфере».

Приведенный список книжной литературы по звездоплаванию на русском языке можно пополнить несколькими художественными произведениями, трактующими ракетную проблему.

Беляев А. Р., «Прыжок в ничто», 2-е изд., 1935 г. Предисловие К. Э. Циолковского. Научная редакция Я. И. Перельмана. Послесловие Н. А. Рынина.

Многостороннюю проблему межпланетного полета на ракетном корабле романист разрабатывает в духе идей Циолковского.

Гайль Отто Вилли, «Лунный перелет», 1930. Предисловие к переводу и научная редакция Я. И. Перельмана.

Роман немецкого инженера-журналиста представляет удачную попытку изложить в беллетристической форме звездоплавательные идеи выдающегося германского теоретика проф. Г. Оберта.

Глебов Анатолий, «RAFI. Золото и мозг», 1929.

Социальная мелодрама в 5 действиях и 8 картинах.

Дилин С. А. и *Шифман М. Б.*, «Ракота CCI».

Пьеса для детей на тему о звездоплавании. Неоднократно исполнялась Ленинградским театром марионеток.

На иностранных языках

Отметим лишь главнейшие *научные* труды, не останавливаясь на довольно многочисленных теперь популярных сочинениях.

Goddard Eobert H., «A Metod of Reaching extreme Altitudes», 1919.

«Метод достижения крайних высот» американского физика проф. Роберта Годдарда представляет ценное исследование в области реактивной проблемы. Перевод этого труда (сокращенный) напечатан в книге проф. Н. А. Рынина «Теория космического полета».

Содержание: теория полета ракеты; числовой пример расчета движения ракеты; вычисление минимальной массы ракеты; типы ракет и опыты с ними; опытное определение КПД ракет; спуск ракеты на парашюте; вероятность встречи с метеорами.

Hohmann Walter, «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper», 1925.

Книга инж. Вальтера Гоманна «Досягаемость небесных тел» — обстоятельное исследование по астронавигации. Перевод — в упомянутой выше книге проф. Рынина.

Содержание: отлет с Земли; возвращение на Землю; свободный полет в мировое пространство; облет небесных тел; высадка на небесные тела.

Ley Willy, «Die Möglichkeit der Weltenraumfahrt», 1928.

Сборник «Возможность полета в мировое пространство», выпущенный под ред. Вилли Ляя, вице-президента германского «Общества прогрессивной техники транспорта»[1], состоит из следующих статей:

В. Ляй, «В глубинах мирового пространства».

Его же, «Обитаемые миры».

К. Дебус, «Легенды о межпланетных путешествиях и фантазии об обитаемости планет с эпохи Возрождения до настоящего времени».

Г. Оберт, «Основные вопросы звездоплавания».

Ф. Гефт, «Горючее для звездолетов».

В. Гоманн, «Пути, сроки и возможность спуска при звездоплавании».

Г. Оберт, «Станции в мировом пространстве».

Ф. Гефт, «От аэронавтики к астронавтике».

Г. Пирке, «Несбыточные пути к реализации межпланетных путешествий».

В. Зандер, «Ракета как двигатель».

В книге приложен указатель литературы на различных языках.

Ley Willy, «Grundrisse einer Geschichte der Rakete», 1932. (Краткая история ракеты.)

Obert Hermann, «Wege zur Raumschiffahrt», 1929.

Книга немецкого астронома и метеоролога проф. Г. Оберта «Пути к звездоплаванию», охватывающая почти все теоретические и практические стороны проблемы, удостоена (в третьем издании) премии Французского Астрономического общества. Подробное извлечение из этого труда приведено в книге Н. А. Рынина «Теория космического полета». Главные отделы сочинения: I. Предварительные сведения. II. Физико-технические вопросы. III. Конструктивные вопросы. IV. Возможные применения.

Esnault Pelterie Robert, «L'exploration par fusées de la très haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires», 1928.

Труд выдающегося деятеля французской авиации Роберта Эно-Пельтри (конструктора аэроплана REP) «Исследование высших слоев атмосферы с помощью ракет и возможность межпланетных путешествий» был издан в Париже Французским Астрономическим обществом[2].

Содержание. Движение ракеты в пустоте и в воздухе. Использование ракет для исследования высших слоев атмосферы или для межпланетного путешествия. Необходимые условия для отправления живых существ. Научное значение посещения иных миров. — Предмет рассматривается с теоретической стороны; вопросов практических, конструктивных автор не затрагивает. (Извлечение — см. кн. проф.

[1] Общество это приняло на себя функции распавшегося германского «Союза звездоплавания».

[2] Сообщение некоторых немецких авторов о том, что Пельтри в 1912 г. делал в Петербурге доклад о звездоплавании — ошибочно.

Н. А. Рынина «Теория космического полета».) Эно-Пельтри принадлежит термин «звездоплавание» («астронавтика»), введенный — с одобрения К. Э. Циолковского — в русскую литературу Я. И. Перельманом.

«Die Rakete». Zeitschrift für Raumschiffahrt, 1927–1929.

Журнал «Союза звездоплавания», ежемесячник «Ракета», выходивший в Бреславле в течение трех лет под редакцией инженера-изобретателя Иоганна Винклера, заменен был краткими сообщениями («Mitteilungen», затем «Raketenflug»), а с 1933 г. слился с журналом «Das neue Fahrzeug», являющимся бюллетенем «Общества прогрессивной техники транспорта».

13. События и годы

Краткая летопись звездоплавания

1881. Кибальчич составляет проект ракетной летательной машины.

1903. Циолковский публикует в «Научном обозрении» основы теории ракетного летания («Исследование мировых пространств»).

1911–12. В «Вестнике воздухоплавания» печатается вторая часть «Исследования» Циолковского.

1912. 15 сент. Эно-Пельтри читает во Французском Астрономическом обществе в Париже доклад о возможности межпланетных перелетов.

1914. Появляется дополнительная часть «Исследования» Циолковского.

1915. Выходит в свет первая общедоступная книга по звездоплаванию — «Межпланетные путешествия» Перельмана.

1919. В «Известиях Смитсонианского Института» в Вашингтоне печатается исследование Годдарда о ракетах («Способ достижения крайних высот»).

1923. Книга Оберта «Ракета в межпланетное пространство» (Мюнхен).

1924. Слух о готовящейся отправке Годдардом ракеты на Луну привлекает внимание широких масс к идее звездоплавания.

1925. Книга Гоманна «Достижимость небесных тел» (Мюнхен).

1926. Циолковский выпускает дополненное издание своего «Исследования мировых пространств».

1927. В Бреславле начинает выходить журнал «Ракета».

Учреждается в Германии «Союз звездоплавания».

1928. Книга Эно-Пельтри «Возможность межпланетных путешествий» (Париж).

Коллективный труд Оберта, Гоманна и др. «Возможность межпланетных перелетов» (Лейпциг).

Первый выпуск энциклопедии звездоплавания Рынина «Межпланетные сообщения» (Ленинград).

При Французском Астрономическом обществе учреждается премия за работы по звездоплаванию.

Опыты с ракетными автомобилями в Германии.

Подъем Штамера[1] на ракетоплане (11 июня).

1929. Оберт строит ракету с жидким зарядом.

Опыты Валье с ракетными санями.

Опель совершает полет на безмоторном самолете с ракетой.

Годдард в Америке первый в мире пускает ракету с жидким зарядом (18 июня).

Книга Оберта «Пути к звездоплаванию».

Книга Юр. Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств» (Новосибирск).

1930. Первая жертва звездоплавания: гибель Валье при пуске ракеты с жидким зарядом (17 мая).

Открывается первый в мире ракетодром — Берлинский (27 сентября).

1931. Винклер первый в Европе пускает жидкостную ракету (14 марта).

Первый старт жидкостной ракеты на Берлинском ракетодроме (14 мая).

1932. Всесоюзное чествование Циолковского по поводу 50-летия его деятельности.

1934. Всесоюзная конференция по изучению стратосферы (Ленинград).

Испытание в полете первой советской жидкостной ракеты в Москве.

Выходит в свет собрание трудов Циолковского по реактивному движению.

1935. Первая Всесоюзная конференция по применению ракетных аппаратов для исследования стратосферы.

---

[1] *Фриц Стамер* (1897–1969) — немецкий пилот и авиаконструктор, 11 июня 1928 г. совершивший 80-секундный полет на планере RRG-Ente с ракетным двигателем (*примеч. ред.*).

ОГЛАВЛЕНИЕ

«Занимательная астрономия»

Предисловие 7

Глава первая
Земля, ее форма и движения

Кратчайший путь на Земле и на карте 8
Градус долготы и градус широты 15
Куда полетел Амундсен? 15
Пять родов времени 16
Продолжительность дня 21
Необычайные тени 24
Задача о двух поездах 25
Страны горизонта по карманным часам 27
Белые ночи и черные дни 30
Смена света и тьмы 31
Полярная загадка 32
Об одном заблуждении 32
Когда начинаются времена года 35
Три «если бы» 37
Еще одно «если бы» 41
Когда мы ближе к Солнцу, в полдень или вечером? 47
На один метр дальше 48
С разных точек зрения 49
Неземное время 55
Где начинаются месяцы и годы? 57
Сколько понедельников в феврале? 60

Глава вторая
Луна и ее движения

Молодой или старый месяц? 61
Луна на флагах 62
Загадки лунных фаз 64
Двойная планета 66
Почему Луна не падает на Солнце? 68
Видимая и невидимая стороны Луны 69
Вторая Луна и луна Луны 73
Почему на Луне нет атмосферы? 74
Размеры лунного мира 76
Лунные пейзажи 78
Лунное небо 83
Для чего астрономы наблюдают затмения? 91
Почему затмения повторяются через 18 лет? 98
Возможно ли? 100
Что не всем известно о затмениях 101
Какая на Луне погода? 104

Глава третья
Планеты

Планеты при дневном свете 107
Планетная азбука 108
Чего нельзя изобразить 110
Почему на Меркурии нет атмосферы? 113
Фазы Венеры 114
Великие противостояния 116
О том, чего нет в этой книге 118
Планета или меньшее солнце? 119
Исчезновение колец Сатурна 122
Астрономические анаграммы 123
Планета далее Нептуна 125
Планеты-карлики 127
Наши ближайшие соседи 129
Попутчики Юпитера 130
Чужие небеса 131
Мировая катастрофа 138
«Звезда« (рассказ Г. Д. Уэллса) 139
Планетная система в числах 144

Глава четвертая
Звезды

Почему звезды кажутся звездами? 146
Почему звезды мерцают, а планеты сияют спокойно? 148
Видны ли звезды днем? 149
Что такое звездная величина? 151
Звездная алгебра 152
Глаз и телескоп 155
Звездная величина Солнца и Луны 156
Истинная яркость звезд и Солнца 158
Самая яркая звезда Вселенной 159
Звездная величина планет на земном и чужом небе 160
Почему телескоп не увеличивает звезды? 161
Как измерили поперечники звезд? 164
Гиганты звездного мира 167
Неожиданный расчет 168
Самое тяжелое вещество 169
Почему звезды называются неподвижными? 173
Возможны ли столкновения звезд? 175
Меры звездных расстояний 176
Система ближайших звезд 178
Масштаб Вселенной 180

Глава пятая
Тяготение

Из пушки вверх 182
Вес на большой высоте 185
С циркулем по планетным путям 187
Падение планет на Солнце 194
Наковальня Вулкана 196
Границы Солнечной системы 197
Ошибка в романе Жюля Верна 198
Как взвесили Землю? 198
Из чего состоят недра Земли? 202
Вес Солнца и Луны 202
Вес и плотность планет и звезд 204
Тяжесть на Луне и на планетах 205
Рекордная тяжесть 207

Тяжесть в глубине планет 208
Задача о пароходе 209
Лунные и солнечные приливы 211
Луна и погода 213

«Далекие миры»

I. Далекие солнца и далекие миры 217
II. План и масштаб Солнечной системы 218
III. Венера — мир тропического зноя 222
IV. Меркурий — мир величайших крайностей 227
V. Земля, вознесенная на небо 230
VI. Марс — мир холодных пустынь 231
VII. Миры-карлики между Марсом и Юпитером 238
VIII. Миры-великаны — Юпитер и Сатурн, полузастывшие солнца 242
IX. Уран — «опрокинутый» мир 252
X. Нептун — отдаленнейшая из планет 254

«Ракетой на Луну»

Далеко ли до Луны 260
Какой величины Луна 264
Как Луна устроена 269
Завоевать небо 272
Из пушки на Луну 278
Как и почему летит ракета 284
Для чего служат ракеты 290
Летательная машина революционера Кибальчича 292
Ракетный корабль Циолковского 297
Изобретатели за рубежом 301
От мысли к делу 302
Первые шаги 305
Заглянем в будущее 308
Лунный перелет 308
Прогулка по Луне 319
Возвращение 323

«К звездам на ракете»

1. Два яруса воздушного океана 326
2. Высотные полеты 327
3. Можно ли покинуть Землю? 337
4. Из пушки на Луну 340
5. Как летит ракета 342
6. Какую пользу приносят ракеты 344
7. Проект революционера Кибальчича 349
8. От ракеты к звездолету 353
9. Ракета нового типа 356
10. Дальнейшие планы 359
11. Опасен ли полет к звездам? 362
12. Небесный перелет 367
13. Один час в лунном мире 378
14. Мир планет 381
15. На Марс и Венеру 390
16. Основоположник звездоплавания 392

Прибавление

17. Небесная сигнализиция 399
Что читать дальше 404

«Межпланетные путешествия»

Предисловие автора 406
Предисловие К. Э. Циолковского к шестому изданию 407

1. Величайшая греза человечества 408
2. Всемирное тяготение и земная тяжесть 409
3. Можно ли укрыться от силы тяжести? 416
4. Можно ли ослабить земную тяжесть? 422
5. Вопреки тяжести — на волнах света 423
6. Из пушки на Луну. Теория 428
7. Из пушки на Луну. Практика 439
8. К звездам на ракете 444
9. Устройство пороховой ракеты 452
10. История пороховой ракеты 455
11. Летательная машина Кибальчича 463

12. Источник энергии ракеты 468
13. Механика полета ракеты 473
14. Звездная навигация. Скорости, пути, сроки 479
15. Проекты К. Э. Циолковского 488
16. Искусственная Луна. Внеземная станция 496
17. Опыты с новыми ракетами 499
18. Два несбыточных проекта 512
19. Жизнь на корабле Вселенной 515
20. Опасности звездоплавания 521
21. Заключение 535

Приложения

1. Сила тяготения 536
2. Падение в мировом пространстве 537
3. Динамика ракеты 541
4. Начальная скорость и продолжительность перелетов 549
5. Внеземная станция 557
6. Давление внутри пушечного снаряда 559
7. Невесомость свободно падающих тел 560
8. Через океан на ракете 562
9. В ракете на Луну (рассказ проф. Г. Оберта) 566
10. Стратосфера 571
11. Межпланетная сигнализация 574
12. Книги по ракетному летанию и звездоплаванию 579
13. События и годы. Краткая летопись звездоплавания 584

Яков Исидорович Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ

БИБЛИОТЕКА МИРОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Том 236

На основании п. 2.3 статьи 1 Федерального закона № 436-ФЗ от 29.12.2010 не требуется знак информационной продукции, так как данное издание классического произведения имеет значительную историческую, художественную и культурную ценность для общества

Верстка, обработка иллюстраций,
дополнительные комментарии
В. Шабловского

Дизайн обложки, подготовка к печати
А. Яскевича

Гарнитура Гарамонд Премьер Про
11 кегль

Сдано в печать 21.12.2023
Объем 37 печ. листов
Тираж 3000 экз.
Заказ № 26980

Бумага
Сыктывкарская пухлая книжная кремовая офсетная 60 г/м^2

ООО «СЗКЭО»
Телефон в Санкт-Петербурге: +7 (812) 365-40-44
E-mail: knigi@szko.ru
Интернет-магазин: www.сзкэо.рф

Отпечатано в типографии ООО «ЛД-ПРИНТ»,
196643, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Сапёрный,
ш. Петрозаводское, д. 61, строение 6,
тел. (812) 462-83-83, e-mail: office@ldprint.ru.

Яков Исидорович Перельман (1882–1942) не был ни физиком, ни математиком, ни астрономом, — он окончил Лесной институт в Санкт-Петербурге (ныне СПбГЛТУ). Не был он ни литератором, ни педагогом, — но состоял в переписке с крупнейшими учеными и писателями всего мира, работал над составлением новых учебников и задачников по математике и физике, прочитал более двух тысяч популярных лекций, написал около сотни научно-популярных книг и бесчисленное множество журнальных статей. Он не сделал никаких научных открытий или изобретений, — но участвовал в разработке проекта первой советской противоградовой ракеты, стал инициатором введения в нашей стране декретного времени, одним из основоположников жанра научно-популярной литературы и автором термина «научная фантастика». Он не имел каких-либо ученых степеней и званий, — но благодарные читатели в своих письмах неизменно обращались к нему «Дорогой профессор!».

Все потому, что в своих сочинениях Яков Исидорович излагал сложные научные проблемы в собственном неповторимом стиле, с поразительными ясностью и наглядностью; в самых, казалось бы, сухих и скучных темах он умел обнаружить яркие, увлекательные черты, и они становились предельно понятными даже неподготовленному читателю. Не удивительно, что книги «народного профессора Советского Союза» выдержали десятки переизданий, были переведены на многие языки, от английского до хинди, а общий тираж их составил на данный момент десятки миллионов экземпляров.

В настоящий сборник вошли пять книг Перельмана — «Занимательная астрономия» (1938), «Далекие миры» (1919), «Ракетой на Луну» (1935), «К звездам на ракете» (1934) и «Межпланетные путешествия» (1935). Тексты в современной орфографии и (в некоторых случаях) с уточненными цифровыми данными приведены по соответствующим изданиям. При редактировании мы лишь заменили некоторые устаревшие цифры, сделали отдельные дополнения и примечания, но по возможности сохранили дух того времени, когда писались эти тексты, — когда новые открытия еще не были должным образом интерпретированы, самолет чаще называли аэропланом, а английский фантаст Герберт Уэллс радовал читателей своими новыми сочинениями. Благо научное содержание статей Якова Исидоровича подобрано таким образом, что не способно устареть никогда.

298 рисунков в этих книгах выполнили (в тесном контакте с самим Перельманом) штатный художник ленинградского издательства «Время» Юрий (Георгий) Дмитриевич Скалдин (1891–1951), художник Этнографического музея Георгий Борисович Ибах (1910–1938) и др.