

230111.9231.

Дар  
СУВОРОВА С.Г.  
Заместителя  
главного редактора журнала  
«Успехи физики»

Судьба

КАНТ—ЛАПЛАС—ФАЙ—ДАРВИН—ПУАНКАРЕ

КЛАССИЧЕСКИЕ  
КОСМОГЕНИЧЕСКИЕ  
ГИПОТЕЗЫ

СБОРНИК ОРИГИНАЛЬНЫХ РАБОТ

Перевод С. Н. Блажко, Ю. И. Костицыной, А. А. Михайлова

Под общей редакцией и с вступительной статьей

В. А. КОСТИЦЫНА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1923 ПЕТРОГРАД

# КЛАССИЧЕСКИЕ КОСМОГОНИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ И СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ.

В. А. Костицын.

1. Существенной чертой, отличающей современную астрономию от астрономии XIX века, является огромное развитие звездной астрономии. Что солнечная система является лишь ничтожнейшим уголком вселенной, мы знаем давно, но что этот уголок несколько не является показательным, это мы узнаем только теперь. Астрономия прошлого периода занималась ближайшим ознакомлением с солнечной системой и экстраполяцией результатов на весь звездный мир. Это имело большой смысл и позволило значительно расширить пределы нашего знания. Многие выводы, делавшиеся по экстраполяции, были вполне подтверждены последующими открытиями. Однако накопившийся материал требует от нас прекращения дальнейших экстраполяций и изучения различных объектов звездного мира без искания аналогий с солнечной системой, без предвзятого желания во что бы то ни стало найти эти аналогии. Такое положение вещей настолько чувствовалось всеми, что крупнейший из астрономов-теоретиков прошлого периода науки А н р и П у а н к а р е, заканчивая в 1911 году свой курс в Сорбонне, посвященный космогоническим гипотезам, заявил: «Я нахожу, что весь материал, даваемый солнечной системой, нами исчерпан при построении космогонических гипотез до конца, и новых успехов мы можем ожидать только от звездной астрономии».

Слова П у а н к а р е совершенно правильно указывают основную разницу между старыми, классическими и современными космогоническими гипотезами. К а н т, Л а п л а с, Ф а й, Д а р в и н касаются вопросов звездной астрономии, но делают это мимоходом; для них главная задача—объяснить те или иные детали солнечной системы. Объекты из внешнего, по отношению к солнечной системе, мира привлекаются лишь постольку, поскольку ими можно подтвердить то или иное положение солнечной космогонии. Так, исследование Д а р в и н а относительно происхождения двойных звезд является лишь иллюстрацией к гипотезе Д а р в и н а о происхождении земного спутника. К а н т говорит о происхождении вселенной, но как философ, а не как естествоиспытатель; последним он становится только, когда переходит к главному занимающему его вопросу—вопросу о происхождении солнечной системы. Наоборот, решительно все современные космогонические гипотезы пытаются охватить мир в целом.

Другое существенное отличие старых космогонических гипотез от современных состоит в том, что они являются по существу м е х а н и ч е с к и м и, тогда как современные посят ярко-выраженный ф и

з и ч е с к и й или даже ф и з и к о - х и м и ч е с к и й характер. Единственная космическая сила, с которой мы встречаемся в классических космогонических гипотезах, это — сила тяготения. Из всевозможных физических и физико-химических процессов принимаются во внимание только тепловые процессы, и то чрезвычайно несовершенным образом.

2. Невозможность распространения на всю вселенную выводов, вытекающих из изучения солнечной системы, станет особенно ясной, если мы сделаем краткий обзор тех предметов, с которыми мы чаще всего встречаемся на небесном своде.

Кажется, Г е р ш е л ь первый сделал замечание, что астроном, изучающий звездное небо, находится в таком же положении, как ботаник, имеющий перед собою бутоны, цветы и плоды одного и того же растения. Ему нет надобности в течение миллиардов лет проследивать эволюцию небесных тел: перед его глазами находятся образчики всех возрастов небесных тел. Нельзя отрицать, конечно, что образчики всех возрастов мы имеем перед собою, но всех возрастов не одного и того же вида, а нескольких видов, вернее, и видов и целых совокупностей видов. Весь этот материал настолько сложен, что до сих пор наука не выяснила вопроса о взаимоотношениях различных видов небесных тел. Иногда там, где нескольким поколениям астрономов казалось, что последовательность эволюции твердо установлена, вдруг оказывается, что в одну и ту же возрастную категорию попали бутоны и плоды—сюрприз, который для ботаника был бы весьма неприятен, а астронома заставляет быть особенно осторожным в выводах. Я имею в виду изменения, внесенные Р э с с е л е м (H. N. Russell) в классификацию звезд, и, мне кажется, с этого и следует начать наш обзор.

С е к к и первый дал распределение звезд по спектральным типам, которое приблизительно совпадало с распределением звезд по цветам: белые звезды, желтые звезды, красные звезды. В первоначальную схему С е к к и впоследствии было внесено много изменений, но в общем ее существенные черты оставались в прежнем виде. Параллельно с этим укрепилась мысль, что мы имеем перед собою не три разнородных типа звезд, а звезды, различающиеся между собою возрастом, при чем белый цвет считался признаком молодости звезды, желтый—признаком зрелого состояния, а красный—признаком старости звезды. Точно так же шло и распределение звезд по температуре: белые звезды—горячие, желтые—более холодные, а самые холодные—красные звезды. Но что же находилось в начале эволюции? Туманность, и притом туманность горячая. И здесь, конечно, вспоминалась горячая газовая туманность Л а п л а с а, родоначальница солнечной системы. туманность, которую он уподобляет планетарным туманностям. Окончательно получалась следующая схема эволюции небесных тел:

Планетарная туманность

Горячая газовая туманность с сильным уплотнением к центру

Белая звезда

Желтая звезда

Красная звезда

Темная потухшая звезда.

В таком положении дело оставалось до Н о р м а н а Л о к и е р а, который тоже считал исходным пунктом туманность, но самое строение туманности представлял себе иначе и потому получил другой порядок эволюции. Л о к и е р считал туманность-родоначальницу не горячей газовой туманностью, а роем метеоритов, роем космической пыли. Благодаря столкновениям частиц имеет место конденсация и выделение теплоты, так что темный и холодный рой метеоритов постепенно превращается в горячую газовую звезду. Эта последняя, сокращаясь, разогревается до максимума и затем начинает охлаждаться. Таким образом, через каждую температуру звезда проходит дважды—один раз в первой восходящей части своей жизни и другой раз—во второй нисходящей части. Соответственные перемены претерпевает и спектр и окраска звезды. Теория Л о к и е р а не имела успеха потому, что данная им классификация спектров была основана на своеобразных химических взглядах автора и многим представлялась слишком искусственной. Теория Л о к и е р а в недавнее время в сильно переработанном виде была выдвинута Р э с с е л е м, и на этот раз подтверждающие ее доказательства были даны достаточно сильные. Р э с с е л ь, опираясь на предшествующие работы Г е р ц ш п р у н г а, показал, что звезды некоторых спектральных типов распадаются на два класса: звезды большого объема и малой плотности и звезды малого объема и большой плотности. Всего резче это имеет место для красных звезд, менее резко, но достаточно определено, для желтых звезд. Единственное возможное объяснение этого явления состоит в допущении, что через каждую температуру и, следовательно, через каждый спектральный тип звезда проходит дважды: первый раз в состоянии звезды-гиганта, разреженного газового шара, занимающего огромный объем, и второй раз в состоянии плотной и занимающей малый объем звезды-карлика. Только наиболее массивные звезды достигают состояния гелийных звезд (по Гарвардской классификации, спектральный тип *B*); для огромного большинства их максимальным достижением является состояние водородных звезд (спектральный тип *A*). Начальной стадией развития звезды, вероятно, является холодная несветящаяся туманность. Таким образом, по Р э с с е л ю, эволюцию звезды можно представить себе происходящей в следующем порядке, при чем спектральные типы даются по Гарвардской классификации.

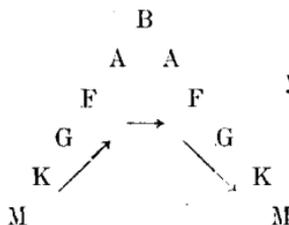
Типические  
гигантские  
звезды.

Наибольшая температура.

Типические  
карликовые  
звезды.

Беллатрикс  
α Лебеда.  
Каноус.  
Капелла.  
Арктур.  
Бетельгейзе.

Гиганты с  
постоянной  
яркостью.



Карлики с  
убывающей  
яркостью.

Сириус.  
Прокцион.  
Солнце.  
70 Змееносца.  
Krüger 60.

Наименьшая плотность.

Наибольшая плотность.

Таким образом, на одном конце звездной эволюции мы находим холодные несветящиеся туманности, на другом—потухшие тела, середину занимают гелийные и водородные звезды. В каком же отношении к этой истории звезд стоят светящиеся туманности и прежде всего планетарные туманности, в которых Л а п л а с видел альфу звездной эволюции? Первое возражение против взгляда Л а п л а с а было выдвинуто, когда были измерены радиальные скорости кольцевых и планетарных туманностей. Оказалось, что средняя радиальная скорость кольцевых и планетарных туманностей равна 31 km, тогда как средняя радиальная скорость звезд в восходящей ветви равна 7—8 km. К этому возражению присоединилось другое: естественно, мы не могли наблюдать превращения планетарной туманности в звезду, но зато мы наблюдали превращение звезды в планетарную туманность (Nova Persei). Истинного отношения планетарных и кольцевых туманностей к звездной эволюции мы не знаем до сих пор, как не знаем того же по отношению к другим газовым туманностям.

На-ряду с простыми звездами и туманностями мы имеем всевозможные группировки звезд в физически связанные системы, начиная с двойных звезд и кончая огромными звездными скоплениями.

Звездная статистика показывает, что приблизительно одна треть звезд на небе принадлежит к двойным звездам, при чем можно ожидать, что изучение более полного материала повысит это отношение до половины. Среднее отношение между массами равно 0,69, тогда как в нашей солнечной системе это отношение (Юпитер: Солнце) равно 0,00095. Мы видим, следовательно, что система типа солнечной правилом отнюдь не является, и что всякая космогоническая гипотеза необходимо должна с этим считаться.

Для объяснения происхождения двойных звезд было выдвинуто три гипотезы: гипотеза пленения С и (Т. J. J. S e e), гипотеза происхождения из разных ядер одной и той же туманности Ф а я и гипотеза разрыва с последующим приливным действием Д а р в и н а.

Гипотеза пленения состоит в предположении, что двойные звезды возникли вследствие очень тесных сближений простых звезд, когда притяжения одной из них оказывалось достаточным, чтобы пролетающую мимо другую звезду захватить и превратить в спутника. Возможности подобных захватов отрицать нельзя в отдельных случаях, но объяснять этим путем возникновение решительно всех двойных звезд, значит делать насилие над теорией вероятностей и здравым смыслом. Теория диссоциированных газов дает полную возможность проверить все утверждения С и, и эта проверка показывает, что для того, чтобы половина частиц образовала парные молекулы, необходима гораздо бóльшая плотность распределения звезд, чем та, которую мы имеем во вселенной. Только в центральных частях шарообразных звездных куч условия являются благоприятными для частых столкновений и полустолкновений звезд, но и там пленения все же должны быть сравнительно редким явлением.

Гипотеза происхождения кратных звезд и звездных групп типа Плеяд из разных ядер одной и той же туманности представляется на-

столько естественной и так хорошо согласуется с известными нам фактами связи звезд с туманностями, что вполне понятно желание и двойные звезды объяснять тем же путем. Если бы действительно таково было происхождение двойных звезд, процентное содержание двойных звезд в каждом спектральном типе должно было бы быть одинаковым. Если же мы допустим, что все двойные звезды или хотя бы значительная часть их возникла путем разрыва простых звезд, то мы должны ожидать преобладания двойных звезд среди более поздних спектральных типов. С другой стороны, если двойные звезды возникали из различных ядер одной и той же туманности, влияние приливного действия на их последующее развитие не может быть велико. Наоборот, оно должно быть огромно, если двойные звезды возникали путем разделения простых звезд. Ниже мы увидим, насколько данные наблюдений подтверждают именно эту последнюю гипотезу.

Звездные кучи можно разделить на две группы: открытые звездные кучи и шарообразные звездные кучи. Первые являются несомненно составными частями Млечного Пути; что касается до вторых, то их распределение на небесном своде носит совершенно своеобразный характер и, повидимому, не имеет никакого отношения к Млечному Пути. Их радиальные скорости в среднем порядка нескольких сот километров в секунду, их диаметры порядка сотни парсеков, их расстояния в среднем порядка десяти тысяч парсеков. Расстояния и скорости такого же порядка получены и для спиральных туманностей. Таким образом, нужно окончательно отказаться от взгляда на шарообразные звездные кучи и на значительную часть спиральных туманностей как на рой метеоритов или небесных тел размера астероидов. Мы имеем дело с настоящими островными вселенными, состоящими из таких же звезд, из каких построена и наша вселенная.

В звездных кучах обнаружено значительное число переменных типа Цефеид. Эти переменные звезды замечательны малостью и правильностью периода и тем, что изменения яркости сопровождаются изменениями спектра и изменениями радиальной скорости. Эти изменения нельзя объяснять периодическими затмениями звезды спутником, как в системах типа Альголя, нельзя объяснять существованием пятен на поверхности звезды, ибо все Цефеиды без исключения являются газовыми звездами-гигантами, крайне разреженными и горячими. В последнее время выдвинута теория вибраций, согласно которой вся масса звезды подвержена периодическим сжатиям и расширениям, которые сопровождаются, естественно, изменениями температуры, а следовательно, и спектра и блеска звезды. Обилие Цефеид в звездных кучах можно объяснить тем, что при больших центральных плотностях распределения звезд в шарообразных звездных кучах крайне повышаются шансы столкновений и полустолкновений, естественным следствием которых может быть возбуждение в массе звезды огромных приливных волн и вибраций. Наряду с этими вибрациями должны иметь место и вибрации, вызванные неправильностями формы и строения куска туманности, из которого возникла звезда, но эти последние вибрации, как мне кажется, должны иметь периоды гораздо больших размеров, чем у Цефеид. Как затухающую вибрацию

этого порядка можно рассматривать и периодичность солнечной деятельности.

Спиральная форма огромного количества туманностей представляется в высшей степени загадочной, и до сих пор удовлетворительного объяснения ей не дано. Ниже мы еще вернемся к этому вопросу.

3. Мы видим даже из этого беглого обзора, как велико разнообразие форм небесных тел и как трудно все эти формы привести в систему. Наш солнечный мир является среди этого разнообразия лишь частным случаем из частных случаев. Поэтому ко всякой попытке экстраполяции на всю вселенную выводов, полученных из изучения солнечной системы, нужно относиться с очень большой осторожностью. Эта опасность еще усиливается той склонностью видеть факты сквозь призму теории, склонностью, которою страдают все авторы космогонических теорий и против которой предостерегал Л а п л а с <sup>1)</sup>: «Нетерпеливо стремясь познать причину явлений, одаренный живым воображением ученый видит ее часто прежде, чем наблюдения дадут ему для этого основания. Без сомнения, было бы надежнее от явлений заключать к причинам; но история наук показывает, что не всегда изобретатели шли этим медленным и тяжелым путем. Скольких подводных камней должен остерегаться тот, кто руководится своим воображением! Предубежденный в пользу созданного им объяснения, он не отбрасывает его, когда факты ему противоречат, а изменяет факты, чтобы подогнать их к своим гипотезам; если можно так выразиться, он уродует работу природы, чтобы заставить ее походить на работу своего воображения, не думая о том, что время разгоняет ложные призраки и закрепляет только результаты наблюдения и вычисления. Философом, истинно полезным для развития наук, является тот, кто, соединяя с глубоким воображением большую строгость в умозаключениях и опытах, одновременно терзается желанием добраться до причин явлений и боязнию ошибиться в выборе этих причин». К сожалению, почти никто из авторов космогонических гипотез этой опасности не избежал.

4. Первым автором, поставившим космогоническую проблему во всей широте, был знаменитый германский философ Э м м а н у и л К а н т. Его сочинение «Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels», вышедшее в 1755 году, было настоящим бунтом против религии, перед которой еще покорно преклонял голову Н ь ю т о н. Правда, это бунт на коленях. К а н т почтительнейше извиняется даже за самый выбор темы, но вместе с тем он твердо отстаивает права человеческого разума и произносит гордые слова: «Д а й т е м н е м а т е р и ю, я п о с т р о ю в а м и з н е е м и р».

Материю, из которой строится мир, К а н т предполагает существующей в состоянии хаоса. Частицы вещества беспорядочно рассеяны по всему пространству и первоначально находятся в покое. Таков исходный момент вселенной К а н т а. К а н т не задается вопросом о происхождении этого хаоса, вернее приписывает его созданию божеству,

<sup>1)</sup> Laplace. Exposition du Système du monde, Livre V, Chap. IV, p. 144 (Oeuvres Complètes, t. VI).

но этим роль божества и ограничивается. Начиная с этого момента проявляется действие естественных сил. Это действие К а н т представляет себе довольно смутно. Он страшится допустить существование неоднородности строения хаоса, ибо оно противоречило бы совершенству божества, и предпочитает говорить о борьбе притягивающих сил с отталкивающими, в результате которой получается движение частиц. Движение частиц, обладающих разной плотностью, приводит к распадению хаоса на отдельные комки. В каждом из подобных кусков хаоса имеется определенный центр, который будет стягивать окружающую материю. По мнению К а н т а, стремление частиц к центру порождает вращение куска хаоса вокруг некоторой оси, и в этом заключается основная ошибка К а н т а. Из всех рассуждений его отнюдь не вытекает каких-либо преимуществ одного направления вращения перед другим. По остроумному замечанию Ф а я <sup>1)</sup>, А р и с т о т е л ь предпочитал вращение справа налево как более благородное, а К а н т его выбрал, сам не зная почему. Но Ф а й неправ, когда говорит, что К а н т, сам этого не замечая, воспроизвел в своеобразной форме гипотезу вихрей. Мы увидим далее, что хаос в представлении Ф а я значительно отличается от хаоса К а н т а. Сделаем здесь уступку К а н т у и допустим, что действительно начинают преобладать частицы с движением справа налево над частицами с движением слева направо. К а н т старается учесть влияние сопротивления среды на движение частиц и после довольно неясных рассуждений приходит к выводу, что частицы с движениями по направлениям и скоростям, близкими к круговым, в конце концов, начинают двигаться по круговым или почти круговым орбитам в плоскости экватора, а остальные рано или поздно попадают в центральное сгущение. Таким образом, первоначальный хаос «действием тяготения и сопротивления среды» преобразуется в систему, состоящую из вращающегося центрального тела и многочисленных частиц, находящихся в плоскости экватора тела или близко к ней и обращающихся в том же направлении согласно законам К е п л е р а. Таков кантианский образ солнечной туманности перед образованием планет.

Теперь уже К а н т не страшится допустить существование неоднородностей в этом экваториальном поясе. Местные уплотнения становятся центрами, к которым постепенно собирается окружающее вещество и из которых образуются планеты. Планеты в свою очередь начинают вращаться вокруг некоторой оси, и, говоря словами К а н т а, «все, что происходило около Солнца, повторяется в малом около каждой планеты». Для объяснения направления вращения планет К а н т дает механически малосостоятельные рассуждения, которых мы здесь приводить не будем, так как этого вопроса придется коснуться при обсуждении гипотез Л а п л а с а, Ф а я и Д а р в и н а. Относительно природы колец Сатурна К а н т высказывает вполне правильную и подтвержденную впоследствии наблюдениями мысль, что кольца Сатурна состоят из частиц, каждая из которых обращается вокруг Сатурна согласно законам К е п л е р а; он ожидает существования в кольцах

<sup>1)</sup> F a y e. Sur l'origine du monde, 4-me éd., p. 133.

одной или нескольких линий разрыва, разделяющих их на концентрические кольца, изолированные одно от другого, что опять-таки подтверждается наблюдениями. Высказав несколько соображений относительно влияния приливного трения, К а н т переходит к вопросу о строении и судьбах звездной вселенной, и здесь развертывает в полном блеске свою богатую интуицию и свое поэтическое чутье. «Если мы чрез всю бесконечность пространства и времени проследим этот феникс природы, который лишь затем сжигает себя, чтобы вновь молодым возродиться из своего пепла, если обратим наше внимание на то, как природа даже там, где она распадается и стареет, неисчерпаема в новых образованиях, а на другой границе творения, в пространстве неформленной грубой материи, непрестанно идет к расширению плана божественного откровения, чтобы как вечность, так и все пространство наполнить чудесами, то дух наш, размышляя обо всем этом, погружается в глубокое удивление...» С того времени, как К а н т писал свою работу, прошло 170 лет, и за это время многие из его гениальных предвидений стали прочным достоянием науки; многие из них отвергнуты наукой или вскрыты содержащиеся в них механические ошибки. Но ведь не в математической безупречности ценность работы К а н т а, а в том, что он впервые в истории новой науки произнес слова: «Д а й т е м н е м а т е р и ю, я п о с т р о ю и з н е е м и р», и показал, что эта задача по силам человеческому разуму.

5. Идеи К а н т а не встретили большого внимания, и прошло полвека прежде, чем вопрос о происхождении мира был снова выдвинут человеком, который бесспорно имел больше чем кто бы то ни было другой данных для удачной постановки вопроса. Для К а н т а *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* была началом его философской деятельности, для Л а п л а с а *Exposition du Système du monde* была венцом его многолетних работ по небесной механике. И если первый с полной уверенностью развертывает перед читателем свои размышления, то второй «представляет их с недоверием, которое естественно там, где гипотеза не проверена наблюдением или вычислением», и потому отводит ей место в качестве седьмого примечания, при чем в примечании шестом приводятся некоторые исторические данные в подтверждение того, что наклон эклиптики постепенно уменьшался. Это сопоставление показывает, насколько научным реалистом был Л а п л а с.

Этой осторожностью Л а п л а с а объясняется и то, что исходный пункт он выбирает совершенно иначе, чем К а н т. Его книга «Изложение системы мира» говорит почти исключительно о солнечной системе, и в примечании седьмом и последнем речь идет исключительно о происхождении солнечной системы. В другом месте книги <sup>1)</sup> он рассказывает про наблюдения туманностей, произведенные Г е р ш е л е м, и делает некоторые космогонические выводы: «Наблюдая туманности посредством этих мощных телескопов, Г е р ш е л ь мог проследить их последовательное сгущение, конечно, не на одной из них,—это развитие могло бы стать для нас заметным только после веков наблюдений,—но на их

<sup>1)</sup> Л. с., р. 482.

совокупности, как в обширном лесу можно проследить рост дерева по многочисленным экземплярам разных возрастов. Он видел сначала туманное вещество, занимающее на небе обширное пространство, разлитым в его различных частях разнообразными скоплениями. В некоторых материя слабо сгущена вокруг одного или нескольких неярких ядер. В других туманностях ядра блистают уже сильнее по сравнению с окружающей их материей. Атмосферы ядер при последующей конденсации разделяются, и перед нами кратные туманности, состоящие из очень близких блестящих ядер, но с самостоятельными атмосферами; иногда туманное вещество, равномерно сгущаясь, образует так называемые планетарные туманности. Наконец, еще бо́льшая степень конденсации преобразует все эти туманности в звезды. Классифицированные с этой философской точки зрения туманности показывают с крайней вероятностью, что дальнейшее преобразование сделает их звездами и что существующие ныне звезды ранее были туманностями. Так, наблюдая развитие туманной массы, мы приходим к Солнцу, ранее окруженному обширной атмосферой,—вывод, к которому я пришел и путем исследования явлений солнечной атмосферы, как мы увидим в последнем примечании. Столь замечательное совпадение выводов, полученных различными путями, придает этому предшествующему существованию Солнца высокую вероятность». Аналогии Лапласа, как мы видим, основываются на наблюдениях Гершеля, относившихся к самым различным классам туманностей, и, несомненно, последовательность эволюции, которую намечает Лаплас, состоит из совершенно различных звеньев.

Туманность Лапласа, это—газовый раскаленный шар, очень сильно уплотненный к центру, можно было бы сказать, что это—туманная звезда с огромной по объему, но ничтожной по массе атмосферой. Этот шар обладает приблизительно равномерным вращением. Лаплас не делает тех механических ошибок, которые совершил Кант, и заранее предполагает свою туманность, уже одаренною вращением, совершенно не задаваясь вопросом об его происхождении и, быть может, даже считая этот вопрос праздным. С современной точки зрения исходную туманность Лапласа нужно искать не среди туманностей, но среди звезд-гигантов по классификации Ресселя. Таким образом, образование планет Лапласа относит к сравнительно позднему периоду в жизни звезды.

Здесь интересно спросить, возможно ли газовую туманность Лапласа связать рядом постепенных переходов с метеоритной туманностью, с хаосом Канта. На этот вопрос давались разные ответы, в зависимости от того, какой характер движений предполагался внутри туманности. Один из этих ответов—гипотезу Фая—мы будем рассматривать дальше, а сейчас скажем несколько слов относительно гипотезы дю-Лигондеса, являющейся другим ответом на тот же вопрос.

Представим себе отделившуюся часть первоначального хаоса в виде бесформенного скопления метеоритов, обладающих различными движениями по самым разнообразным направлениям. Если бы эти метеориты обладали тою же упругостью, что и газовые молекулы, скопление по-

степенно рассеялось бы в пространстве. Однако для подобного допущения у нас нет никаких оснований. Поэтому очевидно, что при столкновениях между собою метеориты будут утрачивать часть живой силы, которая будет уходить на их разогревание. Частицы, утратившие хотя бы часть живой силы, в большей мере оказываются под действием притяжения всей массы, и их перицентры приближаются к центру тяжести всей системы. Таким образом, столкновения частиц ведут к концентрации туманности и к ее разогреванию, так что рой метеоритов, в конце концов, превращается в газовую массу. Это еще не все. Нельзя ожидать совершенно равномерного движения метеоритов по всем направлениям; геометрическая сумма их моментов количества движения будет очень мала по сравнению с арифметической, но вообще не равна нулю. Иными словами, если мы возьмем так называемую плоскость максимума площадей, перпендикулярную к этой геометрической сумме, то параллельно этой плоскости будет иметься некоторое преобладание частиц, обращающихся в одном направлении, тогда как в плоскости, перпендикулярной к плоскости максимума площадей, этого преобладания не будет. Движение частиц будет до некоторой степени упорядочено и будет стремиться к еще большей упорядоченности. Частица с направлением движения сколько-нибудь параллельным направлению намечающегося вращения будет иметь меньше шансов на столкновение, чем частица с иными движениями. Легко видеть, что результатом подобных столкновений будет все большее приближение частицы к плоскости экватора туманности. Таким образом туманность будет все более и более уплощаться, продолжая в то же время сгущаться к центру. Получающаяся фигура будет походить на чечевицеобразный диск с большим центральным скоплением. Этот диск, становясь все более плоским, необходимо должен потерять устойчивость и разделиться на ряд колец, но механизм образования этих колец совершенно не будет походить ни на механизм образования колец у *К а н т а*, ни на механизм их образования у *Л а п л а с а*. Основной причиной всего описанного нами процесса будут столкновения метеоритов и отсутствие у них упругости.

Теорию эволюции метеоритной туманности можно было бы приложить к звездным скоплениям. Все великое отражается в малом, а малое является образом великого. Еще *Л а м а р т и н* говорил:

«...Chaque atome est un être!  
 Chaque globule d'air est un monde habité!  
 Chaque monde y régit d'autres mondes peut être  
 Pour qui l'éclair qui passe est une éternité!  
 Dans leur lueur de temps, dans leur goutte d'espace,  
 Ils ont leurs jours, leurs nuits, leurs destins et leur place,  
 La pensée et la vie y circulent à flot;  
 Et pendant que notre œil se perd dans ces extases,  
 Des milliers d'univers ont accompli leurs phases  
 Entre la pensée et le mot!» <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> «Каждый атом—существо. Каждая частица воздуха—обитаемый мир! И каждый мир, быть может, слагается из других миров, для которых блеснувшая мол

Пуанкаре в своей книге «Космогонические гипотезы» высказывает несколько глубоких соображений о возможности подобных пассивных сопротивлений внутри атома и в них видит возможный противовес второму принципу термодинамики. Если мы обратимся к звездным скоплениям, то оказывается, что и там мы имеем все условия, необходимые по дю-Ли и Гондесу для организации хаоса. Звезды отнюдь не являются абсолютно-упругими телами, и потому столкновения их должны вести к хорошо уже нам известным результатам: уплотнению звездной кучи и усилению центрального сгущения. Полустолкновения ведут к рассеянию звездной кучи. Если берет верх первый процесс, то звездная куча должна постепенно превращаться в дискообразную туманность, вращающуюся вокруг своей малой оси, и если мы допустим вполне естественные неравномерности строения звездной кучи, то в результате эволюции может получиться спиральная туманность хорошо известного нам типа. Это одно из возможных объяснений их происхождения. С другими мы встретимся дальше.

Вернемся к туманности Лапласа. Мы видим, что действительно метеоритная туманность может превратиться в горячую газовую туманность с сильным уплотнением к центру и удовлетворяющую всем требованиям Лапласа; атмосфера подобной туманности не может простирается неопределенно, ее граница будет определяться условием, что центробежная сила строго уравновешивает силу тяготения. Эта граница должна иметь вид чечевицы, пересекающейся с экватором под острым углом. Представим себе, что благодаря лучеиспусканию внешние слои туманности охлаждаются, и постепенно это охлаждение захватывает и внутренние части. Охлаждаясь, туманность будет сжиматься, сокращаться в объеме, и при этом слой за слоем будет оказываться вне указанной выше границы. Именно эти покидаемые охлаждающейся туманностью частицы и образуют в плоскости экватора знаменитые лапласовские кольца. В качестве материала для этих колец могут послужить только те частицы покидаемых слоев, которые находились близко к экватору. Частицы, находившиеся ближе к полюсам, как показал Рош<sup>1)</sup>, должны проникнуть внутрь туманности и образовать в плоскости экватора систему внутренних колец—обстоятельство, непредусмотренное Лапласом.

Лучеиспускание шло непрерывно, непрерывно должно было происходить сжатие туманности и выделение частиц на экваторе. Казалось бы, вместо немногих планет, разделенных огромными расстояниями, мы должны были бы иметь систему из огромного количества небольших планеток, нечто в роде кольца астероидов, но заполняющего всю плоскость солнечного экватора. Как согласовать слишком большую прерывность планетного мира с непрерывностью лучеиспускания и охлаждения? Лаплас предполагает, что огромное газовое кольцо, являвшееся

ния—вечность. В мгновении времени и в капельке пространства для них укладываются дни и ночи, судьбы и назначение. Мысль и жизнь там текут потоками. И за краткий миг экстазов нашего духа тысячи вселенных про слали свои фазы между нашей мыслью и нашим словом».

<sup>1)</sup> Roche, E. Essai sur la constitution et l'origine du système solaire, 1873.

продолжением экватора туманности, не могло продолжать вращаться с одной и той же угловою скоростью и должно было разделиться на систему концентрических колец. Каждое из них, охлаждаясь, должно было сжиматься: его внешние и внутренние части должны были постепенно сближаться, и между последовательными кольцами образовывалось пустое пространство. Если предположить, что средняя линия кольца, образовавшего землю, совпадала с нынешней земной орбитой, то первоначальная ширина кольца должна была быть около 50 миллионов километров. Трудно представить себе процесс выметания материи на столь огромном протяжении для образования земли. Поэтому для объяснения прерывности колец Рош и вслед за ним Пуанкаре предполагают другой механизм <sup>1)</sup>:

«Центральное охлаждение не может непосредственно сопровождаться образованием кольца. В самом деле, вследствие центрального сжатия скорость вращения ядра возрастет, в то время как скорость вращения внешних слоев будет хотя бы некоторое время оставаться прежней, ибо нужно некоторое время для того, чтобы трение могло сравнять угловую скорость периферии с угловою скоростью ядра, а для образования кольца имеет значение именно угловая скорость поверхности. Таким образом, в течение некоторого времени угловая скорость и объем остаются постоянными, и колец не образуется».

Таким образом, для объяснения прерывности колец Рош предполагает чередование периодов поверхностного охлаждения туманности с периодами центрального охлаждения. В самом деле, когда туманность сжимается, и происходит образование кольца, оно происходит за счет поверхностного слоя, так что обнажается и подвергается резкому охлаждению глубже лежавший слой; начинается период поверхностного охлаждения, в течение которого колец не образуется. Если допустить, что такая смена периодов поверхностного охлаждения периодами центрального охлаждения происходила через равные промежутки времени, то, как показывает Пуанкаре, знаменитый закон планетных расстояний Тициуса-Бодде получает вполне реальное истолкование.

Можно для той же цели придумать и другие механизмы, в такой же, а быть может и в большей степени вероятные. Туманность от охлаждения сжимается, но, сжимаясь, она разогревается, если составляющий ее газ одноатомен или двухатомен, и, следовательно, период образования колец будет сменяться периодом, когда образование колец невозможно. Каждая из поправок этого рода к гипотезе Лапласа носит в себе значительную долю недостоверности, как и каждое выдвигавшееся возражение, и такое положение вопроса неизбежно, пока у нас нет прочных физико-механических основ для гипотезы. Сделаем же еще шаг и допустим, что кольца образовались. Требуется объяснить их превращение в планеты. Пункт и Лаплас делают вполне естественное предположение, что полная равномерность строения колец была бы вещью почти невероятной и, как общее правило, невозможной. В кольце необходимо будут местные сгущения, которые постепенно втянут в себя всю

<sup>1)</sup> Poincaré. Leçons sur les hypothèses cosmogoniques, p. 25.

туманную материю кольца. Даже если нет местных сгущений, для газового кольца рано или поздно должен наступить момент, когда оно становится неустойчивым и разрывается на части. Эти части постепенно собираются и образуют планету. Сколько времени может понадобиться для этого? Кирквуд показал, что если бы на расстоянии орбиты Нептуна находилось два куска кольца с разницей долгот в  $180^\circ$  и с разницей расстояний в 1.600 км., то соединиться они могли бы только через 150 миллионов лет. Так как мы пока совершенно не в состоянии учесть, сколько времени могло понадобиться на образование солнечной системы, возражение Кирквуда решающим считать нельзя, но запомнить его следует.

Минуем и это затруднение. Планета образовалась. Каково будет направление ее вращения? Когда Лаплас писал «Изложение системы мира», он утверждал, что можно ставить двести тысяч миллиардов против одного, что в солнечной системе не окажется ни одного случая обратных движений, а между тем наблюдения Гершеля уже тогда обнаружили обратное направление обращения спутников Урана. С тех пор в солнечной системе было найдено еще несколько примеров обратных движений, и в настоящее время относительно направления движений в солнечной системе можно сказать следующее:

Направления обращения планет вокруг солнца—все без исключения прямые.

Направления вращения планет вокруг их осей — все прямые, за исключением двух крайних планет—Урана и Нептуна.

Направления обращения спутников вокруг планет:

Спутник Земли, Луна—прямое.

Два спутника Марса—прямое.

Спутники Юпитера: семь внутренних — прямое, два внешних — обратное.

Спутники Сатурна: восемь внутренних — прямое, один внешний — обратное.

Спутники Урана: четыре спутника—обратное.

Спутник Нептуна: обратное.

Прямые обращения планет прекрасно объясняются гипотезой Лапласа. Лаплас считал все вращения планет тоже прямыми и объяснял их тем, что каждое газовое кольцо вращалось вокруг Солнца с равномерной угловой скоростью. Представим себе, что кольцо разбивается на части. Тогда в каждом куске кольца внешний край будет иметь большую угловую скорость, чем внутренний край, и весь кусок должен начать вращаться в направлении обращения вокруг Солнца. Наличие обратных вращений показывает непригодность объяснения Лапласа. Непригодность его видна и из других соображений. Представим себе, что кольцо разделилось на несколько частей, из которых одни будут находиться несколько ближе к Солнцу, чем другие. Более далекие части, согласно законам Кеплера, будут обращаться вокруг Солнца с меньшей и угловой и линейной скоростью, чем более близкие. Пусть более близкая часть нагоняет более далекую, сталкивается и сливается с нею. Получившееся тело должно обладать не прямым, а обратным

вращением вокруг оси, и, таким образом, логическим следствием гипотезы Лапласа является первоначальное не прямое, а обратное вращение планет вокруг их осей. Каким же образом для большинства планет, вернее для всех планет, кроме двух внешних, обратное вращение заменилось прямым? Несомненно, благодаря приливному трению. В самом деле, представим себе только что возникшую планету. Она будет испытывать действие солнечного притяжения, которое заставит ее принять форму тела, вытянутого по направлению к Солнцу. Таким образом, на планете как бы образуется огромная приливная волна, и действие трения этой волны будет замедлять вращение, и, наконец, планета будет показывать одну и ту же сторону, как Луна Земле. Уже в это время вращение планеты из обратного делается прямым. Но планета, охлаждаясь, сжимается, ее вращение ускоряется, и таким образом механизм приливного трения вместе с действием охлаждения и сжатия меняет направление вращения планеты. Несколько иной механизм, основанный также на приливном трении, был дан Страттоном. О нем мы скажем несколько слов, когда будем излагать космогонические работы Джорджа Дарвина.

Если первоначальное направление вращения планет было обратным, и лишь последующее действие приливного трения сделало его прямым, становится понятно, почему Уран и Нептун, а также внешние спутники Юпитера и Сатурна являются исключениями. Уран и Нептун находятся слишком далеко от Солнца, чтобы могло проявиться приливное трение, а внешние спутники Юпитера и Сатурна образовывались в ту эпоху, когда направление вращения планет было обратным; потом, когда оно сменилось прямым, образовались остальные спутники. Этот перерыв в образовании спутников подтверждается и тем, что расстояния обратных спутников Юпитера и Сатурна очень велики по сравнению с расстояниями прямых спутников.

В заключение укажу еще на одно возражение против гипотезы Лапласа. «Так как все тела, движущиеся вокруг планеты, согласно этой гипотезе, возникли из последовательно покинутых зон ее атмосферы, и скорость ее вращения все увеличивалась, то продолжительность ее вращения должна быть меньше продолжительности обращения ее различных спутников, что имеет место также для Солнца по отношению к планетам». Таков вывод, делаемый Лапласом из его теории, и нужно согласиться, что этот вывод логически правилен. К сожалению, ближайший к Марсу спутник Фобос и внутреннее кольцо Сатурна имеют продолжительность обращения меньшую, чем продолжительность вращения соответствующих планет. Для объяснения этой особенности можно допустить, что Фобос и кольца Сатурна возникли из внутренних колец, на возможность образования которых указывал Рош. Можно обратиться также к приливному трению. Во всяком случае мы видим, что гипотеза Лапласа нуждается в очень больших поправках и совершенно не объясняет наклонов осей планет к плоскости экватора. В этом отношении необходимым дополнением к работам Лапласа являются работы Дарвина и Страттона. До сих пор не выяснен механизм преобразования колец в планеты. Самые кольца,

как мы видели, могут быть трех родов: кольца дю-Лигондеса, возникающие из метеоритной туманности благодаря столкновениям частиц, кольца Лапласа, покидаемые сжимающеюся газовой туманностью, и внутренние кольца Роша. Таким образом, туманное вещество в руках искусного механика может оказаться пластичной глиной, из которой можно вылепить любую систему. Недаром Пуанкаре предостерегал космогонистов против увлечения деталями и погони за всеобъемлющими объяснениями.

6. Невозможность без сильных поправок объяснить при помощи гипотезы Лапласа обратные вращения внешних планет и обратные обращения спутников заставила многих астрономов отказаться от гипотезы Лапласа и искать других путей. Одной из наиболее интересных попыток этого рода является гипотеза Фая. Фай очень много работал по геофизике и обратил внимание на большое значение вихревых движений в жизни земной атмосферы. Наблюдая солнечные пятна, он построил теорию солнечных пятен, где рассматривает их как вихревые образования в солнечной атмосфере. К этому нужно прибавить еще до сих пор продолжающееся во Франции влияние идей Декарта. Мне пришлось слышать от нашего современника Эмиля Бело, автора вихревой космогонии, буквально следующие слова: «влияние Ньютона на развитие науки было пагубно, ибо благодаря ему на два столетия задержалось признание космического значения вихревых явлений». Ту же мысль, правда, не в такой решительной форме, мы находим и у Фая. Желание исправить космогонию Лапласа было подсказано Фая и религиозными соображениями. Фай как ученый прекрасно понимал, что неизвестный нам автор библейской космогонии мог выражать только взгляды своего времени, но как усердный католик Фай признавал божественное откровение. Эта борьба между научной и религиозной совестью отражается в книге Фая во многих местах и часто разрешается актами дипломатического характера в роде следующего <sup>1)</sup>).

«Представим себе вдохновенного богом человека, хранителя истин или заповедей, которые он должен передать современникам и будущим векам. Эти истины морального и религиозного порядка непосредственно доступны всем умам (и в этом их несходство с истинами науки), но чтобы их там резче запечатлеть, часто необходимо им придавать конкретную форму и говорить о чисто материальных вещах. Зная о них не больше, чем другие люди, священный писатель будет говорить о них, как все. Поэтому форма его рассказа нам покажет, какие идеи царили в те отдаленные времена».

Грубо-первобытный характер библейской космогонии Фай прекрасно понимает, но вместе с тем старается самое существенное в ней— образование Земли раньше Солнца— поддержать аргументами механического характера.

Однако, если мы отвлечемся от католических тенденций Фая, его гипотеза представляет интерес во многих отношениях. Фай, как и

<sup>1)</sup> Fa y e. Sur l'origine du monde. 4-me édition, p. 8.

Кант, берет исходным пунктом хаос, но хаос, сильно отличающийся от кантовского хаоса. Этот последний первоначально находился в покое, — у Фая каждая его частица обладает движением. Все движения беспорядочны и по величине и по направлению. Из этого беспорядка должен родиться высший порядок; хаос произведет гармонию. Выше мы уже встречались с аналогичным пониманием хаоса, когда излагали взгляды дю-Лигондеса. Это понимание дю-Лигондесом было заимствовано у Фая. Замечательно, что и П. А. Кропоткин в одной из своих статей пользуется космогонией Фая, чтобы путем аналогий убедить читателя в возможности самопроизвольного превращения социального хаоса в высший порядок.

Однако, если понимание хаоса одинаково у Фая и дю-Лигондеса, то они совершенно различным образом объясняют выделение той части хаоса, из которой произошла солнечная система. У Канта часть хаоса выделяется благодаря начавшемуся уплотнению. У дю-Лигондеса сфероидальная форма принимается как наиболее удовлетворяющая мысль. Фай берет огромное пространство, наполненное беспорядочно движущимися частицами вещества, и ждет, что из этого может выйти. И здесь аналогия со многими земными явлениями подсказывает ему мысль об образовании завихриваний. Если отдельными толчками ложки мы приводим воду в сосуде в движение или отдельными порциями выпускаем в комнату дым, мы всегда наблюдаем образование вихрей. В более крупном масштабе то же самое имеет место и в земной атмосфере. Механика показывает, что раз начавшееся вихревое движение обладает большей степенью устойчивости и длительности, чем невихревое. Фай предполагает, что беспорядочное движение частиц должно вызвать в хаосе ряд местных завихриваний, и каждый центр образования вихря будет вместе с тем и центром скопления вещества, которое из окружающего пространства будет втягиваться в вихрь. Таким образом, хаос разобьется на ряд вихревых клеток, каждая из которых получит обособленное существование. Конечно, эта обособленность не может быть полной: известное число частиц, благодаря столкновениям получивших слишком большую скорость, теряется для данной вихревой клетки и идет на пополнение междувихревой среды; в свою очередь, известное число частиц из внешней среды может поступить в вихрь.

Мы говорили о частицах. Как мы уже делали по отношению ко взглядам дю-Лигондеса, вместо частиц поставим звезды. Не будут ли походить вихри и образовавшиеся из них вихревые клетки на спиральные туманности? На возможность таких аналогий я указывал еще в 1916 году<sup>1)</sup> и предсказывал возможность периодических скручиваний и раскручиваний ветвей спирали, при чем материал—в данном случае звездный поток—будет периодически притекать к ядру и оттекает оттуда. Появившиеся с тех пор работы С. К. Костинского и Ван-Маанена как будто подтверждают мою точку зрения. Мы видим, следовательно, что в основе воззрений Фая имеется здоровое зерно, которое наука

<sup>1)</sup> В. А. Костицын. Успехи звездной астрономии (Современный Мир, 1916, сентябрь).

сумеет развить и применить если не к солнечной системе, как этого хотел автор, то к звездному миру.

Вернемся к солнечной системе и к той части хаоса, которая ее породила. Ф а й предполагает, что этот кусок хаоса уже обладал некоторым вихревым движением. Завихренность внешне выразится существованием в туманности некоторого вращательного движения и спиралевидных уплотнений, лежащих в плоскости экватора, со скоростями, направленными приблизительно перпендикулярно к радиусу-вектору и возрастающими по направлению к центру. Центрального сгущения еще нет. Наряду с материей, движение которой уже упорядочено, в туманность входит и значительное число частиц, обладающих самыми разнообразными скоростями. Таким образом, мы очень далеки от туманности Л а п л а с а, где было сильное уплотнение к центру, являвшееся необходимым условием для образования колец. Здесь—никакого уплотнения в центре, а спиралевидное уплотнение в плоскости экватора туманности. Ясно, что для распада спирали на ряд обрывков и для превращения их в кольца действительно нужно немного. Таким образом, следующую стадию в развитии туманности можно себе представить так: вокруг некоторой оси вращается система концентрических колец, лежащих в одной плоскости и погруженных в весьма обширную разреженную атмосферу. Не все частицы, входившие в состав спиралевидных сгущений, получают круглую орбиту. Некоторые, а может быть и очень многие, будут двигаться по более или менее вытянутым эллипсам. Если эллипсы очень вытянуты, то частицы приблизятся к центру и пойдут на образование центрального скопления; если эллипсы мало отличаются от круга, то их орбиты благодаря сопротивлению среды станут почти круговыми, и частицы войдут окончательно в состав колец. Такова будет судьба частиц, близких к плоскости экватора. Что будет с остальными? Все зависит от того, участвует или не участвует метеоритная атмосфера во вращении экваториальных колец. Если участвует, то мы можем применить все, что нами было сказано выше по поводу туманности д ю-Л и г о н д е с а. Благодаря действию столкновений атмосфера будет уплощаться, и все большее и большее количество частиц из нее будет попадать в плоскость экватора и идти на усиление центрального сгущения и колец. Если атмосфера во вращении не участвует, то в результате столкновений частицы будут идти на усиление только центрального сгущения. Именно этот последний случай и рассматривает Ф а й. Частицы, идущие к центру из внешней среды, никакого движения центральному светилу не сообщают, но частицы, идущие из экваториальной области, сообщат ему медленное вращение в том же направлении, в каком обращаются кольца.

Каковы будут скорости обращения колец? Масса колец сравнительно со всей массой туманности должна быть ничтожна, Ф а й предполагает первоначальное распределение вещества в туманности, если не считать вихревых образований, равномерным. При этом условии угловая скорость обращения колец должна быть одинаковой, и внешний и внутренний край кольца должны двигаться с одною и тою же угловою скоростью. Ф а ю необходимо объяснить превращение такого кольца в планету. Он отрицает лапласовский механизм разделения кольца на

части, впоследствии соединяющиеся в планету, и предпочитает и здесь обратиться к вихрю, который должен возникнуть в кольце и постепенно поглотить всю материю кольца. Направление вращения этого вихря должно быть прямым, пока центральное сгущение не определилось как следует. Нужно сказать, что совершенно не видно, благодаря каким механическим или физическим причинам может возникнуть этот вихрь, но без вихря Ф а ю было бы трудно объяснить происхождение спутников, не прибегая к гипотезе Ла п л а с а, а именно этого он желает избежать. Планетные вихри повторяют историю всей туманности: они превращаются в систему колец, а затем постепенно образуется самая планета. Превращение первичных колец в планетные вихри должно, по мнению Ф а я, начаться с внутренних колец, ибо они в гораздо большей степени испытывают воздействия от различных стремящихся к центру частиц, чем внешние кольца, и потому должны быть менее устойчивы. Таким образом, по гипотезе Ф а я, чем планета ближе к Солнцу, тем она старше, а само Солнце моложе планет. Пока центральное сгущение еще не возникло, притяжение внутри туманности будет пропорционально расстоянию от центра. Когда Солнце вполне образовалось, притяжение будет обратно пропорционально квадрату расстояния от центра. В течение переходного периода притяжение будет меняться, переходя от первого закона ко второму. Мы уже видели, что во время распада внутренних колец и образования внутренних планет, по мнению Ф а я, Солнце еще не возникло, и поэтому направления вращения планет и обращения их спутников получились прямыми. Внешние кольца должны были преобразовываться в планеты в эпоху, когда Солнце имело почти нынешнюю массу, и потому направления вращения вихрей во внешних кольцах должны были быть обратными. Этим путем Ф а й, нигде ни одним словом не упоминающий о приливном трении, старался объяснить обратные вращения Урана и Нептуна и обратные обращения их спутников. Ф а ю не было известно существование обратных спутников Юпитера и Сатурна, которые не могут быть объяснены его теорией, даже если вводить очень большие поправки. В самом деле, существование внешних обратных спутников указывает на обратное вращение планетного вихря, а внутренних прямых спутников—на прямое вращение планетного вихря. При помощи приливного трения мы можем объяснить изменение направления вращения газообразного тела, но не изменение направления вращения метеоритного вихря. Поэтому необходимо отказаться от механизма, при помощи которого Ф а й из вихревых колец производит планеты и системы спутников.

Образовавшиеся планеты, особенно внутренние, должны были некоторое, быть может, весьма долгое, время двигаться в сопротивляющейся среде. Действие сопротивляющейся среды в период господства первого закона тяготения выражается сокращением размеров орбиты и в период господства второго закона тяготения—сокращением размеров орбиты и уменьшением эксцентриситета. Таким образом, мы видим, что гипотеза Ф а я довольно хорошо объясняет малые эксцентриситеты планетных орбит, но вместе с тем требует образования планет на гораздо больших расстояниях от солнца, чем их современные расстояния. Если мы допу-

стим, что Солнечная туманность простиралась немногим дальше орбиты Нептуна, и Нептун почти не испытывал сопротивления среды, то мы получим следующую сравнительную таблицу современных и начальных планетных расстояний от Солнца:

| Планеты            | Соврем.<br>расстояние                | Начальное<br>расстояние |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|
|                    | в радиусах современной земной орбиты |                         |
| Меркурий . . . . . | 0,4                                  | 10                      |
| Венера . . . . .   | 0,7                                  | 11                      |
| Земля . . . . .    | 1,0                                  | 13                      |
| Марс . . . . .     | 1,5                                  | 14                      |
| Юпитер . . . . .   | 5,2                                  | 20                      |
| Сатурн . . . . .   | 9,5                                  | 22                      |
| Уран . . . . .     | 19,1                                 | 27                      |
| Нептун . . . . .   | 30,0                                 | 30                      |

Таким образом, Меркурий должен был образоваться по меньшей мере на нынешнем расстоянии Сатурна.

По сравнению с космогонией Лапласа космогония Фая представляет одно серьезное преимущество. В представлении Лапласа кометы являются телами, посторонними солнечной системе, и он связывает их с туманным веществом, вообще рассеянным по вселенной<sup>1)</sup>:

«Связывая образование комет с образованием туманностей, можно их рассматривать как небольшие туманности, блуждающие из солнечной системы в солнечную систему и образованные сгущением туманного вещества, с таким избытком разлитого во вселенной. По отношению к нашей солнечной системе кометы являются тем же, чем падающие звезды по отношению к земле, т.-е. посторонними телами».

Действительно, в горячей уплотненной газовой туманности Лапласа нет места для комет. Напротив, в метеоритной туманности Фая для комет находится естественное место: это части ее, еще не успевшие попасть в Солнце и продолжающие обращаться вокруг него по очень вытянутым орбитам.

Вопрос об отношении комет к солнечной системе до сих пор не выяснен, и взгляды Фая здесь до сих пор имеют большое значение.

Другое существенное отличие гипотезы Фая от Лапласа состоит в том, что Лаплас совершенно не занимается вопросом о

<sup>1)</sup> Laplace, L. c., p. 483.

происхождении солнечной теплоты и о возрасте земли, тогда как Ф а й старается согласовать требования геологов и биологов-эволюционистов с астрономическими данными. По гипотезе Ф а я солнечная теплота есть результат сокращения солнечной туманности от первоначальных огромных размеров до величины нынешнего Солнца. Получаемой таким путем солнечной теплоты при современной мере расходования могло бы хватить только на десятки миллионов лет, тогда как для геологов по совершенно бесспорным расчетам требуются сотни миллионов лет. Ф а й думал обойти это затруднение, построив теорию, согласно которой земля образуется гораздо раньше Солнца, и надеялся этим путем удовлетворить геологов и биологов, не входя в противоречие с термодинамикой. В настоящее время мы знаем, что, кроме известных Ф а ю источников энергии, могут быть и другие, как, например, радиоактивные процессы; в связи с этим и сам вопрос о происхождении солнечной энергии приобретает новый вид.

7. До сих пор мы имели дело с теориями, старающимися объяснить происхождение солнечной системы со всеми ее особенностями. Среди этих особенностей есть такие, которые остались без всякого объяснения или данные объяснения являются совершенно неудовлетворительными. Например, наклоны осей вращения планет к солнечному экватору Лапласом оставляются без внимания, а Ф а й пытается дать им объяснение, механическая несостоятельность которого видна с первого взгляда. Обратные вращения планет и обратные спутники Лапласу неизвестны, а Ф а й дает им объяснение, которое опровергается существованием обратных спутников у Юпитера и Сатурна, планет, обладающих прямым вращением вокруг осей. Система Земля-Луна представляет в солнечной системе явление исключительное, ибо отношение масс Луны и Земли слишком велико по сравнению с отношениями масс спутников к их планетам и планет к солнцу. Эти и им подобные частности строения солнечной системы указали на необходимость искать новый фактор для их объяснения. Этот фактор был найден в виде приливного трения, которое оказалось могучей космической силой. Исследованию его влияния были посвящены жизнь и деятельность английского математика Джорджа Дарвина, сына знаменитого Чарльза Дарвина.

Теория приливного трения была выдвинута Кантом и впоследствии Лапласом для объяснения того, что Луна обращена к нам всегда одною и тою же стороною. Дж. Дарвин сделал попытку, вводя некоторые простые предположения относительно вязкости Земли и Луны в огненно-жидком состоянии, проследить их прошлую историю, а также и возможное будущее. Оказалось, что действие приливного трения выражается тем, что вращение и Луны и Земли вокруг их осей замедляется, их расстояние увеличивается. Интенсивность этих изменений с увеличением расстояния ослабевает и, следовательно, с течением времени они происходят все медленнее и медленнее. Если бы первоначальная орбита была даже строго круговою, то таковую она не может остаться, и если она стала эллиптической хотя бы в самой малой степени, то эксцентриситет ее увеличивается. Наконец, если между плоскостью экватора

планеты и плоскостью орбиты спутника имеется некоторый хотя бы очень небольшой угол, то этот угол будет непрерывно возрастать. Минимальное время, необходимое для того, чтобы система Земля - Луна достигла своего теперешнего состояния, можно легко вычислить. Историю системы Земля - Луна в полученных этим путем минимальных числах можно представить в виде следующей таблицы:

| Эпохи.                   | Продолжительность суток в соврем. часах | Продолжительность месяца в соврем. днях | Наклон  | Расстояние З. - Л. в соврем. земных радиусах |
|--------------------------|---|---|---------|--|
| 0                        | 23 ч. 56 м.                             | 27,32                                   | 23° 28' | 60,4   |
| — 46.300.000 лет . . . . | 15 ч. 30 м.                             | 18,62                                   | 20° 40' | 46,8   |
| — 56 600.000 „ . . . .   | 9 ч. 55 м.                              | 8,17                                    | 17° 20' | 27,0   |
| — 56.800.000 „ . . . .   | 7 ч 50 м.                               | 3,59                                    | 15° 30' | 15,6   |
| — 56.810.000 „ . . . .   | 6 ч. 45 м.                              | 1,58                                    | 14° 25' | 9,0  |

Эта таблица естественно наводит на мысль, что если мы в историю системы Земля-Луна заглянем несколько дальше, то найдем Луну еще более близкой к Земле, а отношение между продолжительностью суток и месяца еще более близким к единице, и наконец, когда это отношение сравнялось с единицей, лунная масса должна почти сливаться с земной. Таким образом, если мы последовательно проследим назад до конца историю Земли и Луны с точки зрения приливного трения, мы необходимо приходим к выводу, что Луна отделилась от Земли путем разрыва первоначально единой массы. Мы оказываемся далеки и от кольцевой гипотезы Лапласа и от вихревой теории Фая. Среди систем планет с их спутниками система Земля-Луна оказывается исключением. Поэтому необходимо ближе присмотреться к тому механизму, который произвел разрыв первоначально единой массы. Этот механизм тесно связан с теорией фигур равновесия вращающихся жидких тел, разработанной Пуанкаре, Дж. Дарвином и А. М. Ляпуновым. Теория фигур равновесия чрезвычайно сложна. Поэтому мы ограничимся изложением некоторых простейших случаев.

Представим себе, что мы имеем жидкую массу, однородную и несжимаемую, находящуюся в покое и изолированную от внешних влияний, при чем частицы этой массы притягивают друг друга по закону Ньютона. Очевидно, фигура равновесия в этом случае будет сферой.

Придадим этой массе очень малое вращение вокруг некоторой оси. Масса уже не сможет сохранять шарообразную форму и начнет становиться сжатым эллипсоидом вращения, имеющим в качестве малой оси ось вращения. Достигнув некоторого предельного сжатия, масса начнет сокращаться у экватора и расширяться у полюсов, пока не достигнет

некоторого предельного удлинения, и затем опять начнет сжиматься. Если вещество очень вязкое, и изменение скорости вращения происходит очень медленно, то и эти пределы колебаний будут лежать друг к другу достаточно близко. Представим себе, что масса уже имеет форму сжатого эллипсоида вращения. Можно подобрать такую скорость вращения, что масса, вращаясь с этой скоростью, будет неопределенно сохранять ту же самую степень сжатия. Таким образом, каждой степени сжатия соответствует некоторая скорость вращения, и каждой скорости вращения некоторая степень сжатия, при которых вращающаяся масса находится в равновесии. Если мы представим себе массу, обладающую некоторой медленно возрастающей скоростью вращения, то сжатие массы также будет медленно возрастать, и если медленность этого процесса будет очень велика, то в каждый данный момент фигура массы будет фигурой равновесия соответствующей скорости вращения данного момента. Какова будет степень устойчивости этих фигур равновесия? Если мы возьмем очень малую угловую скорость вращения массы при фигуре очень близкой к шару, то эта форма будет устойчивой, т.-е. различные случайные воздействия, слабые толчки посторонних тел и т. д. вызовут лишь небольшие волнообразные отклонения от данной формы. При существовании трения эти волны будут быстро затухать, и всякие отклонения исчезнут. Напротив, если скорость вращения велика и масса имеет форму сильно сжатого эллипсоида вращения, то различные даже мелкие воздействия могут повести к коренному изменению фигуры массы. Таким образом, очевидно, где-то должно находиться значение скорости вращения, промежуточное между теми значениями, для которых эллипсоиды вращения устойчивы, и теми, для которых они неустойчивы.

Математическое исследование показывает, что такое критическое значение угловой скорости, после которого эллипсоиды вращения теряют устойчивость, действительно имеется, но что при дальнейшем изменении угловой скорости можно найти соответствующие данной угловой скорости устойчивые фигуры равновесия. Таковыми будут трехосные эллипсоиды. Таким образом, при росте угловой скорости вращения, начиная от нуля, масса будет претерпевать следующие изменения: из шарообразной она путем сжатия у полюсов вращения превратится в сжатый эллипсоид вращения, который будет все более и более сжиматься у полюсов и вздуваться у экватора, пока не будет достигнута критическая угловая скорость. Начиная с этого момента, на экваторе, в двух диаметрально противоположных местах, начнет обнаруживаться сжатие, а по диаметру перпендикулярному к этому—расширение: экватор из круга начнет превращаться в эллипсис, а эллипсоид вращения— в трехосный эллипсоид, вращающийся вокруг наименьшей оси. Все вышеизложенное пока представляет из себя математическую последовательность эллипсоидальных форм, расположенных в зависимости от возрастающей угловой скорости вращения. Посмотрим, каким реальным изменениям туманной массы может это соответствовать.

Представим себе шарообразную или почти шарообразную газовую или жидкую массу, обладающую очень малой скоростью вращения. Масса

постепенно охлаждается и сжимается, угловая скорость ее благодаря этому увеличивается, и из шарообразной масса превращается в эллипсоид вращения. Пока угловая скорость мала, форма устойчива, но вот при дальнейшем сжатии скорость вращения приближается к критической, и здесь достаточно ничтожного воздействия для превращения в трехосный эллипсоид. Всегда могут быть неравномерности строения туманности или падение посторонних тел (болидов) и т. д. Наконец, если дело идет о первоначальной земной туманности, то вся ее масса должна испытывать могучее действие солнечных приливов, благодаря которым земная туманность до отделения от нее Луны, несомненно, должна была иметь вытянутую по направлению к Солнцу форму.

С превращением эллипсоида вращения в трехосный эллипсоид скорость вращения по мере вытягивания эллипсоида уменьшается, и трехосный эллипсоид может оставаться устойчивым, пока это уменьшение не перешло известный предел, после которого как эллипсоидальные, так и близкие к ним фигуры равновесия являются неустойчивыми. Эта неустойчивость физически выразится тем, что достаточно будет небольшой неравномерности в строении массы, чтобы вызвать ее разделение на две части. Разрыв может быть вызван и действием солнечного притяжения. Все эти выводы были сделаны в предположении, что масса однородна, но Джинс показал, что они остаются в силе и для неоднородной массы.

Дальнейшую судьбу двух разделившихся масс можно проследить с почти абсолютной уверенностью: благодаря приливному трению расстояние между массами и время обращения будет возрастать, вращение каждой из них вокруг их осей будет замедляться, при чем для меньшей это будет происходить быстрее, для большей—медленнее, но в конце концов периоды вращения сравняются между собой и с периодом обращения. Эксцентриситет орбиты будет все увеличиваться, и, следовательно, орбита будет становиться все более и более вытянутой; однако неопределенно возрастать эксцентриситет не может и, достигнув некоторого максимального значения, он начнет убывать, стремясь к нулю.

По отношению к системе Земля-Луна нужно учитывать влияние солнечных приливов. Особенно важно оно будет тогда, когда периоды вращения Земли и Луны уравниваются с периодом обращения Луны вокруг Земли. Если только тогда на Земле сохранятся океаны, то действие солнечных приливов выразится в дальнейшем увеличении суток, а следовательно, в возобновлении действия, на этот раз крайне медленного, лунных приливов. Сама Луна начнет медленно приближаться к Земле и, в конце концов, упадет на Землю. Таковы грандиозные концепции Дж. Дарвина, между прочим использованные Уэльсом в его романе «Машина времени». Однако космическая роль приливного трения не исчерпывается системой Земля-Луна. Джордж Дарвин применяет его для объяснения ряда других особенностей солнечной системы, которые не были объяснены космогоническими гипотезами Канта, Лапласа и Фая. Прежде всего возникает вопрос относительно периодов вращения Меркурия и Венеры. Старые наблюдатели (Бианкини, Кассини, Шре-

гер) приписывали Меркурию и Венере периоды вращения близкие к 24 часам. Скиапарелли, недавно подвергнувший тщательному пересмотру весь относящийся сюда материал, сделал вывод, что время вращения вокруг оси совпадает со временем обращения вокруг Солнца и для Меркурия и для Венеры. Спектрографические исследования Б'еллопольского, наоборот, говорят за более короткий период вращения, что, однако, не было подтверждено Лоуэллем. Ввиду особой трудности этих наблюдений вопрос до сих пор нельзя считать решенным. Во всяком случае, с точки зрения теории Дарвина, можно ждать более медленного вращения. С вопросом о вращении Меркурия и Венеры тесно связан вопрос о причинах отсутствия у них спутников. На это теория приливного трения отвечает следующим образом: первоначальное вращение планет было обратным: приливное трение, действуя благодаря близости Солнца с очень большой силой, изменяло обратные вращения в прямые, но помешало им увеличиться, все время действуя, как узда, а мы видели, что для превращения эллипсоида вращения в трехосный эллипсоид необходимо возрастание скорости вращения; таким образом это существенное условие отсутствовало, а приливная волна сама по себе не была достаточно высока, чтобы повести к разрыву планеты; только Земля оказалась в достаточно благоприятных условиях для образования спутника. Про такие объяснения, придуманные ad hoc, можно сказать то, что Пуанкаре говорил про излишнее честолюбие космогонистов, которые желают действием одного фактора объяснять решительно все явления. После открытия пятого спутника Юпитера дю-Лигондес доказывал при помощи своей космогонической гипотезы, что спутников у Юпитера может быть только пять, а теперь мы знаем их девять. Другие случаи этого рода мы уже упоминали.

Изагая гипотезу Лапласа, мы указывали на спутник Марса Фобос, которого излишняя близость к планете противоречит гипотезе Лапласа, так как период его обращения вокруг Марса оказывается втрое меньше периода вращения Марса вокруг оси. Дарвин объясняет это действием солнечного прилива, которое уменьшило скорость вращения Марса до его нынешней величины, между тем как приливы, вызываемые спутниками, ввиду их ничтожной массы, не могли влиять на вращение планеты, и, следовательно, расстояние спутников осталось без изменения. Наклон оси Марса объясняется опять-таки действием солнечного прилива.

Теория Дарвина была подвергнута многими авторами очень жестокой критике. В частности Джемс Нолан утверждал, что только что отделившаяся от Земли Луна никогда не могла бы уцелеть в виде отдельного тела: действие земного притяжения ее неминуемо разорвало бы, превратив в кольцо метеоритов. Это возражение смутило и самого Дж. Дарвина, который стал вносить в свои вышеизложенные взгляды существенные поправки. Однако подтверждение гипотезы Дарвина пришло с совершенно неожиданной стороны—из статистики двойных звезд. Рэссель, изучая спектроскопические двойные звезды, пришел к выводу, что они представляют из себя необычайно тесные пары, где обе слагающих почти сливаются. Приливное действие

должно выражаться, как мы уже видели, в удалении слагающих друг от друга и в увеличении вытянутости орбит. Таким образом, спектроскопические двойные звезды, как более тесные, должны преобладать среди ранних спектральных типов, а визуальные двойные звезды, состоящие из звезд более удаленных друг от друга,—среди более поздних спектральных типов. Точно так же круговые или почти круговые орбиты должны преобладать среди ранних спектральных типов, а вытянутые орбиты—среди поздних. Таковы теоретические предвидения, вытекающие из гипотезы Дарвина, если предположить, что двойные звезды являются в результате разрыва первоначально единой массы. К теоретическим соображениям Дарвина нужно присоединить еще следующие теоретические выводы Джинса<sup>1)</sup>: 1) ни одна двойная звезда, образовавшаяся путем разрыва, не может иметь плотности ниже 0,23, 2) ни одна двойная звезда-гигант не может быть образована при помощи разрыва, 3) температура двойной звезды, образовавшейся путем разрыва, должна убывать. Теоретические предвидения Дарвина прекрасно подтверждаются статистикой двойных звезд<sup>2)</sup>. В самом деле, по данным Кэмпбелля мы имеем следующую таблицу:

| Тип звезды           | Число звезд | Ср. период | Ср. эксцентриситет |
|----------------------|-------------|------------|--------------------|
| Спектроскоп. двойные | 31          | 2,59 дней  | 0,04               |
|                      | 13          | 6,90 „     | 0,14               |
|                      | 33          | 73,5 „     | 0,36               |
|                      | 15          | 20,5 лет.  | 0,38               |
| Визуальные двойные   | 25          | 32,8 „     | 0,48               |
|                      | 25          | 108,1 „    | 0,51               |

С другой стороны распределение по спектральным типам показывает, что при переходе от более ранних к более поздним звездам возрастает и длина периода и вытянутость орбиты. Таким образом, теория Дж. Дарвина оказывается чрезвычайно важной для звездной астрономии. Что касается до выводов Джинса, то первый из них пока наблюдениями не подтверждается, и сам Джинс находит необходимым ввести поправку, позволяющую нижний предел плотности понизить до  $\frac{1}{60}$ . Второй и третий выводы, повидимому, гораздо лучше согласуются с наблюдениями.

1) J. H. Jeans. Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics, p. 249.

2) Campbell. Stellar Motions.

Возвращаясь к солнечной системе, мы видим, что значительные наклоны экваторов Сатурна, Урана и Нептуна к их орбитам остались без объяснения. Попытка дополнить в этом отношении работы Дарвина, опираясь также на приливное трение, была произведена Страттоном. Опираясь на вызываемое приливым трением увеличение угла наклона экватора к плоскости орбиты, Страттон доказывает, что результатом этого процесса должно было явиться для более близких к солнцу планет—до Сатурна включительно—полное опрокидывание плоскости экватора планеты с преобразованием этим путем обратного движения в прямое, при чем для Урана и Нептуна этот процесс не мог быть доведенным до конца из-за дальности расстояния. Идеи Страттона безусловно в высшей степени спорны, но они интересны как доказательство того, в какой мере еще недостаточно был проработан до конца даже такой сравнительно простой механизм, как приливное трение. Вероятно, такие же возможности таятся и в более старых механизмах Канта и Лапласа.

8. Космогонические работы Пуанкаре стоят совершенно особняком. Каждый из предшествовавших ему авторов пользовался только одним механизмом, применяя его всюду и стараясь проработать его до конца. Образование колец у Лапласа, вихри у Фая, приливное трение у Дарвина являются до такой степени руководящими, и чуть-чуть не сказал навязчивыми, идеями, что противоречащие факты даже не замечаются или молчаливо приносятся в жертву идее. Пуанкаре в каждой космогонической гипотезе интересуется ее механическая сторона. Он справедливо думает, что условия развития миров во вселенной настолько разнообразны, что лишний рабочий инструмент для их изучения никогда лишним не будет, и потому каждую космогоническую гипотезу превращает в настоящий рабочий инструмент. Си, дю-Лигондес, Фай не узнали бы своих гипотез после обработки их Пуанкаре: настолько он сумел выделить существенное и основное, откинув все остальное. Возьмем для примера вихревую гипотезу Эмиля Бело. Бело воплощает в себе худшие черты космогонистов—стремление объяснить решительно все, вводя на каждом шагу по новой гипотезе и вместе с тем не считаясь с неприятными фактами—и полную фантастичность основных положений. Однако у него оказалось математическое содержание, которое заинтересовало Пуанкаре, и в результате получился рабочий инструмент, который в некоторых частных случаях может пригодиться. Крепкий здравый смысл Пуанкаре переработал его по-своему.

Однако нельзя и обвинять Пуанкаре в эклектизме. Он определенно предпочитает гипотезу Лапласа и находит, что с поправками Роша и Дарвина она лучше объясняет нынешнее состояние солнечной системы, чем другие. Но вместе с тем Пуанкаре хорошо знает, как велико разнообразие условий во вселенной. Треть, а быть может и половина, звезд—двойные. Спиральные туманности решительно преобладают среди туманностей, и нельзя ручаться, что все спиральные туманности являются отдаленными Млечными Путиями. Среди них должны быть и газовые туманности. С другой стороны, нельзя космогоническую

проблему ограничивать отдельными звездами или туманностями. Звездные кучи, Млечные Пути являются также индивидуальностями, которых происхождение и развитие нужно выяснить. К сожалению, деятельность Пуанкаре, как небесного механика, была все время направлена на вопросы, связанные с солнечной системой, а материалы по звездной астрономии, которые есть теперь, тогда еще отсутствовали. Поэтому, хотя Пуанкаре со свойственной ему гениальной интуицией дает правильную постановку космогонических проблем, но решает он их только в границах солнечной системы. Этим определяется его место как последнего великого астронома отходящего в прошлое научного периода.

9. Какие же общие выводы можно сделать на основании изложенных нами космогонических гипотез? Как произошел мир? По Канту? По Лапласу? По Фая? Безусловно, не по Канту, не по Лапласу и не по Фая. Ценность этих гипотез в том, что они показали нам, что физико-механическое объяснение происхождения мира возможно, и дали ряд отдельных деталей, отдельных частей механизма, которые несомненно останутся при всяких преобразованиях науки. Понятие хаоса, с которым мы встречаемся в различных пониманиях у Канта, Фая, дю-Лигондеса, является теперь одним из основных научных понятий. Вихревые клетки Фая с одной стороны, туманности дю-Лигондеса с другой, одним и тем же механизмом столкновений и полустолкновений частиц превращаются в стройные, гармоничные, высокодифференцированные системы. Разница между Фаем и дю-Лигондесом состоит в том, что первоначальную упорядоченность хаоса они представляют себе по разному. Иными словами, у них начальные условия системы берутся различные, а последующее развитие происходит на основании одних и тех же механических законов. Проследить это развитие до конца пока еще не по силам математическому анализу. Поэтому оба автора принуждены прибегать к различным дополнительным гипотезам, в значительной мере произвольным, для того, чтобы вывести одно и то же конечное состояние из различных начальных данных. Трудно оспаривать возможность в отдельных случаях как тех начальных данных, которыми они пользуются, так и тех дополнительных условий, которые они вводят потом. Конечно, вторичные (планетные) вихри Фая являются большим насилием над механикой, но и здесь возможна поправка, спасающая положение<sup>1)</sup>. Таким образом, обе эти гипотезы являются только частными случаями динамики метеоритной туманности, и работа астрономов здесь вливается в обще-научное русло статистической механики. В этом и заключается капитальная ценность этих гипотез.

Космогония Лапласа относится к более позднему моменту в жизни туманности—к тому моменту, когда она из метеоритной туманности превратилась в газовую туманность, а может быть и в газовую звезду. По существу сюда же относится и теория Дарвина. Обе они являются частными случаями из теории фигур равновесия вращающихся жидких и газообразных масс. Мы уже упоминали, до какой степени

<sup>1)</sup> Sutherland. Astrophys. Journal, 34, p. 251.

сложна эта теория даже в том элементарном случае, когда действует только ньютоновское притяжение. Между тем приходится еще считаться с световым давлением, которое особенно должно чувствоваться именно в горячей газообразной туманности Лапласа, с силами магнитного поля и т. д. и т. д. Некоторые из этих сил мы уже вводим в уравнения, о других еще только говорим и высказываем догадки относительно их действия. И здесь в качестве первых элементов решения, в качестве первых приближений работы Лапласа, Роша, Дарвина, Пуанкаре имеют чрезвычайно большую ценность.

Мы видим, следовательно, что решения вопроса о происхождении мира у нас еще нет и, пожалуй, долго не будет, зато у нас есть материал для работы и первые указания относительно направления работы, а главное—твердая уверенность в возможности разрешения проблемы. Слова Канта: «Дайте мне материю, я построю из нее мир», мы можем повторить, не оглядываясь на призраки прошлого и с гордой уверенностью в победе.

ИММАНУИЛ КАНТ

ОБЩАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ И ТЕОРИЯ  
НЕБА

или

ОПЫТ ОБ УСТРОЙСТВЕ И МЕХАНИЧЕСКОМ  
ПРОИСХОЖДЕНИИ ВСЕГО МИРОЗДАНИЯ  
НА ОСНОВАНИИ НЬЮТОНОВСКИХ ЗАКОНОВ

ПЕРЕВОД ИЗБРАННЫХ МЕСТ С. Б л а ж к о



## Общая естественная история и теория неба [1].

Я избрал предмет, который как по присущей ему трудности, так и из религиозных соображений, может быть, с самого начала будет встречен большинством читателей с невыгодным для него предубеждением. Открыть то общее, что связывает великие части мироздания во всем объеме его бесконечности, вывести образование небесных тел и происхождение их движений из первоначального состояния природы на основании законов механики — такие намерения, казалось бы, далеко превосходят силы человеческого разума. С другой стороны, религия угрожает серьезными обвинениями решимости вывести из природы, предоставленной самой себе, такие последствия, в каких с правом видят непосредственное вмешательство высшего существа, и усматривает в интересе к подобным рассуждениям апологию атеизма. Я ясно вижу все эти затруднения и, однако, не падаю духом. Я чувствую всю силу противопоставляемых препятствий и, однако, не унываю. Со слабой надеждой я решился на опасное путешествие и уже вижу очертания новых земель. Те, кто имеют смелость продолжить исследование, вступят на эти земли и будут иметь счастье дать им свое имя.

План этого исследования я наметил лишь после того, как увидел себя спокойным и уверенным перед требованиями религии. Мое рвение удвоилось, когда я увидел, что с каждым шагом вперед рассеивается тот туман, который, казалось, скрывал за собою нечто чудовищное, а после своего рассеяния обнаружил в полном блеске величие высшего существа. Так как я знаю, что эти стремления свободны от всякого упрека, то я хочу точно указать, что в моем плане может отталкивать благомыслящие или слабые души, и я готов подвергнуться суду правоведающего ареопага с прямодушием и чистосердечием, кото-

[1] См. примечания.

рые обличают искреннее убеждение. Пусть поэтому защитник веры сначала выслушает то, что его касается <sup>1)</sup>.

Я пытался устранить те затруднения, которые, казалось, угрожают моим тезисам со стороны религии. Есть другие, не меньшие, со стороны самого существа дела. Если, правда, скажут мне, что бог вложил в силы природы таинственное искусство, в силу которого хаос мог самостоятельно преобразоваться в мироздание, полное совершенства, то может ли разум человеческий, столь слабый перед самыми обыкновенными вещами, исследовать скрытые свойства в таком обширном предмете? Подобное предприятие значит то же, что сказать: дайте мне материю, я построю вам из нее мир. Разве слабость проницательности твоего рассудка, который посрамляется в малейших вещах, постоянно и близко от тебя находящихся, не учит тебя, что напрасно стараться раскрыть неизмеримое и то, что было в природе, когда еще не было мира. Я уничтожу это затруднение, показавши, что из всех исследований, которые могут быть предприняты в природоведении, именно в этом исследовании можно легче всего и вернее всего дойти до исходного начала. Подобно тому, как из всех задач естествознания ни одна не разрешена с такой точностью и уверенностью, как задача об истинном устройстве мироздания в целом, о законах движений и внутреннем механизме бега планет, задача, в которую философия Ньютона внесла такое проникновение, какого напрасно было бы искать в других вопросах естествознания, — подобно этому, говорю я, из всех предметов природы, в которых ищется исходное начало, происхождение системы мира и образование небесных тел вместе с причиною их движений есть тот предмет, который раньше других можно надеяться основательно и уверенно исследовать. Причину этого легко видеть. Небесные тела суть круглые массы, следовательно, имеют простейшую форму, какую только может иметь тело, происхождение которого исследуется. Их движения также не усложнены. Они суть не что иное, как свободное продолжение раз сообщенного движения, которое, соединенное с притяжением тела, находящегося в центре, становится кругообразным. Кроме того, пространство, в котором они движутся, пусто, расстояния, ко-

<sup>1)</sup> Часть текста опускается, в дальнейшем подобные места как здесь, так и дальше обозначены чертой (Р е д).

которые отделяют их друг от друга, необыкновенно велики, так что все определенной образом расположено как для независимых движений, так и для ясного обнаружения их. Мне кажется, здесь можно было бы, рассуждая здраво, сказать без всякой дерзости: дайте мне материю, я построю из нее мир, то-есть дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен образоваться мир. Потому что, если существует материя, которая по существу одарена силой притяжения, то нетрудно определить те причины, которые могли содействовать устройению мировой системы. Известно, что требуется для того, чтобы тело приняло круглую форму; понятно, что нужно для того, чтобы свободно движущиеся тела пришли в кругообразное движение вокруг того центра, к которому они притягиваются. Положение кругов относительно друг друга, совпадение направления движений, эксцентриситет,—все можно свести на простейшие механические причины, и можно с уверенностью надеяться открыть эти причины, потому что они опираются на самые легкие и ясные основания. Но можно ли хвастаться этим, имея пред собой крошечное растение или насекомое? В состоянии ли мы сказать: дайте мне материю, и я покажу вам, как можно было бы произвести гусеницу? Не остановимся ли мы здесь на первом же шагу, в виду неизвестности истинных внутренних свойств предмета и в виду сложности заключающегося в нем разнообразия? Не должно поэтому удивляться, если я осмеливаюсь утверждать, что скорее можно будет узнать образование всех небесных тел, причину их движений, короче, происхождение всего современного устройства мироздания, чем отчетливо и вполне выяснить из механических оснований зарождение и развитие какой-нибудь травки или гусеницы.

Таковы причины, на которых я основываю мою твердую надежду, что физическая часть науки о вселенной в будущем может быть доведена до такого же совершенства, до какого Ньютон возвысил ее математическую часть. Может быть, рядом с теми законами, которые управляют мирозданием в его теперешнем состоянии, никакие другие законы во всем естествознании не поддаются математическим рассуждениям, кроме тех, на основании которых мироздание возникло, и, без сомнения, рука искусного геометра найдет здесь для обработки плодородное поле.

---

С крайней осмотрительностью я избегал всяких произвольных выдумок. Приведя мир в состояние простейшего хаоса, я для развития великого порядка природы не применял никаких других сил, кроме силы притяжения и силы отталкивания, двух сил, одинаково несомненных, одинаково простых и в то же время одинаково начальных и общих. Обе заимствованы из ньютоновой философии. Первая есть теперь несомненный закон природы. Вторую, которая в естествознании Ньютона не обнаруживается, может быть, с такою ясностью, как первая, я принимаю здесь лишь при таких обстоятельствах, при каких ее никто не будет отрицать, именно при мельчайшем разложении материи, как, напр., у паров. На этих столь простых основаниях я построил излагаемую систему, не выводя других следствий, кроме тех, на которые само по себе должно направиться внимание читателя.

---

## ВТОРАЯ ЧАСТЬ.

### Глава первая.

#### О происхождении мира планет вообще и о причинах их движений.

Расследование вселенной, имея в виду взаимные соотношения, в которых находятся друг к другу ее части, и изыскивая то, чем они указывают на причины их возникновения, имеет две стороны, обе одинаково вероятные и одинаково приемлемые. С одной стороны, если принять во внимание, что 6 планет и 9 спутников, которые описывают круги около Солнца, как около центра, все движутся в одну и ту же сторону, и именно в ту, в которую вращается само Солнце, которое управляет всеми их движениями вследствие силы притяжения; что их круги не очень отклоняются от одной общей плоскости, и именно от продолженной плоскости солнечного экватора; что у самых отдаленных, принадлежащих к солнечному миру небесных тел, где общие причины движения, вероятно, были не так сильны, как близ центра, обнаруживаются отклонения от точности этих законов, величина которых стоит в связи с малостью сообщенного им движения,—если, говорю я, взвесить все

эти соотношения, то приходится думать, что некоторая причина, какова бы она ни была, имела одно и то же значение на всем пространстве системы и что согласие в направлении и расположении планетных кругов есть следствие того согласия, которое все они имели с той материальной причиной, от которой они пришли в движение.

С другой стороны, если мы исследуем пространство, в котором планеты нашей системы совершают свои обращения, то находим, что оно совершенно пусто <sup>1)</sup> и лишено всякой материи, которая могла бы оказать одинаковое влияние на эти небесные тела и вызвать одинаковость их движений. Это обстоятельство совершенно несомненно и даже превосходит, если это возможно, вероятность первого рассуждения. На этом основании Ньютон не мог признать никакой материальной причины, которая, будучи распространена во всем пространстве мира планет, могла бы произвести общность движений. Он утверждал, что непосредственно рука божия установила этот порядок без применения сил природы.

Мы видим при беспристрастном рассуждении, что с обеих сторон основания здесь одинаково сильны и что им можно приписать одинаковое доверие. Но столь же ясно, что должно быть некоторое представление, в котором оба эти, повидимому, противоречащие друг другу соображения могут и должны быть соединены, и что в этом представлении следует искать истинную систему. Мы укажем на него вкратце. В теперешнем устройстве пространства, в котором движутся шары всего мира планет, не существует материальной причины, которая могла бы сообщать им движения или направлять их. Это пространство совершенно пусто или почти пусто; следовательно, некогда оно должно было быть иначе устроенным и быть наполненным материей, способной передать движение всем находившимся в ней небесным телам и сделать движения их одинаковыми с ее собственным движением, а следовательно, и между собою; а после того как притяжение очистило это пространство и всю распространенную в нем материю собрало в отдель-

---

<sup>1)</sup> Я не исследую здесь, можно ли это пространство назвать пустым в совершенно точном смысле этого слова. Потому что достаточно указать, что вся материя, которая может находиться в этом пространстве, слишком недостаточна для того, чтобы оказать какое-нибудь действие на те движущиеся массы, о которых идет речь.

ные комки, планеты и принуждены теперь в силу некогда сообщенного им движения совершать свои обращения свободно и нерушимо в пространстве, не оказывающем этим движениям сопротивления. Ранее приведенные как вероятные соображения требуют непременно такого представления, а так как у нас нет иного выбора, то указанное представление может быть принято с полным доверием, которое делает его выше простой гипотезы. Можно было бы, если бы пожелать более подробного изложения, рядом одно из другого вытекающих заключений, на манер математического метода, со всей пышностью, которую он с собой несет, и с еще большим блеском, чем это обыкновенно бывает при его применении в физических вопросах, в конце концов притти к тому представлению о происхождении мироздания, которое я изложил. Но я предпочитаю лучше представить мои мнения в виде гипотезы и предоставить проницательности читателя оценить ее достоинства, чем рисковать блеском хитросплетенных рассуждений сделать их справедливость подозрительной и таким образом привлечь к себе невежд, но утратить сочувствие знатоков дела.

Я принимаю, что вся материя, из которой состоят шары, принадлежащие к нашему солнечному миру, все планеты и кометы, в начале всех вещей, была разложена на ее элементарные части и заполняла все то пространство вселенной, в котором теперь движутся эти тела. Такое состояние природы, если рассматривать его само по себе, не имея в виду системы, представляется самым простым, и дальше него может быть лишь ничто. В это время еще ничего не образовалось. Образование отдельно расположенных небесных тел, расстояния их, соразмеренные с притяжением, их форма, происшедшая от равновесия собравшейся материи,—все это относится к позднему состоянию. Природа, которая только что была создана, была так груба, так бесформенна, как только возможно. Однако в существенных свойствах элементов, из которых состоял хаос, можно уже сыскать признак того совершенства, которое они имели с самого начала их образования, так как их сущность есть следствие вечной идеи божественного Разума. Простейшие, самые общие свойства, которые, повидимому, намечены без всякого плана; материя, которая кажется совершенно инертной, бесформенной и неупорядоченной, имеет в своем простейшем состоянии стремление преобразоваться в более организованную

путем естественного развития. Однако различие в родах элементов более всего способствует возбуждению движения в материи и организации хаоса, так как вследствие этого нарушается покой, который царил бы при полной одинаковости рассеянных элементов, и хаос начинает формироваться около частиц, притягивающих сильнее других. Разнообразие частей этой основной материи, без сомнения, бесконечно, сообразно с той беспредельностью, которую природа обнаруживает во всем. Элементы, имеющие ббльшую плотность и силу притяжения, которые сами по себе занимают меньший объем и встречаются реже других, будут в мировом пространстве более рассеяны, чем более легкие. Элементы с удельным весом, в тысячу раз ббльшим, в тысячу, а может быть, и в миллион раз, более рассеяны, чем элементы во столько же раз более легкие. И так как разнообразие при этом нужно представлять столь бесконечным, как только это возможно, то оказывается, что каковы бы ни были частицы одного какого-либо рода, другие превосходят их по плотности в такой же мере, как шар с радиусом мира планет превосходит другой с поперечником в тысячную долю линии; следовательно, более плотные элементы будут рассеяны друг от друга на расстояния во столько же раз ббльшие, чем элементы более легкие.

В пространстве, заполненном таким образом, общий покой продолжается лишь одно мгновение. Элементы по существу обладают способностью приводить друг друга в движение и сами по себе суть источники жизни. В материи тотчас является стремление формироваться. Рассеянные элементы более плотного рода собирают посредством притяжения окружающую их материю меньшего удельного веса; но они сами вместе с материей, которую они присоединили к себе, собираются в тех точках, где находятся частицы еще более плотного рода; эти последние подобным же образом собираются у еще более плотных, и так далее. Если поэтому мысленно проследить за этой формирующейся природой на всем пространстве хаоса, то легко видеть, что все последствия этого действия, в конце концов, будут состоять в образовании различных комков, которые по завершении их образования навсегда остались бы в покое и неподвижными вследствие равенства притяжения.

Однако природа имеет в запасе еще другие силы, которые преимущественно обнаруживаются в том случае, если материя

разложена на мелкие частицы; вследствие этих сил частицы отталкивают друг друга, и от борьбы этих сил с притяжением происходит то движение, в котором заключается длительная жизнь природы. Вследствие этой отталкивательной силы, которая обнаруживается в упругости паров, в рассеянии сильно нахнувших тел и в расширении всяких газов и которая есть несомненное явление в природе, все элементы, падающие к их центрам притяжения, отклоняются в сторону от их прямолинейного движения, и их отвесное падение преобразовывается в круговые движения, охватывающие центр падения. Чтобы ясно понять образование мироздания, мы вместо всей безграничной природы ограничим наше рассмотрение одной отдельной системой, той, которая принадлежит нашему Солнцу. После того, как мы рассмотрим ее образование, мы перейдем также к происхождению миров выших порядков и объединим в одном учении бесконечность всего творения.

Если поэтому в очень большом пространстве находится точка, где притяжение находящихся там элементов действует вокруг себя сильнее, чем в других местах, то рассеянное в окружающем пространстве основное вещество элементарных частичек будет падать к этой точке. Первым действием этого общего падения будет образование в этом центре притяжения тела, которое, так сказать, из бесконечно малого зародыша быстро растет, и в той же мере, как растет его масса, оно все с большей силой побуждает окружающие части к соединению с ним. Если масса этого центрального тела возрастет в такой степени, что скорость, с которою она притягивает частицы с больших расстояний, уклоненная в сторону вследствие слабого отталкивания, которым эти частицы мешают друг другу, превращается в боковое движение по кругу, охватывающему центральное тело вследствие его притягивательной силы, то образуются большие вихри частиц, из которых каждый описывает кривые линии вследствие сложения силы притяжения и направленной в сторону силы круговращения; все эти круги пересекают друг друга, так как это позволяет им большое рассеяние их в этом пространстве. Однако эти движения, разнообразно несогласные одно с другим, естественным образом стремятся привести друг друга в согласие, т.-е. в такое состояние, чтобы каждое движение как можно меньше мешало другим. Это происходит, во-первых, потому, что частицы до тех пор стесняют

движение других частиц, пока все они не станут двигаться в одном направлении; во-вторых, потому, что частицы до тех пор сокращают свое вертикальное движение, вследствие которого они приближаются к центру притяжения, пока все они не станут двигаться горизонтально, т. е. по параллельно идущим кругам вокруг Солнца, как центра, перестанут взаимно пересекаться и вследствие равновесия силы движения с силой падения будут сохранять свободное обращение на той высоте, где они движутся; так что, наконец, во всем протяжении пространства останутся в движении лишь те частицы, которые получили вследствие их падения такую скорость, а вследствие сопротивления других частиц такое направление, что они могут продолжать свободное круговое движение <sup>1)</sup>. В этом состоянии, так как все частицы движутся в одном направлении и по параллельно бегущим кругам, именно в свободных круговых движениях, вследствие достигнутой ими силы движения вокруг центрального тела устранено всякое противодействие и столкновение элементов, и все находится в состоянии наименьшего взаимодействия. Это есть естественное состояние, к которому всегда приходит материя, если в ней существуют противоречивые движения. Ясно поэтому, что из массы рассеянных частиц значительная часть вследствие сопротивления, в силу которого они стремятся привести друг друга к такому состоянию, должна иметь такую одинаковую судьбу; хотя гораздо большее число их в такое состояние не придет и служит лишь к тому, чтобы увеличить ком центрального тела, на которое они падают, так как не могут удержаться на той высоте, где они движутся, но пересекают круги нижних частиц и, наконец, вследствие сопротивления теряют всякое движение. Это тело в центре притяжения, которое вследствие этого по количеству собравшейся в нем материи становится главной частью планетной системы, есть Солнце, хотя оно тогда еще не имеет того пылающего жара, который возникает на его поверхности по завершении его формирования.

Еще нужно заметить, что если, как было указано, все элементы формирующейся природы движутся в одном направлении вокруг Солнца, то при таких, в одну сторону направленных

---

<sup>1)</sup> Здесь и содержится знаменитая механическая ошибка Канта, удачно избегнутая Лапласом (Ред.)

обращениях, которые все совершаются вокруг одной общей оси, подобное вращение тонкой материи не может быть постоянным; потому что по законам центрального движения плоскости всех кругов должны пересекать центр притяжения; но между всеми этими кругами с общею осью и с одинаковым направлением движения есть только один, который пересекает центр Солнца, поэтому вся материя по обе стороны этой воображаемой оси стремится к тому кругу, который проходит через ось вращения как раз в центре общего падения. К плоскости этого круга стремятся все движущиеся около нее элементы, около нее они собираются так тесно, как только возможно, и, напротив, удаленные от нее области становятся пустыми; потому что те элементы, которые не могут подойти близко к этой плоскости, к которой все стремится, не могут навсегда остаться в тех местах, где они движутся, но, вследствие столкновений с носящимися вокруг них элементами, окончательно падают на Солнце.

Если мы теперь рассмотрим это основное вещество мировой материи в том состоянии, в какое оно приведено притяжением и механическим последствием общего закона сопротивления, то увидим пространство, заключенное между двумя не очень удаленными друг от друга плоскостями, между которыми находится общая плоскость притяжения, простирающаяся от центра Солнца на неизвестные расстояния, и в нем все частицы, каждая сообразно со своим расстоянием и притяжением, которое там существует, свободно совершают размеренные движения по круговым орбитам; и так как при таком расположении они мешают друг другу так мало, как только это возможно, то они остались бы в таком состоянии навсегда, если бы взаимное притяжение этих частиц основного вещества не начало тотчас же обнаруживать свое действие и не вызвало, таким образом, новые образования, зародыши планет, которые должны впоследствии появиться. В самом деле, так как элементы, движущиеся вокруг Солнца по параллельным кругам при не очень большой разнице в их расстояниях от Солнца, вследствие равенства их параллельных движений находятся почти в плоское относительно друг друга, то притяжение этих элементов, с исключительной присущей им силой, тотчас начинает производить значительное действие <sup>1)</sup>—собрание ближайших частиц для

<sup>1)</sup> Начало образующейся планеты нельзя искать только в ньютоновом притяжении. При частицах столь исключительной малости оно действовало

образования тела, которое по мере возрастания его массы распространяет свое притяжение все дальше и побуждает элементы, далеко отстоящие, к соединению с собой. Образование планет в этой системе основывается прежде всего на том, что возникновение материи влечет за собой в то же самое время возникновение движений и установление орбит, и что даже отклонения от наибольшей одинаковости в этих процессах, равно как и полное совпадение в них, обнаруживаются в один момент. Планеты образуются из тех частиц, которые на тех расстояниях, где они носятся, имеют движение точно по кругам, поэтому составленные из них массы будут продолжать эти самые движения, с тою же самою скоростью, по тому же самому направлению. Этого достаточно, чтобы видеть, почему движение планет приблизительно кругообразно и почему их орбиты расположены в одной плоскости. Орбиты были бы совершенно точными кругами<sup>1)</sup>, если бы расстояние, с которого они собирают элементы для своего образования, было очень мало и, следовательно, разница их движений была бы очень незначительна. Но так как нужен большой объем, чтобы из тонкого основного вещества, которое так сильно рассеяно в небесном пространстве, образовался плотный ком планеты, то и различие расстояний этих элементов от Солнца и различие их скоростей уже не незначительны, а потому для того, чтобы при этих различиях у планеты получилось соответствие между центральной силой и круговым движением, необходимо, чтобы частицы, собирающиеся к ней из различных расстояний и с различными движениями, точно возмещали недостатки друг друга, и хотя это и совершается

бы слишком медленно и слабо. Скорее можно сказать, что в этом пространстве первый зародыш образуется от схождения нескольких элементов, которые собираются вместе на основании обыкновенных законов соединения до тех пор, пока образующийся таким образом комок не возрастет постепенно до такой степени, что ньютоново притяжение окажется в состоянии еще больше увеличивать его своим действием на расстоянии.

1) Такое в точности круговое движение свойственно собственно только близким к солнцу планетам; потому что относительно больших расстояний, где образовались наиболее удаленные планеты и кометы, легко подозревать, что там, вследствие того, что падение основного вещества гораздо слабее, а объем пространства, в котором оно рассеяно, гораздо больше, элементы сами по себе уже отклоняются от точного кругового движения, а потому и тела, которые из них образовались, движутся не по круговым орбитам.

действительно довольно точно<sup>1)</sup>, но так как это возмещение все-таки не бывает полным, то появляется отклонение от кругового движения и эксцентриситет. Столь же легко объясняется и то, что, хотя круги всех планет по закону должны быть в одной плоскости, однако, и в этом отношении случается небольшое отклонение, потому что, как уже упомянуто, элементарные частицы, хотя и находятся как можно ближе к общей плоскости их движений, однако, все же наполняют некоторое пространство по обе стороны от нее; ведь только вследствие слишком счастливой случайности решительно все планеты могли бы начать образовываться как раз в этой плоскости; поэтому и происходит некоторое взаимное наклонение их орбит, хотя стремление частиц удаляться как можно менее по обе стороны этой плоскости полагает этому наклонению узкие пределы. Нельзя поэтому удивляться, что и здесь, как у всех вещей в природе, мы не находим полного совершенства, потому что вообще разнообразие обстоятельств, влияющих на каждое явление природы, не допускает совершенно точной закономерности.

---

### Глава седьмая.

О бесконечном протяжении творения как в пространстве, так и во времени.

Вселенная своей неизмеримой громадностью, безграничным разнообразием и красотой, которые сияют в ней со всех сторон, повергает дух в немое удивление. Но если представление всего этого совершенства возбуждает наше воображение, то, с другой стороны, разум приходит в восхищение при мысли, что такое великолепие, такое величие проистекают из одного общего закона в вечном и совершенном порядке. Мир планет, в котором Солнце из центра всех кругов своим могучим притяжением принуждает населенные шары его системы к движению по вечным кругам, весь, как мы видели, обра-

---

<sup>1)</sup> Потому что частицы из близкой к Солнцу области, имеющие большую скорость обращения, чем та, которая соответствует месту, где они собираются в планету, возмещают тот недостаток скорости, которого не хватает у частиц, собирающихся к тому же месту из мест более далеких от солнца чтобы двигаться по кругу на расстоянии планеты.

зовался из первоначально рассеянных элементов мирового вещества. Все звезды, которые глаз открывает в глубине неба, где они, повидимому, рассеяны без счета, суть солнца и центры подобных систем. По аналогии нельзя сомневаться в том, что эти системы возникли и образовались таким же образом, как та, в которой мы находимся, из тех мельчайших частиц элементарного вещества, которое наполняло пустое пространство, бесконечный простор божеского присутствия.

Если теперь все миры и системы миров обнаруживают один и тот же порядок своего происхождения, если притяжение всеобщее и неограниченно и отталкивание элементов также действует повсеместно, если по сравнению с бесконечным большое и малое одинаково мало, то не должны ли были бы все миры получить взаимосоотношение в их устройстве и систематическую связь между собою, подобно небесным телам нашего солнечного мира, как Сатурн, Юпитер и Земля, которые представляют собою обособленные системы, и однако связаны друг с другом как члены еще большей системы? Если в неизмеримом пространстве, где образовались все солнца Млечного Пути, допустить одну точку, вокруг которой, я не знаю, по какой причине, началось первое образование природы из хаоса, то там должна была образоваться наибольшая масса и тело необыкновенного притяжения, которое поэтому было в состоянии принудить все системы, образующиеся вокруг него в пределах огромной сферы, падать к нему, как к центру, и образовать вокруг него подобную же огромную систему, какую в малом виде образовали возникшие из элементарного вещества планеты вокруг Солнца. Наблюдение делает это предположение почти несомненным. Огромное количество звезд, располагаясь около общей плоскости, образуют одну систему, как планеты нашего солнечного мира вокруг Солнца. Млечный Путь есть зодиак этих миров высшего порядка, которые отступают от его пояса как можно меньше, и полоса его вечно светится их светом, подобно тому, как зодиак планет светится там и сям светом этих шаров, хотя лишь в очень немногих точках. Каждое из этих солнц само образует с обращающимися вокруг него планетами особую систему; однако это не мешает ему быть членом еще большей системы, подобно тому, как Юпитер или Сатурн, несмотря на свиту их спутников, входят в систематический строй еще большего мироздания. Разве нельзя из столь

точного согласия в устройстве сделать заключение об одинаковой причине и одинаковом способе образования?

Но если звезды образуют одну систему, объем которой определен притягательной силой того тела, которое находится в центре, то не существует ли многих солнечных систем, так сказать, многих млечных путей, которые образовались в безграничном просторе мирового пространства? Мы с удивлением заметили на небе предметы, которые суть не что иное, как системы звезд, расположенные около общей плоскости, млечные пути, если можно так выразиться, которые при различном расположении относительно глаза представляются в виде эллипсов с яркостью, ослабленной сообразно с их бесконечным расстоянием; это системы с поперечником, так сказать, в бесконечное число раз бóльшим, чем диаметр нашей солнечной системы; но без сомнения, они возникли тем же путем, теми же причинами устроены и приведены в порядок, и сохраняют свой строй действием такого же механизма, как и наша система.

Если и эти звездные системы рассматривать как звенья великой цепи вселенной, то по той же самой причине, как раньше, можно представлять себе их во взаимном соотношении, связанными в новую, еще бóльшую систему силою господствующего во всей природе закона первого образования; эта система управляется из центра ее правильного расположения притяжением тела с несравненно более могучей притягательной силой, чем все предыдущие тела. Притяжение, которое является причиной расположения звезд Млечного Пути в одну систему, действует еще и на расстояниях этих упорядоченных миров, стремясь свести их с их мест и обратить мир в хаос, что неизбежно случилось бы, если бы правильно распределенные силы движения не уравнивали бы притяжения и не вызывали бы в связи с притяжением те соотношения, которые являются основанием образования системы. Притяжение есть, без сомнения, столь же широко распространенное свойство материи, как само существование материи в пространстве, оно связывает вещества взаимною связью, или, собственно говоря, притяжение есть именно та обшая связь, которая соединяет части природы в пространстве, следовательно, оно распространяется на все протяжение его, на все расстояния его бесконечности.

Проследим созидание этой общей системы природы на основании механических свойств материи, стремящейся к формированию; в бесконечном пространстве, где рассеяно элементарное вещество, в каком-либо месте должно быть особенно плотное скопление этого вещества, чтобы путем возникновения там главного образования у всей вселенной была масса, которая служила бы ей точкою опоры. Правда, что в бесконечном пространстве собственно никакая точка не имеет преимущества перед другими, чтобы называться центром; но ввиду того соображения, основанного на степени плотности основного вещества, что оно в момент его творения на некотором месте было скоплено особенно плотно, а с расстоянием от этого места рассеяние вещества увеличивалось, можно такую точку с преимущественным правом назвать центром, и она действительно становится им вследствие образования здесь центральной массы с сильнейшим притяжением, к которой падает вся остальная частично формирующаяся элементарная материя; и таким образом, насколько только может распространяться развитие природы в бесконечной сфере творения, из всего целого образуется единая система.

Но что особенно важно и что заслуживает наибольшего внимания, это то, что вследствие упорядочивания природы в этой нашей системе, творение или, скорее, образование природы впервые начинается у этого центра и, непрерывно расширяясь, постепенно распространяется на самые далекие расстояния, чтобы с течением вечности наполнить бесконечное пространство мирами и системами миров. Остановимся в тихом восхищении одно мгновение над этим представлением. Я не знаю ничего, что могло бы повергнуть дух человека в более благородное удивление, открывая ему взгляд в бесконечную область всемогущества, чем та часть теории, которая касается последовательного хода творения. Если согласиться со мною, что материя, которая представляет собой вещество для образования всех миров, распространена во всем бесконечном пространстве божеского присутствия не равномерно, но по некоторому определенному закону, который относится, может быть, к плотности частиц и по которому, начиная от определенной точки как места наибольшего сгущения, рассеяние первоначального вещества убывает с расстоянием от этого центра, то при начальном движении природы формирование начинается в этой точке,

и затем с течением времени более далекое пространство постепенно образует миры и системы миров в определенном расположении относительно этого центра. В каждый конечный период, продолжительность которого находится в соответствии с обширностью совершающегося дела, доходит до формирования только конечная сфера вокруг этого центра, остальная же бесконечная часть остается еще в беспорядке и хаосе и тем более удалена от состояния окончательного образования, чем больше ее расстояние от сферы уже сформировавшейся природы. Вследствие этого, если мы с места нашего пребывания во вселенной наблюдаем, повидимому, вполне сформировавшийся мир и, так сказать, бесконечное множество миров, связанных в одну систему, то это потому, что мы находимся, собственно говоря, близко от центра всей природы, где она уже развилась из хаоса и достигла надлежащего совершенства. Если бы мы могли перейти некоторую сферу, мы увидели бы там хаос и рассеяние элементов, которые по мере приближения к этому центру отчасти теряют грубое состояние и приближаются к достижению совершенства, а по мере удаления от него постепенно теряются в совершенном рассеянии. Мы увидели бы, что бесконечное пространство божественного присутствия, в котором находится запас для всех возможных образований природы, погружено в тихую ночь, но полно материи, которая послужит в будущем для образования миров, и пружин для приведения ее в движение; в ней чуть-чуть возбуждаются те движения, вследствие которых со временем оживится это неизмеримое пустынное пространство. Протек, может быть, ряд миллионов лет и столетий, прежде чем та сфера организованной природы, в которой мы находимся, достигла совершенства, которым она теперь обладает; и, может быть, пройдет столь же длинный период, прежде чем природа сделает другой такой же шаг в хаосе; но сфера сформировавшейся природы непрестанно стремится расшириться. Творение не есть дело одного мгновенья. После того как оно началось с создания бесконечности веществ и материи, оно действует во все течение вечности с постоянно возрастающей плодovitостью. Протекут миллионы и целые горы миллионов столетий, в течение которых образуются один за другим и достигнут совершенства все новые и новые миры и системы миров на далеких расстояниях от центра природы; помимо систематического расположения их частей они будут в общей связи с той точкой, где

началось формирование и которая стала центром творения вследствие притягательной силы ее преобладающей массы. Бесконечность грядущего времени неисчерпаемой вечности оживит вполне все пространства божеского пребывания и постепенно доведет их до совершенства, соответствующего совершенству его плана; если бы можно было смелой мыслью соединить всю вечность, так сказать, в одном представлении, то можно было бы представить и все бесконечное пространство наполненным системами миров и творение законченным. Но так как в действительности в течении вечности остяющаяся часть всегда бесконечна, а истекшая конечна, то сфера образовавшейся природы всегда есть только бесконечно малая часть того целого, которое содержит в себе семена будущих миров и стремится в короткие или длинные периоды развиться из грубого состояния хаоса. Творение никогда не завершено. Некогда оно началось, но оно никогда не прекратится.

---

Немалое удовольствие заключается в том, чтобы силою воображения выйти за границы уже оконченного творения в область хаоса и видеть, как наполовину грубая природа по близости к сфере образовавшегося мира, постепенно переходя через все ступени и оттенки неупорядоченности, теряется в остальном, еще не организованном пространстве. Но, скажут, не является ли это достойной порицания дерзостью, если набрасывают гипотезу и выставляют ее как предмет забавы для ума, гипотезу, может быть, совершенно произвольную, что природа сформировалась только в бесконечно малой своей части, и что бесконечные пространства еще находятся в борьбе с хаосом, чтобы по истечении будущих времен представить множество миров и систем миров в надлежащем порядке и во всей красоте? Я не в такой мере держусь за следствия моей теории, чтобы не признать, что предположение о постепенном распространении творения чрез бесконечные пространства, содержащие материал для созидания, не вполне свободно от упрека в недоказанности. Однако со стороны тех, которые в состоянии оценить степень вероятности, я ожидаю, что подобная карта бесконечности, хотя она касается предмета, который, повидимому, навеки скрыт от человеческого понимания, не будет, однако, по этой причине сразу встречена как пустая фантазия, в особен-

ности, если призвать на помощь аналогию, которою мы всегда должны руководствоваться в тех случаях, где у разума отсутствует нить безупречных доказательств.

Но можно поддержать аналогию еще другими приемлемыми соображениями, и проникательность читателя, если я могу льстить себя его вниманием, может быть, сможет прибавить еще более важные выводы. Ибо нужно принять во внимание, что творение не имеет характера незыблемости, поскольку в нем общему стремлению притягательных сил не противопоставлено столь же повсеместных сил, которые могли бы противодействовать стремлению первых к уничтожению и к беспорядку, кроме сил вержения, которые в соединении с падением к центру определяют общее устройство системы; поэтому необходимо допустить общий центр всей вселенной, который все части ее сдерживает связью определенных соотношений и из всей совокупности природы образует единую систему.

---

Если взвесить всю развиваемую мной гипотезу в полном объеме, как то, что я уже сказал, так и то, что я в сущности еще изложу, то смелость ее притязаний будет сочтена, по крайней мере, заслуживающей снисхождения. Неизбежное стремление к гибели, которое несет в себе каждое доведенное до совершенства мироздание, может быть причислено к основаниям, которые доказывают, что вселенная, напротив, должна быть в одних местах богата мирами, чтобы возместить недостаток их в других местах. Ведь вся известная нам часть природы, хотя она есть лишь атом в сравнении с той частью, которая остается для нас скрытой, будучи выше или ниже круга нашего зрения, свидетельствует об этом плодородии природы, безграничном, потому что оно есть не что иное, как проявление божественного всемогущества. Бесчисленное множество животных и растений погибает ежедневно жертвами бренности, но природа в других местах производит не меньшее число их вследствие неисчерпаемой способности к производству и заполняет пустоты. Значительные части обитаемой нами суши будут опять погребены в море, из которого они вышли в благоприятное время; но в других местах природа восполняет недостаток и вызывает наружу другие местности, скрытые в глубинах, чтобы распространить на них новые богатства своего

плодородия. Точно так же погибают миры и системы миров и поглощаются бездной вечности; однако созидание никогда не прекращается: в других местах неба возникают новые образования, и убыль восполняется с избытком.

Не нужно удивляться тому, что мы находим смерть даже в величайшем божием творении. Все, что конечно, что имеет начало и происхождение, несет в себе знак своей ограниченной природы, должно погибнуть и иметь конец. Время существования мироздания по совершенству его устройства настолько велико, что, по нашим представлениям, граничит с бесконечным существованием. Может быть, тысячи, может быть, миллионы столетий не уничтожат его; но так как тление, присущее всей конечной природе, постоянно работает над разрушением его, то вечность содержит в себе все возможные периоды, чтобы привести, наконец, момент его гибели вследствие постепенного распада.

---

Мы не должны, однако, сожалеть о гибели мироздания, как о настоящей потере природы. Она доказывает свое богатство той расточительностью, с какой она, в то время как некоторые части платят долг смерти, бесчисленными новыми созданиями поддерживает без ущерба в полном объеме свое совершенство. Какое бесчисленное множество цветов и насекомых губит один холодный день; но как плохо мы замечаем это, хотя они были великолепными изделиями природы и свидетелями божеского всемогущества; на другом месте эта убыль возмещается с избытком. Сам человек, который кажется высшим произведением творческой силы, не изъят из этого закона. Природа показывает, что она одинаково богата, одинаково неисчерпаема в произведении как самых выдающихся, так и самых ничтожных творений и что самая гибель их есть необходимая тень в разнообразии ее солнц, потому что произведение их ей ничего не стоит. Вредные действия зараженного воздуха, землетрясения, наводнения уничтожают целые народы на земле; однако не видно, чтобы природа терпела от этого какой-либо ущерб. Подобно этому целые миры и системы миров покидают сцену, после того как они сыграли свою роль. Бесконечность творения достаточно велика, чтобы относительно ее мир или млечный путь миров рассматривать так же, как цветок или насекомое по отношению к земле.

---

Привыкнем же смотреть на эти ужасные катастрофы как на обычные пути провидения и даже рассматривать их с некоторым чувством удовлетворения. Действительно, ничто более этого не соответствует богатству природы. Ибо, если система мира за долгое время своего существования исчерпала все разнообразие, которое может заключаться в ее устройстве, если она станет только излишним звеном в цепи существующего, то вполне достойно, чтобы она сыграла в пьесе текущих изменений вселенной последнюю роль, которая приличествует всему конечному, именно уплатила долг смерти. Природа обнаруживает, как упомянуто, уже в малой части ее целого это правило ее поведения, которое в общем предписано ей вечной судьбой, и я повторяю еще раз, что размер должествующего погибнуть ни в какой мере не является здесь препятствием, потому что все великое оказывается малым, даже просто только точкою в сравнении с бесконечным, которое творение создает в безграничном пространстве в течение вечности.

Повидимому, этот роковой конец миров, равно как всех вещей в природе, подвержен некоторому закону, рассмотрение которого придает нашей теории новую черту правдоподобия. По этому закону гибель миров начинается с тех, которые находятся ближе всего к центру вселенной, подобно тому как возникновение и образование началось впервые у этого центра; отсюда разрушение, гибель распространяется постепенно на более далекие расстояния, чтобы, в конце концов, весь мир, прошедший свой период времени, постепенным уничтожением движений похоронить в одном хаосе. С другой стороны, на противоположной границе образовавшегося мира природа неустанно работает над созиданием миров из грубого материала рассеянных элементов и, стареясь в одном месте, у центра, она в другом месте молода и богата новыми образованиями. Поэтому организованный мир находится в границах между развалинами разрушенных миров и хаосом еще несформировавшейся природы, и если представить себе, что, вероятно, мир, достигший совершенства, существует более продолжительный срок, чем время, которое нужно было для его образования, то, несмотря на все опустошения, какие непрестанно производит смерть, границы вселенной все же расширяются. Если, наконец, выразить еще одну мысль, которая столь же вероятна, как и соответственна устройству божеских творений, то удовлетво-

рение, которое возбуждается этим изображением изменений природы, возвысится до высочайшей степени. Нельзя ли думать, что природа, которая смогла из хаоса привести себя в закономерный порядок и в стройную систему, будет также в состоянии из нового хаоса, в который повергло ее уменьшение ее движений, столь же легко вновь восстановить себя и возобновить бывшие связи? Не могут ли пружины, которые привели вещество рассеянной материи в движение и порядок, после того как остановка машины привела их в покой, более расширенными силами быть опять приведены в действие и по тем же общим законам ограничить себя до согласованности и, таким образом, довести до завершения первоначальное устройство? Без колебания можно согласиться с этим, если подумать, что, после того как окончательная слабость вращательных движений в мироздании низвергнет все планеты и кометы на солнце, его жар получит неизмеримое увеличение вследствие смещения столь многих и больших масс, в особенности потому, что отдаленные шары солнечной системы, в силу нашей ранее доказанной теории, содержат в себе самое легкое вещество всей природы и, в особенности, способное дать жар. Этот жар, доведенный до величайшей силы вследствие свежего питания и самой летучей материи, без сомнения, не только разложит все вновь на мельчайшие элементы, но с силой рассеяния, сообразной с силою жара, и со скоростью, неослабленной никаким сопротивлением в пространстве, распространит эти элементы и рассеет их вновь в том же самом огромном пространстве, которое они занимали до первого формирования природы, чтобы затем, после того как сила центрального огня, вследствие почти полного рассеяния его массы, ослабеет, повторить с неменьшей правильностью, путем соединения притягательных и отталкивательных сил, прежние произведения и образовать новое мироздание. И если, таким образом, каждая отдельная система планет обращается в развалины и из них вновь образуется присущими ей силами, если эта игра повторится не раз, то приблизится, наконец, время, когда подобным же образом великая система, членами которой являются солнца, уничтожением ее движений соберется в хаос. Здесь можно еще менее сомневаться в том, что соединение столь бесконечного количества огненных масс, какими являются эти горящие солнца вместе со свитами их планет, разложит несказанным жаром

вещество этих масс, рассеет в прежнем пространстве сферы их образования и даст материал для новых образований путем тех же механических законов, вследствие чего пустынное пространство может вновь оживиться мирами и системами миров. Если мы чрез всю бесконечность времени и пространства проследим этот феникс природы, который лишь затем сжигает себя, чтобы вновь молодым возродиться из своего пепла, если обратим наше внимание на то, как природа даже там, где она распадается и стареется, неисчерпаема в новых образованиях, а на другой границе творения, в пространстве неоформленной, грубой материи, непрестанно идет к расширению плана божественного откровения, чтобы как вечность, так и все пространство наполнять чудесами — то дух наш, размышляя обо всем этом, погружается в глубокое удивление; но, еще не довольствуясь этим обширным предметом, бренность которого не может удовлетворить душу, он стремится ближе узнать то существо, разум и величие которого есть источник того света, который, как из центра, распространяется по всей природе.

---

П. ЛАПЛАС

# О ПРОИСХОЖДЕНИИ МИРА

(Сельмое примечание к «Изложению системы мира»)

Перевод Ю. И. Костицной



## О происхождении мира [2].

На существование общей причины первоначальных движений планетной системы нам указывают следующие пять явлений: движение планет в одном направлении и, приблизительно, в одной плоскости; движения спутников в направлении, одинаковом с направлением движения планет; вращательные движения этих различных тел и Солнца в одном направлении с направлением их обращения и в мало-разнящихся плоскостях; небольшой эксцентриситет орбит как планет, так и спутников; наконец, большой эксцентриситет кометных орбит, при случайных углах их наклонения.

Насколько мне известно, со времени открытия истинной системы мира только Бюффон пытался установить происхождение планет и спутников. Он полагает, что некоторая комета при своем падении на Солнце вытолкнула из него поток вещества, который на некоторых расстояниях преобразовался в шары различных величин, более или менее удаленные от Солнца. Эти-то шары, ставшие вследствие охлаждения твердыми и непрозрачными, и являются планетами и их спутниками.

Эта гипотеза объясняет первое из упомянутых явлений; ибо ясно, что все тела, возникшие таким путем, должны двигаться в плоскости, приблизительно проходящей через центр Солнца и через направление потока вещества, образовавшего их; остальные четыре явления мне кажутся необъяснимыми этим путем. Действительное абсолютное движение молекул планеты должно тогда быть направлено одинаково с движением ее центра тяжести, но отсюда не следует, чтобы планета вращалась в том же направлении; таким образом, Земля могла бы вращаться с востока на запад, и, однако, абсолютное движение

каждой из ее молекул было бы направлено с запада на восток. Это применимо и к обращению спутников вокруг планет, направление которого, по данной гипотезе, не должно неизбежно совпадать с направлением движения планет.

Явлением, не только очень трудно объяснимым этой гипотезой, но прямо противоречащим ей, является малый эксцентриситет планетных орбит. Известно из теории центральных сил, что если тело, перемещаясь по замкнутой кривой, описанной вокруг Солнца, почти касается его поверхности, то это неизменно будет повторяться при каждом обращении; отсюда следует, что если бы планеты при возникновении отделились от Солнца, то они касались бы его при каждом возвращении к нему, а их орбиты были бы не круговыми, а весьма эксцентрическими. Правда, поток вещества, оторвавшийся от солнца, нельзя, строго говоря, сравнить с шаром, касающимся его поверхности; взаимные импульсы и взаимное притяжение отдельных частей потока могут, изменяя направление их движений, отдалить их перигелии от солнца. Тем не менее их орбиты должны были бы оставаться сильно эксцентрическими и, если бы они все имели малые эксцентриситеты, это было бы самой необычайной случайностью. Наконец, из гипотезы Бюффона не видно, почему орбиты более чем сотни уже наблюдавшихся комет имеют все сильно вытянутую форму; таким образом, эта гипотеза далеко не объясняет вышеуказанных явлений. Посмотрим, возможно ли найти их истинную причину.

Какова бы ни была ее природа, раз она произвела или направила движение планет, то она должна была охватывать все эти тела и, при огромности расстояний, разделяющих планеты, такой причиной может быть только газовая масса огромной протяженности. Для того, чтобы сообщить им всем движение почти по кругу около Солнца, в одинаковом направлении, этот газ должен был окружать Солнце наподобие атмосферы. Таким образом, рассмотрение движений планет приводит нас к мысли о том, что вследствие необычайно высокой температуры солнечная атмосфера первоначально простиралась за орбиты всех планет и что она постепенно сократилась до своих нынешних размеров.

В этом, предполагаемом, первоначальном состоянии Солнце должно было походить на туманности, которые телескоп нам показывает состоящими из более или менее яркого ядра, окру-

женного туманною оболочкою, которая, конденсируясь на поверхности ядра, превращает его в звезду. Если мы по аналогии допустим, что все звезды образовались таким путем, то можно представить себе, что их прошлому состоянию туманности предшествуют другие состояния, в которых вещество туманности было все менее и менее ярким. Углубляясь все дальше и дальше, мы доходим до газовой туманности, настолько разреженной, что едва можно подозревать ее существование.

Уже давно особенное расположение некоторых звезд, видимых простым глазом, поражало наблюдателей-философов. Еще Митчелл отметил насколько мало вероятно, чтобы, например, звезды Плеяд лишь благодаря случайности были скучены на небольшом пространстве, содержащем их, и заключил отсюда, что эта и подобные ей группы звезд, видимые нами на небе, представляют следствие некоторой первичной причины или общего закона природы. Эти группы являются необходимым результатом конденсации туманностей с несколькими ядрами; ибо ясно, что так как вещество туманности беспрестанно притягивается этими различными ядрами, то туманность должна, в конце концов, превратиться в группу звезд, подобных Плеядам. Точно так же конденсация туманностей с двумя ядрами образует очень близкие звезды, обращающиеся друг около друга, в роде двойных звезд с уже установленными взаимными движениями.

Но каким образом могла солнечная атмосфера породить вращения и обращения планет и спутников? Если бы эти тела проникли далеко вглубь этой атмосферы, то ее сопротивление заставило бы их упасть на Солнце; таким образом, можно предполагать, что планеты образовались на ее последовательных границах, через сгущение газовых зон, которые она должна была при охлаждении оставлять в плоскости своего экватора.

Вспомним результаты ранее полученные нами<sup>1)</sup>. Солнечная атмосфера не может простирается до бесконечности; границей ее является точка, в которой центробежная сила, возникшая от вращения, уравнивается тяготением; но, по мере вызванных охлаждением сжатия атмосферы и конденсации на поверх-

---

<sup>1)</sup> Exposition du Système du Monde, Livre V, Ch. 6.

ности светила прилегающих к ней молекул, вращение ускоряется; ибо, согласно правилу площадей, сумма проекций на плоскость экватора площадей, описанных радиусами-векторами каждой молекулы Солнца и его атмосферы, есть величина неизменная, и, следовательно, при приближении молекул к солнечному центру вращение должно ускоряться. Таким образом, благодаря увеличению центробежной силы, вытекающей из этого движения, точка, в которой она уравнивается тяжестью, перемещается ближе к центру Солнца. Итак, если сделать вполне естественное предположение, что атмосфера некогда простиралась до крайней границы солнечной системы, атмосфера должна была, охлаждаясь, оставлять молекулы, лежащие на этой и на последующих границах, образовавшихся вследствие увеличения скорости вращения Солнца. Эти покинутые молекулы продолжали двигаться вокруг Солнца, так как их центробежная сила была уравновешена их тяжестью. Но в виду того, что равновесие не имело места для атмосферных молекул, помещавшихся на параллелях по отношению к солнечному экватору, то эти последние, благодаря своей тяжести, приближались к атмосфере по мере ее сгущения и переставали к ней принадлежать только постольку, поскольку они этим движением приближались к экватору.

Рассмотрим теперь постепенно покидаемые газовые зоны. Зоны эти, повидимому, должны были образоваться вследствие их сгущения и взаимного притяжения их молекул различные концентрические газовые кольца, движущиеся вокруг Солнца. Трение молекул каждого кольца должно было ускорить движение одних молекул, замедлить движение других и, наконец, привести к одинаковому угловому движению. Таким образом, действительные скорости молекул, более удаленных от центра светила, были больше. Следующая причина должна была еще увеличить разницу скоростей. Молекулы, наиболее удаленные от Солнца и приблизившиеся к нему вследствие охлаждения и сгущения, чтобы образовать верхний слой кольца, всегда описывали площади, пропорциональные временам, так как действующая на них центральная сила была постоянно направлена к этому светилу; однако это постоянство площадей требует возрастания скоростей по мере приближения к центру. Мы видим, что та же самая причина должна была уменьшить скорость молекул, поднимающихся к кольцу, чтобы образовать его нижний слой.

Если бы все молекулы газового кольца продолжали сгущаться не разъединяясь, то они, в конце концов, образовали бы жидкое или твердое кольцо. Но равномерность, которая требуется при этом образовании во всех частях кольца и при его охлаждении, должна быть до чрезвычайности редким явлением. Солнечная система, например, представляет только один такой случай—именно кольцо Сатурна. Почти всегда газовое кольцо должно было распаться на несколько масс, которые, двигаясь с одинаковой скоростью, продолжали на том же расстоянии обращаться около Солнца. Эти массы должны были принять сфероидальную форму и вращаться по направлению своего обращения вокруг Солнца, так как молекулы внутренней стороны колец имели меньшую действительную скорость, чем молекулы внешней стороны. Так может образоваться из одного кольца несколько газообразных планет. Но, если одна из них окажется достаточно крупной, чтобы постепенно, благодаря своему притяжению, соединить около своего центра все остальные, то газовое кольцо превратится в единую сфероидальную газовую массу, обращающуюся вокруг Солнца, при чем направление вращения и обращения будет одинаково. Последняя возможность была наиболее общей; однако солнечная система дает нам пример и первой возможности в виде четырех маленьких планет, движущихся между Юпитером и Марсом, если только не предположить, как это делает Ольберс, что они первоначально составляли одну планету, которая вследствие взрыва распалась на несколько частей, обладающих различными скоростями.

Теперь, проследивая влияние охлаждения на дальнейшую судьбу газообразных планет, образование которых мы только что описали, мы увидим в центре каждой из них появление ядра, непрерывно растущего вследствие сгущения окружающей его атмосферы. В этом состоянии планета совершенно сходна с Солнцем в только что рассмотренном нами состоянии туманности; охлаждение должно было вызвать на различных границах ее атмосферы явления, подобные вышеописанным, т.-е. кольца и спутники, движущиеся вокруг ее центра в направлении ее вращения и в том же направлении вращающиеся около себя. Равномерное распределение массы колец Сатурна около его центра и в плоскости его экватора естественно вытекает из этой гипотезы и без нее было бы необъяснимо; эти кольца, мне

кажется, служат наглядным доказательством первоначальной протяженности атмосферы Сатурна и ее последовательных отступлений. Таким образом, странные явления: малые эксцентриситеты орбит планет и спутников, малый наклон этих орбит к солнечному экватору и одинаковость направления вращения и обращения всех этих тел с направлением солнечного вращения, вытекают из предложенной нами гипотезы и придают ей большое правдоподобие, которое может быть еще увеличено следующим рассуждением.

Так как все тела, движущиеся вокруг планеты, согласно этой гипотезе, возникли из последовательно покинутых зон ее атмосферы и скорость ее вращения все увеличивалась, то продолжительность ее вращения должна быть меньше продолжительности обращения ее различных спутников, что имеет место также для Солнца по отношению к планетам <sup>1)</sup>. Все это подтверждено наблюдениями. Время обращения кольца, ближайшего к Сатурну, по наблюдениям Гершеля, равняется 0,438 дня, а время вращения Сатурна равняется 0,427 дня, разница в 0,011 дня очень невелика, как и можно было ожидать, так как часть атмосферы Сатурна, отложившаяся на поверхности планеты вследствие охлаждения, со времени образования кольца в силу незначительности массы и малости начальной высоты, не могла на много увеличить скорость вращения планеты.

Если бы образование солнечной системы происходило с совершенной правильностью, то орбиты составляющих ее тел были бы окружностями, плоскость которых так же, как и плоскости различных экваторов и колец, совпадала бы с плоскостью солнечного экватора. Но вполне понятно, что бесчисленные различия, существовавшие в температуре и плотности различных частей этих огромных масс, должны были породить эксцен-

<sup>1)</sup> Кеплер в своем сочинении *De motibus stellae Martis* объяснил одинаковое направление вращения всех планет излучением солнечной поверхностью нематериальных веществ, которые, сохраняя вращательное движение, которое они имеют на поверхности, сообщают его планетам. Отсюда он заключил, что Солнце делает один оборот за промежуток времени, который короче обращения Меркурия, что и было вскоре подтверждено наблюдениями Галилея. Гипотеза Кеплера, конечно, является неприемлемой, но все же замечательно, что он поставил тождественность направления планетных движений в зависимость от направления солнечного вращения; настолько эта мысль является естественной.

триситеты их орбит и отклонение их движений от плоскости солнечного экватора.

В нашей гипотезе кометы не принадлежат к планетной системе. Принимая их, как мы это сделали, за небольшие туманности, странствующие от одной солнечной системы к другой и образовавшиеся вследствие сгущения туманного вещества, обильно разлитого во вселенной, мы видим, что, когда они достигают той части пространства, в которой преобладающим является солнечное притяжение, оно заставляет их описывать эллиптические и гиперболические орбиты. Но так как их скорости одинаково возможны по всем направлениям, они должны двигаться безразлично во все стороны и при всевозможных наклонениях к эклиптике, что и подтверждается наблюдениями. Таким образом, сгущение туманного вещества, при помощи которого мы объясняем вращение и обращение планет и спутников в одинаковом направлении и почти в одной плоскости, объясняет также, почему движения комет уклоняются от этого общего закона.

Большой эксцентриситет кометных орбит также является одним из следствий нашей гипотезы. Если эти орбиты эллиптические, то они очень вытянуты, так как их большие оси равны, по меньшей мере, радиусу сферы солнечного действия. Но эти орбиты могут быть гиперболическими и, если оси гипербола не слишком велики по отношению к среднему расстоянию Солнца от Земли, то движения описывающих их комет будут заметно гиперболическими. Между тем из ста, по меньшей мере, комет, элементы которых нам известны, ни одна не двигалась по гиперболе; поэтому шансы возникновения заметной гиперболической орбиты должны быть чрезвычайно редки по сравнению с противоположными шансами. Кометы столь малы, что они становятся видимыми лишь тогда, когда расстояние их перигелия очень незначительно. До сих пор только в двух случаях это расстояние превышало вдвое диаметр земной орбиты, а чаще всего оно было меньше радиуса этой орбиты. Понятно, что для такого приближения к Солнцу скорость их в момент вступления в сферу действия Солнца должна и по величине и по направлению заключаться в узких пределах. Определяя при помощи анализа вероятностей соотношение между шансами, дающими в этих пределах несомненную гиперболу, и шансами, дающими кривую, близкую к параболе, я нашел, что можно

поставить шесть тысяч против одного, что туманность, проникающая в сферу действия Солнца настолько, что ее можно наблюдать, опишет или очень вытянутый эллипс или гиперболу, которая по величине своей оси будет почти совпадать с параболой в части орбиты, доступной для наблюдения; поэтому неудивительно, что до сих пор не замечено гиперболических движений.

Притяжение планет, а, может быть, также и сопротивление эфирной среды, должно было превратить многие кометные орбиты в эллипсы, большая ось которых значительно меньше радиуса солнечной сферы действия. Подобное изменение может также явиться следствием столкновения этих светил, ибо, согласно нашей гипотезе относительно их образования, число их в солнечной системе должно быть чрезвычайно велико, между тем как наблюдению поддаются только те, которые достаточно приближаются к Солнцу. Можно думать, что подобное изменение имело место для орбиты кометы 1759 года, большая ось которой только в тридцать пять раз больше расстояния Земли от Солнца. Еще большее изменение постигло орбиты комет 1770 и 1805 г. г.

Если некоторые кометы проникли в атмосферу Солнца и планет в период их образования, то они должны были, описывая спирали, упасть на эти тела и своим падением отклонить плоскости планетных орбит и экваторов от плоскости солнечного экватора.

Если в зонах, покинутых солнечной атмосферой, находились молекулы, слишком летучие, чтобы соединиться друг с другом или с какой-нибудь планетой, то они должны были, продолжая двигаться около нашего светила, в своей совокупности представлять все видимости зодиакального света, не оказывая ощутительного сопротивления различным телам планетной системы либо вследствие крайней редкости и разреженности, либо потому, что движение их почти одинаково с движением планет, с которыми они встречаются.

Более глубокое исследование всех обстоятельств в этой системе еще увеличивает вероятность нашей гипотезы. Первоначальное газообразное или жидкое состояние планет наглядно доказывается сжатием их фигур в согласии с законами взаимного притяжения их молекул; кроме того в отношении земли оно доказывается постепенным уменьшением силы тяжести при переме-

пении от экватора к полюсам. Первичное газообразное или жидкое состояние, к которому мы приходим при рассмотрении астрономических явлений, должно, конечно, проявляться и в других естественных явлениях. Однако, чтобы открыть его там, необходимо принять во внимание огромное разнообразие соединений, образованных всеми земными веществами, находившимися в газовой смеси, когда понижение температуры дало их элементам возможность вступать в соединения; затем нужно учесть необыкновенные изменения, которые это понижение вызвало внутри и на поверхности Земли—во всех ее образованиях, в строении и давлении атмосферы, в океане и во всех телах, которые он содержал растворенными. Наконец, нужно считаться и с резкими изменениями, в роде крупных вулканических извержений, которые в некоторые эпохи должны были нарушать правильность этих изменений. Геология, изучаемая с этой точки зрения, сближающей ее с астрономией, сможет выиграть по многим вопросам в точности и достоверности.

Одним из наиболее странных явлений в солнечной системе является строгое равенство, наблюдаемое между угловыми скоростями вращения и обращения каждого спутника. Можно ставить бесконечность против одного, что это не есть результат случая. Теория всемирного тяготения уничтожает бесконечную невероятность этого явления, показывая нам, что для его существования вполне достаточно, чтобы первоначально эти движения весьма мало различались. Тогда притяжение планеты установило между ними совершенное равенство; но в то же время оно породило периодическое колебание оси спутника, направленной к планете,—колебание, величина которого зависит от первоначального различия между обоими движениями. Наблюдения либрации луны, произведенные Майером, а также, по моей просьбе, Буваром и Николле, не обнаружили такого колебания, и, следовательно, разница, от которой оно зависит, должна была быть очень мала; это с очень большой вероятностью указывает на то, что какая-то особая причина установила для разницы очень тесные границы, при которых притяжение планеты могло установить строгое равенство средних движений вращения и обращения, а затем уничтожила колебания, порожденные этим равенством. Оба эти следствия вытекают из нашей гипотезы; ибо понятно, что Луна в газообраз-

ном состоянии представляла вследствие мощного притяжения вытянутый сфероид, большая ось которого должна была постоянно быть направлена к этой планете в виду легкости, с которой газы подчиняются малейшей, действующей на них силе. Земное притяжение, продолжая действовать таким образом, пока длилось газообразное состояние Луны, должно было, беспрестанно сближая оба движения спутника, в конце концов, довести разницу между ними до границ, за которыми начинается строгое равенство. Затем это притяжение должно было понемногу уничтожить вызванное этим равенством колебание большой оси сфероида, направленной к земле. Таким образом газы, покрывающие эту планету, уничтожили своим трением и своим сопротивлением первоначальные колебания ее оси вращения, которая теперь подвергается только нутации, вытекающей из действия Солнца и Луны. Легко убедиться в том, что равенство скоростей вращения и обращения спутников должно было явиться препятствием для образования атмосферами этих тел колец и второстепенных спутников. И наблюдения до сих пор ничего подобного не обнаружили.

Движения первых трех спутников Юпитера представляют явление еще более необычайное, чем предыдущее, и состоящее в том, что средняя долгота первого минус утроенная средняя долгота второго плюс удвоенная долгота третьего постоянно равны двум прямым углам. Можно ставить бесконечность против одного, что это равенство не является случайностью. Но мы видели, что для возникновения его достаточно было, чтобы первоначально средние движения этих трех тел почти удовлетворяли соотношению, при котором среднее движение первого минус утроенное среднее движение второго плюс удвоенное среднее движение третьего равны нулю. Тогда их взаимное притяжение точно установило это соотношение и, кроме того, установило постоянное равенство между средним движением первого спутника минус утроенное среднее движение второго плюс удвоенное среднее движение третьего и полуокружностью. В то же время оно породило периодическое неравенство, вызванное небольшим первоначальным отклонением средних движений от вышеупомянутого соотношения. Несмотря на все старания, которые Деламбр приложил, чтобы обнаружить это неравенство наблюдением, ему это не удалось, что доказывает его чрезвычайную малость и, следовательно, с очень большой ве-

роятностью указывает причину, заставившую неравенство исчезнуть. При нашей гипотезе, спутники Юпитера, непосредственно после их образования, двигались не в абсолютной пустоте; наименее поддающиеся сгущению молекулы атмосфер Солнца и планеты образовали тогда разреженную среду, сопротивление которой, различное для каждого из этих тел, могло понемногу привести их средние движения к указанному соотношению, и когда они таким образом достигли условий, требуемых для того, чтобы взаимное притяжение трех спутников строго установило это соотношение, то сопротивление непрерывно уменьшало порожденное этим соотношением неравенство, пока, наконец, не сделало его совершенно незаметным. Лучше всего можно сравнить эти явления с движением маятника, обладающего большой скоростью, в очень слабо сопротивляющейся среде. Сперва он опишет множество окружностей; но, в конце концов, его круговое движение, постепенно ослабевая, превратится в колебательное движение, которое, уменьшаясь, в свою очередь, под влиянием сопротивления среды, наконец, совсем уничтожится; тогда маятник, придя в состояние покоя, останется в нем навсегда.



Ф А Й

# ОБРАЗОВАНИЕ МИРА И СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

(Главы XIII и XIV из «Происхождения мира»)

Перевод Ю. И. Костицной



## Образование вселенной и солнечной системы [3].

Звезды, как и солнце, образовались путем постепенной концентрации рассеянного в пространстве вещества, первоначально без теплоты и света. Это позволяет сделать крайне важный вывод, что каждая звезда уже по самому способу своего образования может обладать только конечным количеством теплоты. Нельзя, как этого хотел Лаплас, гипотетически наделять солнце неограниченным количеством теплоты. Количество теплоты, как израсходованной, так и оставшейся, зависит от массы и нынешнего объема солнца.

Рассмотрим теперь следующую простую статистику. Белых или слегка желтоватых звезд имеется 95%; красных и переменных, близких к потуханию—5%. Все эти светила, не будучи, конечно, равны, представляют все же величины приблизительно одинакового порядка и, будучи наделены ограниченным запасом теплоты, должны быть почти современниками. Я хочу сказать, что их образование происходило в одну и ту же эпоху, понимая это слово в очень широком смысле; ибо, если бы они образовывались в неопределенные сроки в бесконечном течении времени, то мы, конечно, имели бы совершенно иные соотношения между звездами в расцвете жизни и звездами близкими к концу.

Итак, нынешняя независимость миров не всегда существовала, и в дали времен нам рисуется картина общего происхождения вселенной, подобно тому как облик Млечного Пути указывает нам на общий план распределения в пространстве. Таким образом, первичные материалы нашего мира первоначально входили в состав мирового хаоса, от которого они затем понемногу отделились и обособились в силу движений, изначально присущих всей этой материи.

Это воззрение не ново,—мы находим его в начале всех космогоний, и никогда оно не было сформулировано удачнее, чем это сделал Декарт:

«Позвольте вашей мысли на некоторое время уйти из этого мира для созерцания другого, совершенно нового мира, который я создам перед вами в воображаемых пространствах...

Уйдем в эти пространства настолько, чтобы потерять из виду все божие создания, на пять или шесть тысяч лет тому назад, и, остановившись там, в определенном месте, предположим, что бог создает вокруг нас столько вещества, что куда бы мы ни направили наше воображение, мы нигде не встретили пустого места. Вообразим, что некоторые из этих материалов начинают перемещаться в одну сторону, другие—в другую; одни быстрее, другие медленнее... и пусть движение их продолжается согласно обычным законам природы: и вот оказывается, что бог установил эти законы таким чудесным образом, что если бы даже он не создал ничего, кроме сказанного, и не вложил в это ни порядка, ни меры, а образовал бы из этого хаос самый невообразимый, какой только могут описать поэты, то и этих законов достаточно, чтобы хаос распутался сам собой и части его расположились в таком прекрасном порядке, что они будут иметь вид очень совершенного мира, в котором можно будет видеть не только свет, но и все другие вещи как общего, так и частного порядка, являющиеся в нашем действительном мире».

Мысль эта, как я сказал, не нова; но для древних это было просто метафизической концепцией. Для нас она вытекает из наблюдения и математического анализа и постольку обладает достоверностью или, по крайней мере, большей вероятностью.

Пойдем теперь дальше. Все эти миры обладают огромными скоростями по разнообразным направлениям. Так, наша солнечная система в целом с ее планетами движется по направлению к созвездию Геркулеса; скорость ее в пятнадцать раз больше скорости пушечного ядра. Эти огромные скорости происходят частью от тех движений, которые одушевили и разложили первичный хаос. Я говорю только частью, ибо взаимная независимость этих миров недостаточно полна, чтобы можно было применить к ним законы сохранения движения центра тяжести в системе тел, испытывающих только взаимодей-

ствия. Дело обстоит иначе с вращениями и обращениями, сопровождающими эти большие поступательные движения. Здесь применим закон площадей, и так как мы знаем, что двойные звезды, подобно нашей системе, перемещаются в пространстве, вращаясь вокруг своего центра тяжести, то отсюда вытекает, что эти вращения и обращения возникли не в нынешней своей форме, но в виде эквивалентных вращательных движений.

В первоначальном хаосе с различными движениями подобные вращения должны были иметь место в большом масштабе. Вообще потоки вещества, более или менее жидкого или газообразного и связанного даже очень малыми силами, потоки, в которых смежные струи обладают хоть сколько-нибудь различающимися скоростями, имеют определенное стремление образовывать более или менее правильные и длительные завихривания. Яркие примеры этого мы можем видеть на солнце и в нашей собственной атмосфере. Мы находим их и в спиральной форме некоторых туманностей и, с некоторой вероятностью, в огромных извилинах самого Млечного Пути. Следовательно, мы считаем себя в праве сказать:

Вначале вселенная представляла из себя всеобщий, необычайно разреженный хаос, составленный из всех элементов земной химии, более или менее спутанных и смешанных. Эти вещества, подчиненные кроме того взаимному притяжению, имели с самого начала различные скорости, что и вызвало распад хаоса на хлопья или облака. Эти последние сохранили быстрое поступательное движение и более или менее медленные внутренние вращательные движения. Эти мириады хаотических хлопьев породили путем постепенного сгущения различные миры вселенной.

Здесь необходимо одно разъяснение. Декарт и все те, кто пытался объяснить вселенную, начинали с того, что явно или неявно предполагали вмешательство созидательной силы, ибо они, как и мы, считали исходной точкой хаос, который невозможно объяснить посредством законов природы. Главнейший из этих законов, всемирное тяготение, является прямым противоречием какого бы то ни было стремления к рас-

сеянию вещества. Кроме того, хаос вещь вовсе не столь простая, как это может казаться с первого взгляда. Он заключал в себе в виде энергии положения или, как иногда говорили, в виде некинетической энергии, все прошлые и настоящие виды энергии вселенной, в какой бы форме они ни проявлялись теперь— движения, электричества, света или тепла, даже энергии, управляющей движениями живых существ и материальной стороной человеческой мысли. В жизни вселенной и нашего солнечного мира неопределенно сохраняется небольшая часть этой первоначальной энергии в форме движения там, где установилось некоторое устойчивое состояние; остальное в виде теплоты чудовищно рассеивается. Так, говоря только о Солнце, из 67 миллионов тепловых и световых лучей, которые это светило посылает в бесконечное пространство, только один получается и используется обращающимися около него планетами. И, несмотря на то, что способность проникновения наших глаз увеличилась во сто раз благодаря изобретению зрительной трубы и устройству больших телескопов, мы не знаем, куда девается то громадное количество энергии, которое непрерывно уходит в пространство в виде света и теплоты; невозможно представить себе, как она могла бы сама собой стекаться в другие области, к другим веществам. Сколько бы ни толковали о том, что вселенная является бесконечной цепью преобразований, что то, что мы видим, логически вытекает из предшествующего состояния, и так далее, в прошлом, как и в будущем, мы не видим, каким образом предшествующее состояние могло бы привести к колоссальному рассеянию вещества, к хаосу, из которого, несомненно, происходит нынешнее состояние. Итак, здесь следует прибегнуть к гипотезе и попросить у бога, как это делает Декарт, рассеянного вещества и сил, управляющих ими.

Прежде всего покажется очень затруднительным, чтобы одна столь простая гипотеза могла объяснить все изобилие форм, встречающихся во вселенной: туманностей, звездных скоплений, простых, двойных и тройных звезд и, сверх всего, нашего совершенно плоского мира с его центральным Солнцем, его планетами, которые сами являются мирами в миниатюре, его тысячами комет. Согласимся на одном положении: если для образования хаоса даны начальные условия и силы, то законы механики должны показать, какой мир из него получится.

## Образование простой звезды.

Если бы мы взяли совершенно идеальный случай однородного сферического скопления, без всяких внутренних движений, то молекулы стремились бы к центру по прямой линии: скопление равномерно сгущалось бы, не утрачивая своей однородности. и, наконец, образовало бы раскаленный, совершенно неподвижный шар. Это была бы, если угодно, звезда, но звезда без спутников, без вращения, без собственного движения. Я сомневаюсь, чтобы таких было много на небе.

На самом деле, каждый обрывок, отделившийся от общего хаоса со значительной скоростью движения и ставший независимым от какого бы то ни было внешнего воздействия, был долгое время подчинен действию соседних частей, от которых он отделился. Таким образом, мы не можем пренебрегать ни общим движением, ни внутренним движением, которые препятствуют различным частицам стремиться к центру по прямой линии. Предположим только, что вращения взаимно компенсировались и что шарообразность и однородность остаются; так как притяжение к центру пропорционально расстоянию, то частицы, падая с чрезвычайной медлительностью, будут описывать уже не прямые линии, а концентрические к скоплению эллипсы, пробегая их за одно и то же время.

В таком случае результат может быть двоякий: или вещества соединятся во множество мелких масс, не образуя преобладающего скопления в центре,—тогда мы будем иметь шарообразную кучу звезд, обращающихся за одно и то же время вокруг этого идеального центра; или же центральное сгущение возьмет перевес над частичным,—и тогда получается центральная звезда, сопровождаемая тучей мелких, быстро потухающих тел. Первая система, очевидно, близка к тем правильным звездным кучам, примеры которых мы видим на небе.

Орбиты звезд, как я уже говорил, будут представлять собою эллипсы с центрами, совпадающими с общим центром тяжести, и фигуры скопления. Длительности обращений будут одинаковы, и если промежутки между этими орбитами велики, то вероятность столкновений устранится, и такая система будет обладать действительной устойчивостью.

Во второй системе, в которой преобладает центральное Солнце, мелкие тела, обратившиеся в спутников, описывают эллипсы, изменяющиеся по мере увеличения массы центрального Солнца; в конце концов, они обратятся в эллипсы, для которых центр скопления является уже не центром, а фокусом, и длительность обращения которых будет меняться в соответствии с третьим законом Кеплера. Мы будем иметь, таким образом, центральное Солнце, окруженное множеством мелких темных тел, очень похожих на наши планеты.

Но, в виду того, что мы в обоих случаях предполагаем отсутствие первоначального вращения, сумма проекций на какую-нибудь плоскость площадей, описанных радиусами-векторами всех этих подвижных тел, всегда будет равна нулю. Если одно из солнц в первом случае или одна из комет во втором движутся справа налево, то другое солнце или другая комета одинаковой массы будут двигаться слева направо. Так и в нашей системе приблизительно половина комет обладает прямым движением, а другая половина—обратным.

### Образование двойных звезд.

Наиболее общим случаем должен быть, напротив, тот, когда скопление не шарообразно, не однородно, и обладает завихриваниями, способными превратиться в единое вращение.

Давно начавшееся сгущение везде будет продолжаться в этих новых условиях; оно будет происходить около нескольких центров притяжения, определяемых формой скопления и распределением плотностей, и, наконец, образует два или три отдельных шара, две или три соседних звезды. Но если часть материалов обладает медленным вращением в определенном направлении, то, и сгущаясь, они должны во все эти эпохи обладать одной и той же суммой площадей. Этот основной закон удовлетворяется только в том случае, если образовавшиеся скопления двигаются одно вокруг другого, и так как в ряде движений частиц, стремящихся к определенным телам, трудно ожидать правильность, способную сообщить их траектории круговую форму, то получившиеся звезды, соединенные попарно, будут описывать более или менее эксцентрические эллипсы, имеющие общий фокус в центре тяжести. Действительно, вот полная

таблица эксцентриситетов орбит двойных звезд, определенных до сего времени<sup>1)</sup>:

Двойные звезды.

| Название звезд                       | Эксцентриситет | Обращение в годах |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|
| $\gamma$ Кассиопеи . . . . .         | 0,62           | 222               |
| 36 Андромеды . . . . .               | 0,65           | 349               |
| $\rho$ Эридана . . . . .             | 0,38           | 118               |
| Сириус . . . . .                     | 0,61           | 49                |
| 1037 $\Sigma$ . . . . .              | 0,63           | 15                |
| $\zeta$ Рака . . . . .               | 0,47           | 43                |
| $\omega$ Льва . . . . .              | 0,54           | 100               |
| $\nu$ Льва . . . . .                 | 0,87           | 296               |
| $\xi$ Большой Медведицы . . . . .    | 0,42           | 61                |
| $\gamma$ Девы . . . . .              | 0,87           | 175               |
| 42 Волос Вероники . . . . .          | 0,48           | 26                |
| 25 Гончих псов . . . . .             | 0,66           | 125               |
| $\alpha$ Центавра . . . . .          | 0,67           | 85                |
| $\xi$ Волопаса . . . . .             | 0,71           | 127               |
| $\eta$ Волопаса . . . . .            | 0,71           | 261               |
| $\gamma$ Северного Венца . . . . .   | 0,26           | 44                |
| $\mu_2$ Волопаса . . . . .           | 0,57           | 296               |
| $\gamma$ Северного Венца . . . . .   | 0,35           | 96                |
| $\epsilon$ Северного Венца . . . . . | 0,75           | 846               |
| $\lambda$ Змееносца . . . . .        | 0,49           | 240               |
| $\zeta$ Геркулеса . . . . .          | 0,42           | 34                |
| $\tau$ Змееносца . . . . .           | 0,61           | 218               |
| $\rho$ Змееносца . . . . .           | 0,47           | 94                |
| $\nu$ Северного Венца . . . . .      | 0,70           | 56                |
| $\varsigma$ Водолея . . . . .        | 0,65           | 1.578             |
| 3062 $\Sigma$ . . . . .              | 0,46           | 104               |

Здесь нельзя установить никакого закона распределения вещества между различными центрами сгущения. В некоторых системах обе звезды равны: Так, обе составляющие  $\gamma$  Девы третьей величины;  $\xi$  Водолея 4-ой;  $\nu$  Южного венца 5-ой;  $\rho$  Эридана 7-ой, и т. д. В других спутник гораздо слабее главной звезды, как в  $\gamma$  Льва (2-ой и 4-ой),  $\alpha$  Центавра (1-ой и 4-ой),  $\gamma$  Северного Венца (4-ой и 7-ой),  $\zeta$  Геркулеса (3-й и 7-ой),  $\gamma$  Кассиопеи (4-ой и 8-ой), Антарес (1-ой и 7-ой). Самым ярким

<sup>1)</sup> В настоящее время мы обладаем гораздо более полным знанием двойных звезд; однако, из уважения к труду автора, редакция не вносила никаких изменений в таблицы, тем более, что ход рассуждений от этих поправок не изменился бы. (Р е д.)

примером является Сириус, спутник которого так долго ускользал от всех поисков.

В качестве примера сложных звезд приведу еще  $\theta$  Ориона, систему, состоящую из четырех главных звезд—4-ой, 6-ой, 7-ой и 8-й величины—и двух других почти незаметных звезд.

### Образование солнечной системы.

Собственно говоря, Солнце нельзя рассматривать как двойную или сложную звезду. Если бы Юпитер и Сатурн были еще в раскаленном состоянии, то наблюдатель, находящийся вблизи  $\alpha$  Центавра и снабженный очень мощной трубой, увидел бы его тройным, т.-е. сопровождаемым двумя светящимися точками. Однако между нашей системой и предыдущими есть различие, которое поразит читателя при одном взгляде на следующую таблицу:

Солнечная система

| Названия планет.       | Эксцентриситет  | Обращения |
|------------------------|-----------------|-----------|
| Меркурий. . . . .      | 0,21            | 3 месяца  |
| Венера . . . . .       | 0,007           | 7 месяцев |
| Земля . . . . .        | 0,017           | 1 год     |
| Марс . . . . .         | 0,09            | 2 года    |
| Малые планеты. . . . . | от 0,04 до 0,34 | 3—5 лет   |
| Юпитер. . . . .        | 0,05            | 12 „      |
| Сатурн . . . . .       | 0,06            | 29½ „     |
| Уран . . . . .         | 0,05            | 84 года   |
| Нептун . . . . .       | 0,01            | 165 лет   |

Мы видим, что орбиты всех спутников Солнца, кроме Меркурия и незначительных малых планет, являются почти круговыми.

С точки зрения механики несущественно, являются ли пути обращения около главной звезды только эксцентрическими или почти круговыми,—первопричина остается та же. Они происходят от завихрений, которые сохранялись первоначальными скоплениями при их прямолинейных поступательных движениях. Но окружность является настолько частным случаем эллипса, что никак нельзя было ожидать ее появления в какой-нибудь системе в столь большом масштабе. Следовательно, в числе первоначальных условий нашего обрывка хаоса,

должно было находиться такое, которое препятствовало вращательным движениям выродиться в эллиптические и сперва определило, а впоследствии сохранило почти круговую форму, несмотря на все преобразования.

### Образование круговых колец.

Итак, для того, чтобы звезда имела больших или малых спутников, обращающихся вокруг нее или вокруг центра тяжести системы в определенном направлении, частицы хаоса, из которой они образовались, должны были обладать с самого начала медленным вихревым движением, захватывающим часть ее вещества. Если, сверх того, эта часть хаоса была первоначально почти кругла и однородна, то, как мы увидим, эти вращательные движения должны отчасти принять и сохранить круговую форму.

Я прошу читателя не упускать из вида малую плотность среды, где будет происходить ряд механических превращений. Плотность среды мы должны предположить величиной порядка три грамма в кубическом мириаметре или даже еще меньше. В подобной среде образовавшиеся везде понемногу мелкие скопления вещества будут двигаться, как в абсолютной пустоте; и изменения будут происходить чрезвычайно медленно. При начале зарождения мира расходуется много времени и очень мало теплоты. Впоследствии дело идет более быстрым ходом.

Вихревые движения, которые этот обрывок хаоса несет в себе, имеют спиральную форму и скорости, направленные почти перпендикулярно к радиусу-вектору. Скорости эти возрастают по направлению к центру. Таким образом, немного нужно, чтобы частично превратить движение такого рода в настоящее вращение, если только это последнее согласуется с законом внутреннего тяготения.

И как раз в хаотических скоплениях этого рода для тел, движущихся в них, возможны только эллиптические или круговые концентрические обращения с одинаковым периодом. Таким образом, значительные части внутренних вихрей смогут принять вид плоского кольца, обращающегося около центра с одинаковой угловой скоростью, совершенно так же, как если бы это туманное кольцо было твердым обручем. При этом не-

обходимо только соблюдение одного условия, а именно: чтобы длительность обращения его частиц была равна общей длительности всех эллиптических или круговых движений, могущих происходить под влиянием центральной силы.

Таким образом, все частицы, имеющие соответственную скорость, немедленно образуют в плоскости вращений, под влиянием тяготения, плоское кольцо, обладающее вокруг центра настоящим вращением. Остальные, со скоростями слишком большими или слишком малыми, будут двигаться в той же плоскости, описывая эллипсы концентрические с кольцом. Если эти эллипсы очень удлинены, то вещества, пробегающие их, будут сильно приближаться к центру, в котором должно происходить постепенное сгущение; в конце концов, они будут им поглощены, сообщая в то же время рождающемуся центральному шару вращение в той же плоскости, в которой происходило первоначальное обращение. Если они немногим отличаются от окружности, то слабого сопротивления среды будет достаточно, чтобы уравнивать скорость и расположить вещества в виде колец, вращающихся подобно первому. Таким образом, первые результаты предшествующего медленного вихревого движения в шарообразном скоплении равномерной плотности будут таковы: 1) образование концентрических колец, вращающихся целиком, наподобие твердого тела, вокруг пустого вначале центра; 2) вращение в том же направлении, сообщенное центральному сгущению, образуемому отчасти вследствие притока вещества из областей, захваченных внутренним вихревым движением.

### Образование планет внутри колец.

Таким образом, вихревые движения одинакового направления, которыми обладала часть массы этого первоначального хаоса, не замедлили соединиться и образовать обширное правильное вращение. Затем это последнее породило кольца, медленно вращающиеся в том же самом направлении около центра тяжести, гораздо раньше, чем обозначилась центральная звезда. В каждом кольце его почти вращательное движение надолго оставляет в соседстве те же молекулы, предоставляя им свободу подчиниться своему взаимному притяжению и направиться в какую-нибудь точку наибольшего притяжения

(рис. 1). Так как во всяком кольце скорости возрастают по направлению от внутреннего края *cd* к наружному *ef*, то мы находим здесь условия, которым обязаны своим существованием вихревые движения, именно схождение в одной точке газовых струй с различными скоростями. В результате кольцо распадается на ряд вихрей, вращающихся вокруг самих себя в направлении вращения породившего их кольца. Самые сильные будут притягивать к себе вещества окружающей среды, и тот, который наиболее увеличится, в конце концов поглотит все остальные либо вследствие притяжения, либо вследствие неизбежных различий в скоростях обращения. Масса, образовавшаяся таким образом, будет шарообразной, почти одно-

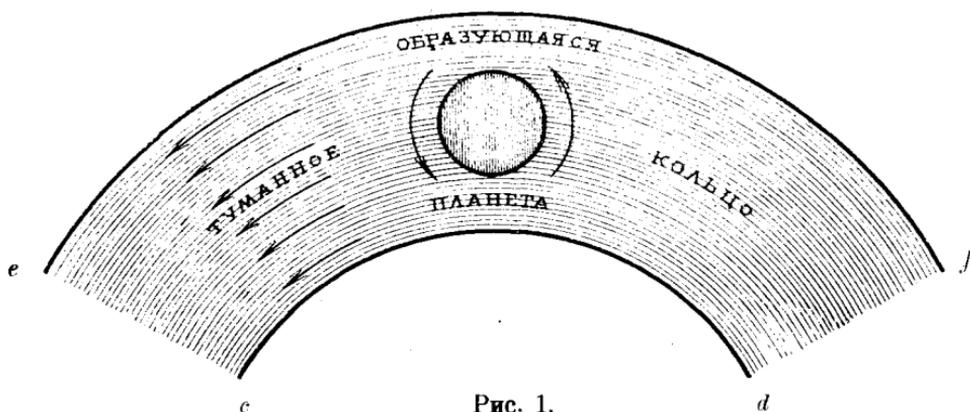


Рис. 1.

родной; она будет вращаться около оси, более или менее перпендикулярной к плоскости кольца.

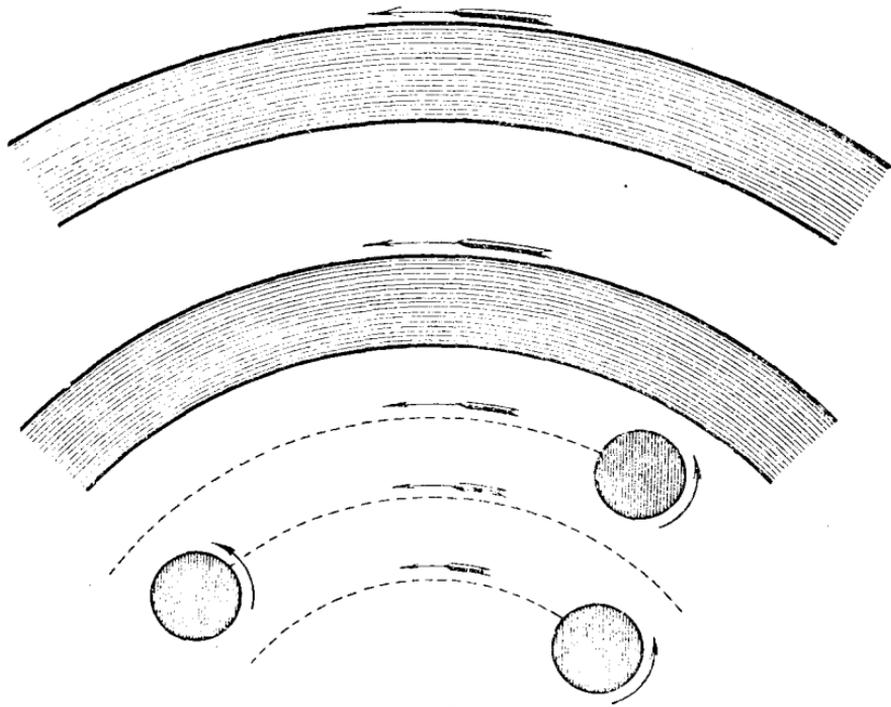
Образованию в кольце таких переходных вихрей и соединению их в единый вихрь, поглощающий все вещество кольца и часть вещества окружающей среды, способствует медленность движения кольца и, главным образом, слабость центрального притяжения. Итак, разложение начнется с ближайших к центру и закончится наиболее отдаленными.

Это образование будет очень долгим. Тем временем другие материалы, не захваченные первоначальными вращениями, будут падать к центру этого, едва организованного хаоса, описывая всевозможные концентрические, чрезвычайно удлиненные эллипсы. Они встречаются в середине и образуют там сначала мало заметное, но мало-по-малу увеличивающееся скопление. Таким путем составитя центральная масса, в которую

войдут и все материалы, захваченные первоначальными вращениями, но не могшие расположиться правильными кольцами.

Это едва намеченное центральное скопление, зародыш будущего Солнца, очевидно, начнет вращаться в том же направлении и в той же плоскости, как кольца.

Таким образом, по прошествии долгого времени, которое точно определить невозможно, система будет иметь следующий вид (рис. 2): наружные кольца еще уцелели, но наиболее близкие к центру заменились огромными хаотическими



С

Рис. 2.

скоплениями шарообразной формы, обращающимися в прямом направлении около центра тяжести скопления и в том же направлении, справа налево, вращающимися вокруг собственной оси. В центре Солнце уже начало образовываться. К нему отовсюду падают материалы, описывая длинные эллипсы и задерживаясь у центра после проникновения в более плотную область.

Центральная сила уже не пропорциональна расстоянию; она еще очень далека от того, чтобы быть обратно пропорцио-

нальной квадрату расстояния; она имеет промежуточную форму<sup>1)</sup>. но, несмотря на ее постепенное изменение, тела, двигающиеся по окружностям, продолжают по ним двигаться и дальше.

### Образование спутников.

В той стадии, до которой мы дошли, центральная масса, еще очень слабая, не оказывает никакого влияния на форму и внутренние движения туманных шаров, сменивших кольца<sup>2)</sup>. Эти шары, обладающие прямым вращением, свободно воспроизведут в миниатюре, даже с большей ясностью, предшествующие фазы нашего хаотического скопления. Образуются круговые кольца, между тем как в центре обозначится возрастающее сгущение. Эти вторичные кольца, в свою очередь, распадутся, давая начало планетам низшего порядка, спутникам, образующимся около главной планеты в направлении ее вращения. По счастливой случайности несколько колец маленькой системы Сатурна избежали распада и не образовали спутников. Это они внушили Кантау и Лапласу прекрасную мысль связать с кольцами этого рода образование планет, движущихся по почти круговым орбитам<sup>3)</sup>.

В продолжение этого нового превращения, которому мы обязаны появлением миниатюрных систем Сатурна, Юпитера,

1) Алгебраически силу, пропорциональную расстоянию, изображают в виде произведения  $A$  этого расстояния, умноженного на постоянную  $A$ , а силу, обратно пропорциональную квадрату расстояния, в виде  $\frac{B}{r^2}$ . Сила промежуточного вида, о которой здесь идет речь, будет изображаться так:  $ar + \frac{b}{r^2}$ , при чем  $a$  убывает, начиная от начального значения  $A$  до нуля,  $b$  же возрастает от нуля до  $B$ .

2) Нам здесь не нужно, как в гипотезе Лапласа, считаться с огромными приливами, вызываемыми Солнцем на туманных шарах, из которых произойдут маленькие планетные миры.

3) Однако, если кольца Сатурна являются поразительной иллюстрацией предшествующей теории, то, с другой стороны, их бесконечно долгое существование является трудно разрешимой задачей. Несомненно, эти вереницы частиц, совершенно друг с другом несвязанных, не являются устойчивыми в обычном смысле слова. Если эти чудесные кольца держатся, несмотря на взаимные притяжения и внешние влияния, то это благодаря чрезвычайной скорости вращения, огромному перевесу центральной массы и легкости, с которой они несомненно соединяются и разъединяются, избегая разрушительного действия возмущающих сил.

Марса и Земли, Солнце увеличивается, центральная сила все более и более меняется. Еще нераспавшиеся кольца и уже образовавшиеся планеты вынуждены постепенно приближаться к Солнцу и ускорить свои движения. Изменения такого рода происходили в почти невероятном масштабе. Так, планеты, как Земля, Венера и Меркурий, обращения которых около почти пустого центра хаотического скопления вначале продолжались очень долго, теперь совершаются за год, семь месяцев и три месяца. Но следует принять во внимание, что тогда бóльшая часть массы центрального скопления находилась вне их орбит, между тем как ныне вся эта огромная масса целиком перешла в центр и образовала Солнце. И в этом, быть может, заключается величайшая особенность этого ряда перемен.

### Образование комет.

По мере того, как мы подвигаемся вперед, растет число подробностей, не заставляя нас, однако, прибегать к новым допущениям. Из веществ, не принадлежавших к первоначальному вихрю и описывавших удлинённые эллипсы около центра во всех направлениях, некоторые должны были не попасть в центральное сгущение. Эти материалы из крайних пределов первоначального хаоса продолжали двигаться по вытянутым кривым. По отношению к ним перемещение веществ, образовавших Солнце, не вызвало ускорения, отмеченного нами для планет. Продолжительность обращения осталась значительной, только первоначальные орбиты превратились в почти параболические эллипсы, имеющие фокус там, где ранее был центр.

И именно потому, что эти вещества не были захвачены первичным обращением справа налево, образованные из них тела должны двигаться одни в одном направлении, другие в противоположном, так чтобы сумма площадей, описанных их радиусами-векторами, равнялась нулю. С другой стороны, плоскости их орбит не имеют ничего общего с той, в которой движутся планеты; они должны составлять с этой последней все возможные углы наклона. Это и есть кометы. Во все время их было столько же с прямым движением, сколько с обратным.

## Спутники с обратным движением.

Ясно, к чему мы пришли бы, если бы, как это было в прошлом веке, не были знакомы ни с Ураном, ни с Нептуном: Солнце, поглотившее 699/700 первоначального скопления и вращающееся вокруг самого себя справа налево; ряд планет, двигающихся тоже справа налево в плоскости солнечного экватора; системы спутников, обращающихся справа налево около планет, при чем сами планеты обладают вращением в том же направлении; наконец, сотни комет безразлично прямых или обратных.

Какое заключение можно отсюда сделать?

Если вместе с Ньютоном считать, что кометы являются частью одной системы, как и планеты, то можно сказать, как Ньютон: движения планет и спутников, такие правильные и одинаково направленные, не имеют механического происхождения; ибо если планеты и их спутники имеют прямое движение, то половина комет имеет движение обратное, и, кроме того, их орбиты имеют самые разнообразные углы наклона. Одна и та же механическая причина сообщила бы всем этим телам одинаковый ход.

Если же мы, как это сделал Лаплас, произвольно удалим то, что затрудняло Ньютона, то-есть кометы, то нужно будет, напротив, признать, что должна была существовать механическая причина, способная сообщить всем телам нашей системы, планетам и спутникам, одинаково направленные вращения и обращения.

Очевидно, эти два противоположных заключения оба плохо обоснованы. Ньютону и Лапласу казалось, что перед ними вся солнечная система. Эти два великих человека не могли предвидеть, что новые открытия утратят ее размеры и что в ней окажутся спутники с обратными движениями. Они слишком рано сделали обобщение известных в их эпоху фактов.

Истина же заключается в том, что если все планеты обращаются в прямом направлении, то это потому, что в этом направлении происходили вращения первичного хаоса. Утверждение не рискует быть опровергнутым позднейшими открытиями. Но направление, в котором планета с своими спутниками вра-

щается вокруг самой себя, зависит вовсе не от этой причины; оно зависит от природы центральной силы. Планеты, образовавшиеся в ту эпоху, когда эта сила была почти пропорциональна расстоянию, вращаются вокруг самих себя со своими спутниками в прямом направлении. Таковы Земля, Марс, Юпитер и Сатурн. Сказать же, что центральная сила была тогда пропорциональна расстоянию, все равно, что утверждать, что Солнце тогда не существовало. Итак, мы приходим к неожиданному заключению, что эти планеты, и в частности Земля, старше Солнца. Мы увидим в следующей главе, что эти выводы подтверждаются геологией и палеонтологией, совершенно новыми науками, показывающими нам, что происходило на нашем шаре в те отдаленные эпохи, когда солнечная система была еще не вполне закончена. Но позднее Солнце создано путем соединения материи, не вошедшей в состав колец; оно образовало вокруг себя пустоту. Тогда закон тяготения внутри системы стал совершенно иным. Под действием преобладающей массы Солнца (масса остальных тел составляет менее 700-й части) внутреннее тяготение стало обратно пропорциональным квадрату расстояний, и таково положение дела и донныне.

В этом последнем случае вращение кольца, состоящего из разреженного вещества, претерпевает глубокое изменение. Поспешим сказать, что это изменение не мешает кольцу существовать; достаточно взглянуть на кольца Сатурна, прошедшие через все перипетии. Крайние кольца, которым до тех пор удалось избежать распада, кольца Урана и Нептуна, под действием этой новой формы тяготения, вместо того чтобы продолжать вращаться целиком, как предыдущие, со скоростями, возрастающими от внутреннего к наружному краю (рис. 1), распадутся на круговые струйки, обладающие скоростями обратно пропорциональными корню квадратному из расстояния от центра (рис. 3). С этого момента вихри, образовавшиеся в эпоху распада кольца, будут вращаться вокруг самих себя в направлении противоположном движению кольца; таким образом они будут обратными, и шар, который, в конце концов, их объединит, будет иметь обратное вращение.

Очевидно, что спутники, образовавшиеся внутри этого шарообразного скопления, будут обратными.



Рис. 3.

Таковы системы Урана <sup>1)</sup> и Нептуна, и таким образом одна и та же система может в одно и то же время представлять два противоположных движения.

Это происходит вследствие того, что для окончательного образования системы требуется долгое время, и закон цен-

<sup>1)</sup> Система Урана представляет еще одно затруднение. Плоскость, в которой движутся его спутники в обратном направлении, почти перпендикулярна к плоскости орбиты планеты, т.-е. к плоскости породившего систему кольца. Надо заметить, что Уран образовался в эпоху, промежуточную между эпохой планет с определенно прямыми спутниками и эпохой планеты Нептуна с определенно обратными спутниками. Масса Солнца тогда быстро возрастала; движение кольца должно было перейти от первого ко второму роду за время образования планеты.

Итак, возможно, что вращение, вначале прямое, согласно первому виду силы, впоследствии должно было перейти в обратное, ко времени окончательной формации. Столкновение этих двух тенденций, выражающееся в постепенном притоке новых веществ в различных плоскостях, заставило первоначальный экватор рождающейся планеты мало-по-малу наклоняться к плоскости кольца так, чтобы стать к нему перпендикулярным и, наконец, перейдя это положение, принять обратное направление.

тральной силы меняется по мере того, как начальный хаос переходит из состояния обширного, чрезвычайно разреженного скопления в состояние мощного центрального тела.

Такова Солнечная система, которой в целом не знали ни Ньютон, ни Лаплас.

## Геологические подтверждения.

### Образование земли раньше солнца.

Солнце ежегодно расходует количество теплоты, выражающееся числом 3.535.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 калорий, которое примем за единицу.

С другой стороны, теплота, развитая до сего дня образованием Солнца, за счет первоначального холодного и темного хаоса, равна 14.500.000 таких единиц.

Итак, Солнце не могло излучать теплоту и свет с нынешней интенсивностью в продолжение даже пятнадцати миллионов лет. Между тем длинный ряд живых существ, постепенно населявших землю, при температуре, по меньшей мере, равной нынешней, потребовал, по утверждению биологов, многие миллионы лет для своих постепенных превращений от первоначальной клетки до песчаных червей и от этих последних до мастодонтов и до южного слона, гигантским окаменелым скелетом которого можно ныне любоваться в галлерее Годри.

Геологи, изучающие многочисленные осадочные породы, медленно отлагавшиеся в недрах вод и образовавшие огромные толщи, и частые смены озерных отложений и отложений морского происхождения, также требуют, по самым скромным расчетам <sup>1)</sup>, около двадцати миллионов лет на образование этой части земной коры, доступной их исследованиям, т. е.

15 миллионов для первичной эпохи.

3 миллиона для вторичной эпохи.

2 миллиона для третичной эпохи.

Несмотря на грубость этой оценки, сразу бросается в глаза резкое противоречие между данными астрономии и требованиями геологии и биологии.

<sup>1)</sup> De Lapparent. Traité de Géologie, стр. 1255.

Это противоречие должно было казаться неразрешимым тем, кто, вместе с Лапласом, считал, что планеты постепенно образовались из массы Солнца, ибо тогда из вышеупомянутого запаса теплоты его следовало бы вычесть количество, израсходованное во время последовательных образований Нептуна, Урана, Сатурна, Юпитера, мелких планет, Марса и самой Земли.

Если мы не будем закрывать глаза, не будем пренебрегать неудобными данными с единственной целью сократить продолжительность великих явлений истории нашего шара, то мы необходимо придем к выводу, что наш шар старше Солнца; другими словами, первые лучи зарождающегося Солнца должны были осветить Землю уже отвердевшую, с поверхностью, уже перерабатываемой водою, под действием только центральной теплоты.

Этот странный вывод есть именно тот, который вытекает из предшествующей космогонии. Он требует некоторых разъяснений.

Земля произошла, как и все светила, путем соединения веществ, первоначально рассеянных в пространстве, гораздо большем, нежели ее нынешние размеры. Если предположить, что оно занимало шар с радиусом в 200 раз превышающим нынешний радиус Земли, то мы находим теплоту образования Земли, равную 8.800 кал. на каждый килограмм вещества<sup>1)</sup>. При подобной начальной теплоте Земля должна была пройти через огненно-жидкое состояние. Благодаря этому первоначальному жидкому состоянию ее составные вещества расположились от центра к поверхности в порядке убывающей плотности. Но в конце концов поверхность ее затвердела. С этого момента твердая кора, вначале очень тонкая, прекратила световое излучение. Начиная с этой эпохи, теплота оказалась замкнутой во внутренней жидкой массе; выйти она могла лишь чрезвычайно медленным путем теплопроводности через внутреннюю массу и затем через толщу уже образовавшейся коры. Для данного момента, например, вычислено, что внутренняя теплота повышает температуру земной поверхности не более, чем на одну пятую часть градуса; при этом геологи определяют нынешнюю толщину земной коры в 40 верст.

---

<sup>1)</sup> Величина почти такого же порядка получится, если взять другой радиус, например 250 вместо 200. Достаточно того, чтобы он был велик по сравнению с нынешним радиусом Земли.

В первое время дело обстояло иначе. Внутренняя теплота должна была пройти только тонкий слой твердой коры; таким образом она могла с большей легкостью пропикнуть на поверхность и дольше сохраняться в нижних слоях атмосферы, значительно более плотной, чем нынешняя. Не будет преувеличением утверждать, что эта теплота могла удержать воды в жидком состоянии и даже выпарить часть их. Итак, геологическая работа началась действием вод и атмосферы, под сильным давлением и без всякого иного освещения, кроме света звезд.

При таких условиях 14.500.000 единиц солнечной радиации, из которых, правда, нужно вычесть огромный запас теплоты, которым Солнце обладает в настоящее время, могут с избытком покрыть все требования других наук, сделавших в наши дни столь чудесные успехи.

До сих пор астрономы ничем не были стеснены при построении своих космогонических систем. Теперь же мы должны считаться с двумя новыми науками — геологией и палеонтологией, дающими нам о космогонических эпохах неопровержимые свидетельства. Один пример мы только что видели, и вот другой.

### Объяснение великого палеотермического явления.

Изучение флоры первобытных времен показывает, что до середины вторичной эпохи, т.-е. в продолжение миллионов лет, на всей Земле, от экватора до полюсов, царила ярко выраженная тропическая флора, при равномерной температуре от 20 до 25°. В эти отдаленные эпохи не было ни времен года, ни климатов, и освещение земного шара простиралось за пределы полярных кругов.

Это грандиозное явление не может быть объяснено ни изменением наклона эклиптики, ни положением полюсов на земной поверхности.

Доктор Бланде предполагал найти выход из затруднения в гипотезе Лапласа. Если бы в первичную эпоху угловой диаметр Солнца равнялся 47° (удвоенная величина наклона эклиптики) вместо нынешнего, равного 32', то долгие полярные ночи и ледяной холод не существовали бы. Итак, думал Бланде, это простое предположение вполне согласуется с космогонической гипотезой Лапласа; достаточно допустить, что упомя-

нутая геологическая эпоха почти совпадала с тем временем, когда Венера возникла за счет солнечной атмосферы.

Этот ученый геолог обратился ко мне по этому вопросу. Я заметил ему, что, согласно гипотезе Лапласа, принятой в то время во всем мире, не фотосфера солнца, а его чрезвычайно разреженная атмосфера занимала области образовывавшихся планет. В указанную эпоху видимый диаметр Солнца должен был быть самое большее втрое, но не в 86 раз, больше нынешнего. Кроме того, даже принимая солнце в  $47^\circ$ , мы не достигли бы на полюсах температуры от  $20$  до  $25^\circ$ , не увеличив чрезвычайно температуру других областей. Но в то время я мог лишь указать на трудности, между тем как Бланде желал иметь решение. Не найдя другого объяснения в науке того времени, он остался при своей гипотезе и, наконец, опубликовал ее. Она принята ныне крупными геологами<sup>1)</sup>.

С новой космогонической теорией эти противоречия исчезают. Так как Земля старше Солнца и Солнце, каким оно представляется ныне, не существовало в первичную эпоху, то не было тогда ни климатов, ни времен года; температура поверхности, обуславливаемая только внутренней теплотой, была всюду одна и та же—на полюсах и на экваторе. Вместо ослепительного шара с могучим излучением тепла, называемого нами Солнцем, было лишь рассеянное вещество, стекающееся со всех сторон к центру планетной системы. Соединяясь, оно образовывало, мало-по-малу, очень медленно, большое, слабо светящееся скопление неопределенной формы, едва излучающее немного теплоты. Мы можем приписать этому скоплению размеры, во много раз превосходящие нынешнюю величину Солнца, ибо при таком взгляде мы не ограничены, как в гипотезе Лапласа, длительностью вращения, необходимо связанной с обращением той или иной планеты. Таким образом, весьма просто оказываются налицо все условия палеотермического явления, именно единообразие климата и освещение целиком всего земного шара.

Остается посмотреть, могло ли Земле хватить на миллионы лет ее теплоты образования; не являлась ли поверхностная кора непреодолимым препятствием для прохождения этой те-

<sup>1)</sup> De Lapparent. *Traité de Géologie*, стр. 1252 (1 изд.).

плоты, и отвечает ли слабый свет зачаточного Солнца требованиям первичной растительности.

I. Чтобы поддержать ныне поверхностную температуру нашего шара (в среднем  $16^{\circ}$ ), Солнце нам посылает 0,1 кал. на квадратный метр в секунду, при чем часть этой теплоты отражается в пространство. Предположим, что для поддержания температуры на двадцати градусах потребовалось бы от центральной теплоты излучения 0,125 кал. на квадратный метр в секунду, а длительность рассматриваемой эпохи равнялась бы 15 миллионам лет. Количество израсходованной теплоты будет

60.000.000.000.000 кал.

Но пирамида, основание которой, равное одному квадратному метру, находится на земной поверхности, а вершина в центре Земли, содержит немногим более 10.000 миллионов килограмм веществ. Считая по 9.000 кал. на килограмм, запас теплоты пирамиды (полученный от образования Земли) будет равен

100.000.000.000.000 кал.

Остается, следовательно,

40.000.000.000.000 кал.,

т.-е. 3.600 кал. на килограмм на покрытие расхода, соответствующего другим гораздо более коротким геологическим эпохам, и на поддержание в расплавленном состоянии, более или менее вязком, металлического ядра Земли.

Этот простой расчет довольно хорошо определяет значение внутренней теплоты; он показывает, что, с этой стороны, наши положения подтверждаются.

II. Второе требование заключается в том, чтобы эта теплота могла проникнуть через земную кору, несмотря на слабую проводимость составляющих ее пластов и горных пород. Я объясняю эту долгую проницаемость, от которой так далека нынешняя кора, имеющая 40 км. толщины, тонкостью первичной коры, а также конвекционными токами, которые вследствие жидкого состояния внутренней массы, в то время гораздо более горячей, доставляли теплоту этой массы к самой поверхности и таким образом препятствовали быстрому утолщению этой первой коры.

Мне могут, правда, возразить, указав на быстроту, с которой лава наших вулканов покрывается твердой, почти непроницаемой для внутренней теплоты, корой. Но эта разлившаяся лава находится в совершенно иных условиях, чем первичная кора; эта последняя была сильно и глубоко переработана химическими соединениями, медленно завершавшимися под водой. В земной коре мы знаем только гранитный слой, окружающий весь наш шар, но и он не имеет исключительно огненного происхождения, как лава, поднимающаяся теперь с больших глубин. Ничто не мешает нам предположить, что первоначальные слои были гораздо более проницаемы для тепла, и так и должно было быть на самом деле, ибо они допустили охлаждение, измеряющееся верстами толщины отвердевшей коры.

С другой стороны, надо представлять себе Землю в бóльшей части покрытую морями, воды которых были не холодные, как ныне, а горячие, при чем их температура возрастала с глубиной, вместо того чтобы понижаться до  $-1^{\circ}$  и  $-2^{\circ}$ . Такое положение вещей, на которое нам указывает распределение древних полипняков, длилось долго и изменилось только после затвердения части земной коры, ставшей более сильным препятствием потоку внутренней теплоты, за исключением тех мест, где кора оказалась изломанной до самых своих глубин.<sup>1)</sup> Впрочем, бóльшая часть до сих пор израсходованных 9.000 кал. на килограмм необходимо должна была пройти сквозь толщину затвердевшей коры. Благодаря тому, что это была скрытая теплота, а также благодаря огромной влажной атмосфере прежних времен им удавалось лучше поддерживать температуру поверхности, чем это делает нынче лучистая теплота Солнца.

III. Остается слабость освещения, зависящая от зачаточного Солнца в ту эпоху. Здесь палеонтологи сами подсказывают нам ответ. Папоротники, изобиловавшие в то время, являются именно растениями, любящими тень. Первые насекомые, остатки которых были найдены, принадлежат к семействам, живущим предпочтительно в темных местах. Первые членистоногие земные животные — скорпионы. Итак, не избыток света определяет тропический характер флоры в начале вторичного периода, а равномерное распределение тропической теплоты, простирающееся от одного полюса до другого без существенных изменений<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> De Lapparent. Traité de Géologie, стр. 1249 (1-е изд.).

Если центральной теплоты Земли и слабого светового излучения рождающегося Солнца было достаточно для флоры и фауны первобытных времен, то были необходимы более мощный свет и разившееся Солнце, чтобы дать растительной и животной жизни последующее роскошное развитие, но в то же время обозначились климаты, и жизнь должна была покидать полярные области, по мере того как переставала чувствоваться центральная теплота. Таким образом, геологические эпохи представляют настоящий параллелизм с эпохами космогоническими. Это я и пытался сделать очевидным в двух следующих таблицах.

### ПЕРВАЯ ТАБЛИЦА.

#### Образование солнечной системы.

##### Начальные условия.

Однородное хаотическое скопление почти шарообразной формы, внутри которого господствуют медленные вихревые движения, захватывающие только часть массы.

##### 1-я эпоха.

Внутренняя центральная сила вида  $Ar$ .

Самопроизвольное упорядочение вращательных движений и образование колец, обращающихся в прямом направлении и в одной плоскости около центра тяжести.

Другие части скопления падают к центру, описывая по всем направлениям удлинненные, концентрические со скоплением, эллипсы.

##### 2-я эпоха.

Почти та же центральная сила.

Образование планет внутри колец, наименее удаленных от центра.

Образование их спутников.

Первые очертания центральной массы.

##### 3-я эпоха.

Центральная сила вида  $ar + \frac{b}{r^2}$

Медленное постепенное образование Солнца.

Планеты приближаются к Солнцу.

Образование обратной системы Урана.

Образование еще более резко обозначенной обратной системы Нептуна.

4-я эпоха.

Центральная сила вида  $\frac{B}{r^2}$ .

Окончательно сформировавшееся Солнце, окруженное устойчивой фотосферой, не получающее более приноса извне.

Движения системы входят в фазу окончательной устойчивости.

5-я эпоха.

Та же самая центральная сила.

Возрастающая плотность Солнца; замедление вертикальных течений, питающих атмосферу.

Исчезновение фотосферы.

Образование коры на солнечной поверхности.

Неопределенное продолжение астрономических движений системы.

Вторая таблица.

Согласие геологических эпох с космогонией.

Период раскаленного состояния Земли.

Теплота от образования Земли. В совершенно жидкой массе концентрические слои располагаются в порядке плотности. Размеры, значительно превосходящие нынешние; вращение гораздо более медленное. Форма эллипсоида вращения, немного уплощенного к полюсам вращения.

Окисление поверхностных слоев, уменьшающееся с глубиной.

Обширная атмосфера, содержащая всю образованную таким образом воду и оставшиеся свободными газы.

Лунные приливы в жидкой массе.

Антезойский период.

Охлаждение земного шара.

Образование первой твердой коры с прекращением свечения. Воды начинают опускаться на Землю. Механическая и хими-

ческая переработка коры водами, под давлением обширной атмосферы.

Лунные приливы расплавленной массы, сдерживаемые твердой корой, затухают и стремятся исчезнуть.

### Первичный период.

Слабое освещение, исходящее из зарождающегося Солнца.

Уже образованная кора медленно утолщается и трескается. Слабое давление внутренних приливов, соединенное с сжатием, заставляет расплавленную материю подниматься по трещинам и даже разливаться по обломкам коры.

Поверхностная или воздушная температура зависит исключительно от внутренней теплоты; она одинакова на экваторе и на полюсах. Ни климатов, ни времен года. Глубинные воды горячи, а не холодны.

Обширная атмосфера, предохраняющая Землю от охлаждения. Верхние течения параллельны экватору. Нет бездождных областей; снега нет.

Океанические приливы исключительно лунного происхождения.

Более быстрое остывание морских глубин вызывает избыток давления подводной коры на внутреннюю жидкую массу и вызывает постепенное повышение вышедших на поверхность менее толстых слоев Земли.

Начало свечения рождающегося и еще бесформенного Солнца.

Земля слабо освещается даже на полюсах.

Растительная и животная жизнь, развивающаяся равномерно по всей земле.

### Вторичный период.

Увеличение солнечного света.

Вначале растительная и животная жизнь продолжают развиваться одинаково по всей Земле.

Кора утолщается; внутренняя теплота Земли уменьшается. Суточное вращение делается быстрее.

Солнце приобретает определенные очертания и увеличивается; Земля все более и более к нему приближается, а продолжительность ее обращения быстро убывает.

Усилившееся солнечное излучение начинает компенсировать постепенную убыль центральной теплоты.

Образование континентов и горных цепей.

Во второй половине этого периода сказываются влияния времен года. Климаты начинают обрисовываться и могущественно изменять вторичную флору и фауну.

Лунные приливы уже несколько изменяются действием Солнца.

### Третичный период.

#### Полное солнечное освещение.

Сокращение шара замедляется. Прилив центральной теплоты выражается в очень малых количествах.

Солнце быстро достигает максимума своей деятельности. Масса его более не увеличивается. Оно окружено полной фото-сферой.

Земля пробегает свою окончательную орбиту.

Жизнь достигает почти максимума энергии и развития в доступных для нее климатах.

Атмосфера по величине почти равна нынешней.

Окончательное разделение времен года. Полярные и тропические климаты. Полярные льды; их периодическое таяние.

Появляется охлаждение, являющееся следствием полярных холодов. Подводные полярные течения, поддерживающие в глубине морей температуру, близкую к нулю.

Ускоряющееся охлаждение морских глубин вызывает образование мощных горных цепей по линии трещин.

Появление вечных снегов и ледников на высоких горах.

Верхние атмосферные течения принимают определенное северо-восточное направление на нашем полушарии и локализуются. Бездождные области.

Вулканические явления, вызванные случайным проникновением воды или водяных паров высокого давления в огненные слои по трещинам, доходящим до низа. Подземное образование обильной, иногда взрывчатой лавы.

Вполне лунно-солнечные приливы.

## Четвертичный период.

### Легкий упадок солнечной деятельности.

Кроме этого незаметного упадка, скорее подозреваемого, чем доказанного <sup>1)</sup>, эта фаза характеризуется уничтожением всякого космогонического влияния и установлением совершенной устойчивости во всех областях. Устойчивость размеров планетной системы, устойчивость солнечной радиации, устойчивость химического состава атмосферы и, наконец, устойчивость вращения и формы Земли, уплощенность которой достигла нынешней своей величины <sup>2)</sup>.

Только самая кора не вполне устойчива; продолжают более медленные и ослабленные колебательные движения участков земной коры, вызванные равномерным охлаждением этих участков, частью континентальных, частью подводных, и скоплением осадков на этих последних.

Ледниковый период (северное полушарие), связанный с этим же колебательным движением.

Ослабленное продолжение вулканических явлений.

Жизнь давно покинула полярные страны, высокие вершины и бездождевые области (пустыни). Она становится все более и более различной, в зависимости от климата и рельефа местности.

В водных глубинах продолжает существовать фауна, аналогичная царившей там в предшествующие эпохи.

---

<sup>1)</sup> Солнце, бывшее вначале, судя по огромному запасу начальной теплоты, белой звездой первого спектрального типа, в настоящее время желтовато и перешло ко второму типу.

<sup>2)</sup> Земля сохранила, несмотря на все пертурбации, свою первоначальную форму эллипсоида вращения, слегка уплощенного у полюсов; изменилось только самое уплощение.

ДЖ. ДАРВИН

# ПРИЛИВНОЕ ТРЕНИЕ

(XVI и XVII гл. из «Приливы и родственные явления»)

Перевод А. А. Михайлова



## Приливное трение [4].

Тот факт, что Земля, Луна и планеты имеют все почти шарообразную форму, доказывает, что они были в прежние времена расплавленными и пластичными и приняли свою нынешнюю круглую форму под влиянием всемирного тяготения. Если те вещества, из которых образована та или иная планета, были полужидкими вследствие высокой температуры, то спутники такой планеты или, во всяком случае, Солнце должны были вызвать явление приливов в расплавленных горных породах, подобно тому, как Солнце и Луна производят ныне прилив и отлив в наших морях.

Расплавленные горные породы и жидкое железо обладают значительной вязкостью, и каждое происходящее в них движение должно сопровождаться сильным трением. Даже вода, которая имеет малую вязкость, не вполне свободна от внутреннего трения, и поэтому на наши морские приливы также влияет трение жидкости, хотя и в гораздо меньшей степени, чем на приливы, происходящие в упомянутых раскаленных жидкостях. Но каждая система тел, находящаяся в движении и подверженная трению, приходит постепенно в состояние покоя. Железнодорожный поезд, хотя катится еще значительное расстояние, после того как прекращен пуск пара, но под конец все же останавливается, а маховое колесо продолжает вертеться лишь ограниченное время. Этот общий закон делает несомненным, что трение прилива и отлива, независимо от того, происходит ли оно в волнах жидкой лавы или мирового океана, некоторым образом должно замедлить вращение планеты или, во всяком случае, движение системы.

Маховое колесо останавливается трением оси в подшипниках; но так как Земля не имеет подшипников, то не легко усмотреть, как может трение приливной волны, будь то прилив

во всей массе или только моря, повлиять в смысле уменьшения скорости вращения. Очевидно; к этому результату должно вести некоторое взаимодействие между Луной и Землей. Действие и противодействие должны быть равными и противоположными между собою, и если верно наше предположение о том, что трение приливов замедляет вращение Земли, то должна существовать реакция на Луну, которая стремится гнать последнюю вперед. Чтобы пояснить сущность реакции на наглядном примере, вспомним, как человек, едущий на высоком велосипеде <sup>1)</sup> при слишком быстром применении тормоза перебрасывается

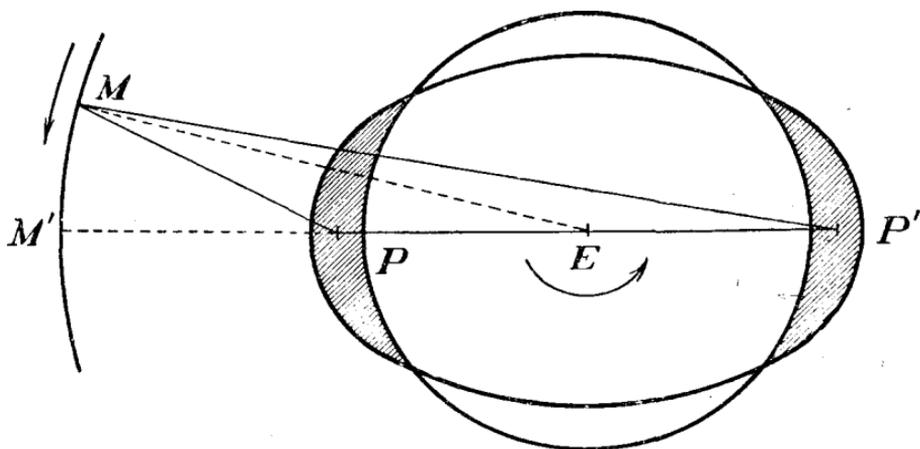


Рис. 4.

вперед через руль. Намерение велосипедиста было остановить переднее колесо, но этого нельзя было сделать без реакции на ездока, которая иногда приводила к нежелательным последствиям.

Общие заключения относительно действия и противодействия у приливного трения столь неопределенны, что желательно рассмотреть более детально, как эти воздействия проявляются.

Окружность на фиг. 4 изображает недеформированную фигуру планеты, которая вращается в направлении изогнутой стрелки. Часть орбиты спутника намечена в виде отрезка окружности и направление движения обозначено также стрелкой. Я сначала

<sup>1)</sup> Здесь подразумевается велосипед старой конструкции, состоящий из одного большого колеса и другого маленького сзади. (Ред.).

предположу, что покрывающая планету вода или расплавленные горные породы, из которых планета состоит, представляют идеальную жидкость без внутреннего трения, и что спутник в момент, изображенный на рисунке, находится в точке  $M'$ . В таком случае приливная сила деформирует жидкую массу, пока она не примет яйцевидной формы, намеченной эллипсом, при чем она выходит с двух сторон из пределов окружности. Но нужно обратить внимание на то, что если эта фигура относится к океану, то он должен быть очень глубоким <sup>1)</sup>, гораздо глубже, чем существующие океаны на Земле, потому что только в глубоких морях наибольшая вода может находиться против Луны, в то время, как в мелких морях бывает отлив там, где можно собственно ожидать высокую воду. Если принять гипотезу, что высокая вода находится против Луны и предположить свободную от трения жидкость, то длинная ось яйца направлена как раз к спутнику  $M'$ , и жидкость совершает постоянное ритмическое движение, так что она неизменно сохраняет ту же форму и положение по отношению к спутнику, в то время как планета вращается, а спутник вокруг нее движется.

Но если, как в действительности, жидкость подвержена трению, то она запаздывает в своем ритмическом поднятии и опускании, и выдающаяся часть (приливная волна) уносится вращением планеты со своего настоящего места. Для того, чтобы употребить для этого случая тот же самый рисунок, мы переставили спутника несколько назад в  $M$ , ибо это сводится к тому же и менее путано, чем если нарисовать приливную волну еще раз в продвинутом вперед положении. Планета сохраняет тогда постоянно эту форму и положение относительно спутника, и взаимодействие между обоими таково же, как если бы планета была твердую, но непрерывно меняла свою форму.

Нам теперь нужно исследовать, какие действия должны возникнуть из притяжения спутника на яйцевидную планету в случае, если тела постоянно сохраняют свое относительное положение. Дело станет более понятным, если мы вообразим себе на месте приливных выступов две равные массы, сосредоточенные в двух точках: одну около  $P$ , другую около  $P'$ .

---

<sup>1)</sup> Из динамической теории приливов вытекает, что прилив может следовать за луною при вращении земли, не отставая от последней, лишь в случае, если глубина океана всюду не меньше 22 км. (Р е д.)

Если эти массы будут выбраны подходящим образом, так чтобы они заменили по величине массы выступов, то это изменение не внесет существенной разницы в отношении действия.

Притяжение спутника на близкие тела больше, чем на более отдаленные, и поэтому он притягивает массу  $P$  сильнее, чем массу  $P'$ . Из рисунка ясно, что притяжение на  $P$  старается задержать вращение планеты, в то время как притяжение на  $P'$  стремится его ускорить. Если кто-нибудь давит с равной силой на педали велосипеда, то ось не имеет стремления вращаться, и кроме того имеются при обращении мертвые точки, в которых давление и нажимание не производит действия. Точно так же и в нашей астрономической задаче не произошло бы никакого влияния на вращение планеты, если бы оба притяжения были строго равны между собою или выступающие массы стояли бы на мертвой точке. Однако ясно, что здесь замедляющий импульс сильнее ускоряющего, и положение выступов таково, что мертвая точка является перейденной. Отсюда следует, что первичное действие трения жидкости состоит в том, чтобы гнать вперед приливную волну, а вторичное действие—замедлять вращение планеты.

Уже было сказано, что рис. 4 применяется лишь к случаю приливов всей планеты или очень глубокого океана. Если бы океан был мелок и лишен трения, то на стороне, обращенной к спутнику, и с противоположной стороны была бы низкая вода. Но фактически действие трения в мелком океане заключается в том, чтобы двигать назад приливную волну, и рисунок, составленный для представления такого передвижения прилива, сейчас же бы уяснил, что и здесь приливное трение должно повести к замедлению вращения планеты. Поэтому я ограничусь случаем, представленным рис. 4.

Действие и противодействие между собою равны и противоположны, и если спутник сообщает выступам импульс, то и выступы сообщают таковой спутнику. Рисунок показывает, что притяжение массы  $P$  стремится продвинуть вперед спутника в его орбите, в то время как притяжение  $P'$  старается его задержать. Но сила притяжения  $P$  больше, чем  $P'$ , и поэтому равнодействующей является сила, которая стремится увлечь спутника в направлении стрелки.

Если вращать камень на упругой веревке по кругу, то замедляющая сила, как сопротивление воздуха, производит сокра-

шение веревки, а ускоряющая сила производит удлинение ее. Точно так же и спутник, который, так сказать, привязан силой тяготения к планете, отступает от нее под влиянием ускоряющей силы и удаляется по спирали на все возрастающее расстояние. Время, которое потребно спутнику для совершения одного оборота вокруг планеты, увеличивается, и это удлинение времени обращения происходит не только от удлинения описанной дуги, но также и от действительного уменьшения его скорости. Кажется парадоксальным, что действием ускоряющей силы является замедление, но более подробное рассмотрение образа действия силы устранил противоречие. Ускоряющая сила, действующая на спутника по касательной, заставляет описывать его расширяющуюся спираль. Если читатель потрудится нарисовать такую спиральную орбиту с преувеличенным расстоянием между витками, то он заметит, что центральная сила, будучи направленной прямо к планете, должна в известной степени действовать в смысле уменьшения скорости спутника. Центральная сила очень велика по сравнению с действующей по касательной силой приливного трения, и поэтому малая доля первой силы может превзойти силу касательную. Несмотря на то, что в очень медленно развертывающейся спирали часть центральной силы, производящая замедление, необычайно мала, она все же оказывается больше ускоряющей силы, действующей по касательной и потому общее действие сводится к уменьшению скорости спутника.

Обратный случай, когда замедляющая сила имеет следствием увеличение скорости, может показаться понятнее, так как он более известен. Метеорит, летящий через земную атмосферу, движется все быстрее и быстрее, потому что он приобретает больше скорости чрез ускорение силы тяжести, чем теряет чрез сопротивление воздуха.

Применим эти результаты к случаю Земли и Луны. Человек, стоящий на поверхности вращающейся планеты, будет переноситься по местам, где жидкость, поочередно, то более глубока, то более мелка. Он скажет на глубоких местах, что происходит прилив, а на мелких—отлив. На рис. 4 происходит прилив, если наблюдатель проходит через  $P$ . Но мы видим, что если отсутствует трение в жидкости, то Луну нужно поместить в точку  $M'$ , а если трение существует, то в точку  $M$ . Таким образом, без трения бывает прилив, когда Луна стоит как раз над наблюдателем,

в случае же трения Луна проходит через зенит ранее, чем прилив достигает наблюдателя. Следовательно, он нацел бы, что трение замедляет время прилива.

Мы понимаем под сутками время, в течение которого Земля совершает один оборот вокруг себя самой, а под месяцем—время, в которое Луна совершает один оборот вокруг Земли. Вследствие того, что приливное трение замедляет вращение Земли и обращение Луны, мы можем утверждать, что как сутки, так и месяц удлинятся и что это является результатом запоздания приливов.

Затем нужно отметить, что спираль, по которой движется Луна, постепенно расширяется, так что ее расстояние от Земли увеличивается. Это несомненные и необходимые следствия механического взаимодействия между двумя телами.

В настоящее время скорости увеличения суток и месяца необычайно малы, так что оказалось невозможным определить их хотя бы с приблизительной точностью. Между прочим, нужно заметить, что если бы удалось установить скорость возрастания одного из этих элементов, то изменение другого можно бы вывести путем вычисления.

Необычайная медленность изменений доказывается древними сообщениями о солнечных затмениях в греческой и ассирийской истории, которые совершались в определенные дни и в определенных местах. Несмотря на изменение календаря, можно установить соответствующий день по нашему теперешнему летосчислению, и отождествление места не представляет затруднения. Астрономия дает нам средства точно вычислить время и место наступления затмения, которое произошло три тысячи лет тому назад в предположении, что Земля в то время вращалась столь же быстро, как и теперь, и что сложные законы, которые управляют движением Луны, остались неизменными.

То или иное упоминаемое в истории затмение известно, но заметное изменение во вращении Земли или в положении Луны передвинуло бы на земной поверхности место видимости, указанное нашими вычислениями. Большинство астрономических наблюдений обесценивается, если не известно точное время события, но в случае затмений место наблюдения доставляет как раз отсутствующий элемент точности. И так как места старых затмений довольно хорошо согласуются с новейшими

вычислениями, то мы уверены в том, что за последние три тысячи лет ни во вращении Земли, ни в движении Луны не произошло больших перемен. Однако остается маленькое отклонение, которое показывает, что небольшое изменение существует. Но точные размеры последнего содержат элементы неопределенной величины, потому что наше знание законов движения Луны недостаточно точно для абсолютно безошибочного вычисления затмений, происшедших много веков тому назад. Таким образом узнали, что в течение исторического времени замедление во вращении Земли и запоздание Луны были, во всяком случае, очень малыми.

Но отсюда не следует, что эти изменения всегда были столь же медленны. На самом деле, можно показать, что влияние приливного трения увеличивается с большой скоростью, если мы приблизим к планете приливообразующий спутник.

Действительно, в теории приливов доказывается, что приливообразующая сила изменяется обратно пропорционально третьей степени расстояния Луны от Земли, так что, если расстояние это постепенно уменьшилось бы до  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  первоначальной величины, сила и вызванный ею прилив увеличились бы в 8,27 и 64 раза<sup>1)</sup>. Однако действие, производимое приливым трением, прибывает еще значительно быстрее, ибо не только увеличивается самый прилив, но и притяжение Луны на приливную волну. Чтобы исследовать, как эти два фактора

<sup>1)</sup> Это положение следует из того, что приливообразующая сила не есть все притяжение спутника на планету, а составляет лишь из разности притяжения на отдельные точки поверхности планеты. Если мы обозначим через  $r$  и  $r + \Delta r$  расстояние двух точек земной поверхности от Луны, где  $\Delta r$  величина малая, то притяжение Луны на эти точки пропорционально соответственно  $\frac{1}{r^2}$  и  $\frac{1}{(r + \Delta r)^2}$ , а приливообразующая сила пропорциональна  $\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r + \Delta r)^2} = \frac{(r + \Delta r)^2 - r^2}{r^2 (r + \Delta r)^2}$ , что по малости  $\Delta r$  близко равно  $\frac{2r \Delta r}{r^4} = \frac{2 \Delta r}{r^3}$ , а это и подтверждает обратную пропорциональность прилива кубу расстояния. Для математика это сразу становится ясным благодаря тому соображению, что приливообразующая сила, как разность двух близких между собою притяжений в предельном случае, получается как дифференциал от выражения силы, пропорциональной  $\frac{1}{r^2}$ , а следовательно, содержит множитель  $\frac{1}{r^3}$ . (Р е д.)

совместно действуют, начнем с предположения, что высота прилива не меняется от приближения или удаления Луны. Тогда те же самые умозаключения, которые привели к следствию, что приливообразующая сила обратно пропорциональна кубу расстояния, показывают, что действие Луны на выступы определенной величины должно меняться так же, как куб расстояния; однако высота прилива в действительности величина не постоянная, но меняется в вышесказанном отношении, так что в случае учета как увеличения прилива, так и возрастания притяжения Луны замедление земного вращения должно меняться обратно пропорционально шестой степени расстояния. Так как шестая степень двух есть 64, то при уменьшении расстояния Луны вдвое, приливное трение вызовет действие в 64 раза более сильное, чем теперь. Точно так же при расстоянии, уменьшенном до  $\frac{1}{3}$  или  $\frac{1}{4}$  теперешнего, приливное трение действовало бы в 729 или 4.096 раз сильнее. Следовательно, хотя в настоящее время действие и неуловимо слабо, но, когда Луна была к нам еще ближе, оно должно было совершаться с гораздо большей скоростью.

Существует много вопросов, в которых было бы очень трудно установить время наступления отдельных фаз изменения, но в которых возможно исключить время из рассмотрения и проследить самые изменения в правильном порядке, без указания сроков времени. Приведем пример из обычной жизни: мы можем знать порядок станций, которые должен миновать поезд между Лондоном и Эдинбургом, не имея расписания поездов. Такой же случай мы имеем и в нашей астрономической проблеме, ибо хотя и здесь мы не имеем таблицы времени, но можем точно проследить порядок чередования изменений в системе.

Оставим же время без рассмотрения и взглянем вперед на конечный исход взаимодействия приливов между Луной и Землей. Сутки и месяц удлинятся с относительными скоростями, которые можно вычислить, хотя абсолютные скорости или масштаб времени неизвестны. Для общего понимания проблемы достаточно указать, что в настоящее время сутки прибывают гораздо быстрее месяца и что это положение сохранится и в будущем. Поэтому число обращений Земли, приходящееся на один оборот Луны, уменьшается или, другими словами, число суток в месяце убывает, хотя самый месяц становится длиннее

чем теперь. Например, когда сутки будут столь же продолжительными, как двое настоящих наших суток, месяц будет иметь длину наших 37 суток, и Земля в течение месяца сделает всего лишь около 18 оборотов вокруг своей оси.

Это медленное изменение суток и месяца будет продолжаться непрерывно до тех пор, пока продолжительность одного оборота Земли не удлинится до 55 наших теперешних суток. К этому же времени и месяц, или время обращения Луны вокруг Земли, будет также составлять 55 наших суток. Так как под месяцем мы должны подразумевать промежуток времени, в течение которого Луна возвращается к прежнему месту по отношению к звездам, и сутки нужно определять подобным же образом, то Луна должна тогда постоянно находиться против одного и того же места земной поверхности и оба тела должны двигаться так, как если бы они были соединены твердой балкой. Конечным результатом приливного трения будет, следовательно, то, что Луна и Земля будут обращаться так, как если бы они образовали одно единственное тело и притом с периодом в 55 наших теперешних суток, при равной длине суток и месяца.

Если мы теперь посмотрим во времени назад, то мы увидим, что сутки и месяц становятся короче, но сутки опять меняются быстрее месяца. Земля могла поэтому раньше совершать большее число оборотов за месяц, хотя месяц был и короче, чем теперь. Мы, таким образом, приходим ко времени, когда на месяц приходилось 29 оборотов Земли, вместо нынешних  $27 \frac{1}{3}$ . Эта эпоха представляет род кризиса в истории Луны и Земли, потому что можно доказать, что месяц никогда не мог содержать больше 29 суток. До этой эпохи число суток составляло меньше 29, и после нее также меньше. Если мерить годами, то эта эпоха земной истории должна быть очень отдаленной, однако если рассмотреть весь ряд изменений, то мы должны признать ее сравнительно новым происшествием. На самом деле, в известном смысле можно сказать, что мы недавно перешли через среднюю стадию нашей истории.

Если мы теперь проследим ряд изменений назад дальше, чем до того времени, когда месяц имел наибольшее число дней, то увидим, что Земля вращалась все быстрее и быстрее, а Луна придвигалась к ней все ближе и ближе, при чем Луна обращалась вокруг земли все в более короткое время. Но тут уже произошла перемена в том отношении, что скорость, с которой

укорачивается месяц, стала больше, чем скорость изменения суток. Вследствие этого Луна теперь, так сказать, обгоняет Землю, которая не может так часто обращаться вокруг себя самой в течение месяца, как сначала. Другими словами, число суток убывает, начиная от своего максимума в 29 суток и, в конце концов, спускается до единицы. Когда месяц опять имеет только один день, Земля и Луна вращаются в одно и то же время, так что первая обращена к Луне всегда одной стороной, и, поскольку дело идет о движении, их можно было бы соединить постоянной балкой.

Это—тот же результат, к которому мы пришли и для отдаленного будущего. Но оба случая все же очень различны; потому что, между тем как в будущем период общего обращения составит 55 наших теперешних суток, мы видим в прошедшем, что оба тела вращаются вокруг себя в три или пять наших нынешних часов. Спутник, столь быстро движущийся вокруг Земли, должен почти касаться земной поверхности. Таким образом система прослежена до того момента, когда Луна почти касалась Земли, и обе они вращаются, как одно тело, употребляя приблизительно от трех до пяти часов на один оборот вокруг себя.

Мы проследили весь ряд изменений, исходя из настоящего, вперед и назад, но весь процесс станет еще понятнее, и получится возможность для некоторых дальнейших выводов, если я еще раз сопоставлю общий ход истории развития в форме связного рассказа.

Представим себе планету в сопровождении спутника, который обращается так близко, что касается поверхности планеты и постоянно находится против одной и той же стороны ее. Если теперь по какой-нибудь причине месяц спутника совсем на немного уклонится от суток планеты, то спутник перестанет находиться всегда против одной стороны планеты, но будет попеременно проходить над всеми точками ее экватора. Это есть условие, необходимое для вызывания смены приливов на планете, и так как расплавленная лава, из которой она состоит по нашим представлениям, есть жидкость вязкая, то движение приливов должно быть подвержено трению. Приливное трение начинает теперь совершать свое дело, но результат будет различным, смотря по тому, обращается ли спутник быстрее или немного медленнее планеты. Если он обращается несколько быстрее, так что месяц короче суток, то мы имеем

условие, не разобранные при рассмотрении рис. 4; но легко понять, что, так как спутник всегда оставляет планету позади себя, вершина приливной волны должна быть направлена в точку его орбиты, лежащую позади спутника. В этом случае вращение планеты должно быть ускорено трением, и спутник подтягивается к планете, на которую он, в конце концов, и должен упасть. Что касается Земли и Луны, то ясно, что уже существование последней отвергает гипотезу, будто изначальный месяц был короче суток хотя бы на бесконечно малую величину. Значит, мы должны принять, что Луна обращалась немного медленнее, чем вращалась Земля. В этом случае приливное трение должно было замедлить вращение Земли, но принудить Луну отступать от Земли и медленнее совершать свой путь. Вследствие этого первоначальные сутки и месяц удлиняются, но последний прибывает гораздо быстрее первых, так что число суток в месяце возрастает. Это продолжается до тех пор, пока это число не достигает максимума, который равен для случая нашей планеты приблизительно 29-ти.

После эпохи наибольшего числа суток в месяце, скорость изменения длины суток становится меньше скорости изменения продолжительности месяца; и хотя оба периода увеличиваются, число суток в месяце начинает убывать. Это изменение продолжается до тех пор, пока оба периода опять не совпадут между собою, и Земля и Луна не станут опять в таком же отношении, как вначале, при чем они обращаются в одинаковое время и повернуты друг к другу всегда одними и теми же сторонами. Но только при этом конечном результате Луна будет стоять далеко от Земли, вместо того чтобы находиться совсем близко от нее.

Хотя начальное и конечное состояние очень похожи, но все же они в одном отношении, имеющем большое значение, различаются между собою, ибо в первоначальном состоянии движение не устойчиво, между тем как в конце оно устойчиво. Это значит, что если первоначальное движение Луны потерпело бы лишь бесконечно малое возмущение, она бы по необходимости либо упала на планету, либо постепенно от нее удалась, и было бы невозможным для Луны в дальнейшем двигаться в ее близости. Положение равновесия Луны неустойчиво в том же смысле, как положение яйца, поставленного на тонкий конец; малейшая пылинка может его опрокинуть и практически

оно вообще не может оставаться в этом положении. Конечное же состояние похоже на яйцо, положенное на бок, которое лишь немного качается, если его толкнуть. Точно так же и Луна, если немного нарушить ее конечное движение, будет продолжать описывать почти ту же орбиту вокруг Земли, а не пойдет по совершенно новому пути.

Существуют строго построенные методы, при помощи которых ход Луны был прослежен назад до своего первоначального неустойчивого положения, когда она кружилась в непосредственной близости к Земле. Но здесь эти методы перестают годиться, и вычисление не в состоянии сказать нам, что случилось раньше и как Луна пришла к этому неустойчивому роду движения. Если бы мы нашли в комнате качающийся маятник и знали, что долгое время его не трогали, то мы могли бы заключить из наблюдения его скорости, принимая во внимание сопротивление воздуха, что он в каком-нибудь прошлом моменте стоял как раз на голове, но вычисление никогда не могло бы сказать, как он попал в такое положение. Мы, конечно, были бы убеждены, что кто-нибудь пустил его в ход. Подобный скачок должен возникнуть и в истории Луны, и не так-то легко восполнить недостающий эпизод. Действительно, в отношении предшествующей истории можно лишь делать предположения.

Однако все же имеется известное основание для наших предположений, ибо я утверждаю, что, если планета, подобная Земле, делает один оборот в 3 часа, она будет почти разорвана центробежной силой. Притяжение силы тяжести будет едва достаточно, чтобы ее сдержать, совершенно подобно тому, как сила сцепления железа недостаточна, чтобы сдержать маховое колесо, которое приведено в слишком быстрое вращение. Конечно, есть существенное различие между разломом махового колеса и предполагаемым разрывом Земли; потому что, если сломается колесо, то, как только будет преодолено сцепление, куски разлетаются, тогда как при разрыве планеты от слишком быстрого вращения<sup>3</sup> тяжесть продолжает связывать между собою обломки после того, как они перестали быть частями единого тела.

Мы имеем поэтому основание думать, что Луна состоит из кусков первоначальной планеты, называемой теперь Землей, оторвавшихся в то время, когда планета вращалась очень быстро, и затем слившихся в общий шар. Проследить подробности

этого процесса разрыва и обратного соединения невозможно при нынешних средствах математического анализа, но почти нельзя сомневаться в том, что система прошла через период полного хаоса прежде, чем был опять восстановлен порядок с образованием спутника.

Я выше сказал, что очень быстрое вращение, вероятно, было причиной образования Луны, но, быть может, последнее было вызвано не только одной этой причиной. Есть известные обстоятельства, благодаря которым трудно с точностью установить первоначальное общее время обращения Луны и Земли; оно может заключаться между 3 и 5 часами. И я думаю, что такая скорость не совсем достаточна для того, чтобы вызвать разрыв первоначальной планеты. В другом месте мы подробнее исследуем условия, при которых должна распасться вращающаяся жидкая масса; пока достаточно сказать, что, если вращающееся тело, как наша Земля, имеет неравномерную плотность, точное определение предельной скорости вращения невозможно. Нет ли поэтому какой-нибудь другой причины, которая могла бы действовать заодно с быстрым вращением и дать повод к разрыву? Мне кажется, что такая причина существует и, хотя здесь может идти речь только о догадках, я все же осмелюсь высказать свои предположения.

Первоначальная планета до образования Луны находилась по отношению к Солнцу в быстром вращении, и вследствие этого на ней должны были возбуждаться солнечные приливы. Существует общий динамический закон, который позволяет нам предсказать величину колебания какой-либо системы под воздействием внешних сил. Этот закон зависит от невынужденного или свободного периода колебания системы, который присущ ей в том случае, когда она, выведенная из равновесия и не встречая возмущения со стороны внешних сил, предоставлена самой себе. Мы видели, что, чем ближе период внешних сил совпадает со временем колебания, тем больше амплитуда колебания системы. Отсюда легко вычислить свободное или невынужденное время периода колебания сплошь однородного жидкого шара, имеющего плотность Земли (в  $5\frac{1}{2}$  раза плотнее воды); период оказывается равным одному часу 34 минутам. Неравномерная плотность Земли вносит осложнение, которое мы не в состоянии учесть, но, тем не менее, вероятно, что период составлял от  $1\frac{1}{2}$  до 2 часов. Период полусуточного солнечного

прилива равняется полусуткам, и если бы сутки были равны 3—4 нашим теперешним часам, то вынужденный период прилива находится в близком соответствии с периодом свободного колебания.

Не можем ли мы предположить поэтому, что, так как вращение Земли в ее первоначальном виде постепенно замедлялось солнечными приливами, благодаря этому, период солнечного прилива все приближался к совпадению с периодом колебания, и, следовательно, солнечный прилив увеличивался по высоте. В этом случае колебание могло быть настолько сильным, что под конец, в соединении с центробежной силой, вызванной быстрым вращением, оно разорвало бы планету, и тот огромный кусок, который от нее отделился, в конце концов, образовал нашу Луну.

Правда, ничем нельзя доказать, является ли эта теория правильным объяснением возникновения Луны, и поэтому я принимаю ее за простое построение, не могущее быть доказанным. Правильность или неправильность этой гипотезы не имеет ничего общего с принятой нами теорией приливного трения; эта последняя стоит на твердой основе механической необходимости и тем бросает много света на историю развития Земли и Луны и устанавливает соотношение между продолжительностью нашего теперешнего дня и месяца. Я сказал выше, что последовательность событий была установлена без отношения к масштабу времени. Тем не менее крайне важно получить представление о том времени, которое требуется для всех этих изменений системы. Если бы на это требовались миллионы и миллионы лет, то теорию пришлось бы отбросить, ибо другие доказательства раскрыли, что в нашем распоряжении нет безграничного запаса времени. Правда, неуверенность относительно продолжительности существования солнечной системы очень велика, тем не менее мы уверены, что она существует не бесконечное время.

Хотя фактический масштаб времени не определен, все же возможно найти минимальное время, нужное для того, чтобы лунная орбита прошла через все превращения, начиная с установленного нами первоначального состояния, вплоть до настоящего вида. На самом деле можно доказать, что если приливное трение действовало при условиях, благоприятных для создания быстрой перемены, то последовательность событий с самого

начала и до настоящего дня протекала в промежутке времени от 50 до 60 милл. лет. В действительности промежуток времени, конечно, должен был быть гораздо больше. Различные способы для определения возраста солнечной системы привели к таким результатам, которые сильно различаются между собою; тем не менее я не верю, что теория оказалась бы неприменимой вследствие продолжительности требуемого времени. Может случиться, что науке придется отбросить теорию в полном ее объеме, но мне кажется невероятным, что конечное решение будет отрицательно для влияния приливов на развитие нашей планеты.

---

Если бы эта история Земли и Луны соответствовала истине, то она могла бы пролить некоторый свет на многочисленные особенности солнечной системы. Во-первых, должен был произойти ряд перемен на самой Луне. Когда-то и Луна, вероятно, находилась в раскаленно-жидком состоянии, а те большие потухшие вулканы, которые были обнаружены при помощи телескопа, служат доказательством этого первоначального жара.

Расплавленная масса, вероятно, была полужидкой, а Земля должна была произвести в ней огромные приливы из лавы. Несомненно, что некогда Луна быстро вращалась вокруг своей оси, и сопротивление трения в ее приливах должно было замедлить ее вращение. Это явление способствовало отдалению Луны от земли; но так как масса Луны составляет только восьмидесятую часть массы Земли, то влияние на лунную орбиту могло оказаться только незначительным. Единственный пункт, на который нам следует обратить внимание, — это тот, что скорость ее вращения была изменена; Луна вращалась потом все медленнее и медленнее, до тех пор пока не застыла приливная гора, и с тех пор вплоть до наших дней она обращала Земле одну и ту же сторону. Кант и Лаплас в прошлом столетии, также как и Гельмгольц в новейшее время, привели это в качестве объяснения того, что Луна всегда показывает нам одну и ту же сторону. Наша теория получает, таким образом, благодаря Луне несомненное доказательство, ибо, раз она по отношению к Земле прекратила вращаться, значит, она, действительно, дошла до такого состояния, которое можно ожидать в будущем для Земли.

Вызванный на Луне Землею прилив теперь застыл, так что экватор Луны не есть вполне точная окружность и удлинен по

направлению к Земле. Лаплас исследовал действие Луны на эту затвердевшую приливную гору и доказал, что Луна при своем движении вокруг Земли должна немного колебаться. Вследствие этого колебательного движения, или либрации Луны, а также вследствие того факта, что ее орбита эллиптическая, мы в состоянии видеть немного больше половины лунной поверхности.

До сих пор я только в одном месте упомянул о влиянии солнечных приливов, однако и они также имеют значение, будучи достаточно велики, чтобы вызвать заметное изменение в лунных приливах. Подобно тому как Луна замедляет вращение Земли, то же самое производит и Солнце. Но эти солнечные приливы оказывают только реакцию на движение Земли вокруг Солнца, не влияя при этом на движение Луны вокруг Земли. Можно было бы ожидать, что земная орбита проходила шаг за шагом через те же переменные состояния, что и лунная орбита, и что Землю можно было бы проследить вплоть до ее образования вблизи Солнца. Однако масса Земли менее одной 300.000 части массы Солнца, и можно поэтому совершенно пренебречь обратным действием на орбиту Земли. На самом деле мало вероятно, чтобы по этой причине год более чем на несколько секунд стал длиннее по сравнению с тем, каким он был при возникновении солнечной системы.

Итак, хотя солнечные приливы никогда не могли иметь особенного влияния на движение Земли по ее орбите, все же они в значительной степени повлияли на ее вращение. Представим себе, что мы перенесены в неопределенное будущее, когда период полного оборота Луны и суточный период Земли оба возросли до 55 наших теперешних суток.

Лунный прилив на Земле останется тогда неизменным, точно так же, как теперь остановлен на Луне земной прилив, но в отношении к Солнцу Земля будет вращаться, и если на ней тогда еще будут существовать океаны, то ее вращение вследствие трения солнечных приливов замедлится. День будет еще длиннее, чем месяц, в то время как Луна будет продолжать обегать Землю в 55 дней. Вследствие этого опять возникнут лунные приливы, хотя вращение Земли по отношению к Луне будет очень медленным, так что и приливы тогда станут очень медленными, давая место при этом только незначительному трению. Это трение противодействует солнечным приливам, и по-

этому вращение Земли немного ускорится благодаря Луне. Сама Луна будет медленно приближаться к Земле, при чем она будет обращаться в более короткое время и, в конце концов, должна упасть на Землю. Мы знаем, что ни морей ни атмосферы на Луне нет, но если бы они были, то Луна подверглась бы трению через солнечный прилив, и ее вращение было бы медленнее, чем ее обращение.

Мы только что показали, что удлинение суток и лунного месяца под влиянием трения приливных волн происходит таким образом, что в конце концов сутки станут длиннее лунного месяца. До последнего времени в солнечной системе не наблюдалось ни одного случая, в котором бы спутник обращался вокруг планеты быстрее, чем вращается эта последняя, и это могло послужить до некоторой степени основанием для того, чтобы отвергнуть фактическое влияние на развитие небесных тел приливного трения, вызванного Солнцем. Но в 1877 году проф. А за ф Х о л л открыл в системе планеты Марса один случай такого движения, которое мы можем рассматривать как будущую судьбу Земли и Луны, именно он нашел, что эта планета сопровождается двумя спутниками, при чем время обращения вокруг планеты ближайшего из них меньше времени вращения планеты вокруг ее оси. Он дает интересную справку о том, что еще прежде, частью в шутку, частью серьезно, было сделано предположение о существовании этих, сопровождающих планету, спутников. Это предсказание будущего открытия так замечательно, что я привожу следующее место из сочинения проф. Холла. Он пишет таким образом:

«Со времени открытия спутников Марса утверждения С в и ф т а и В о л ь т е р а относительно спутников этой планеты, равно как и аргументы Т о м а с а Д и к а и других относительно существования таких тел, возбудили такое большое внимание, что краткое сообщение из сочинений по этому предмету должно представить интерес.

Следующее письмо К е п л е р а было написано одному его другу вскоре после открытия в 1610 г. Г а л и л е е м четырех спутников Юпитера, когда относительно правильности этого открытия громко высказывались сомнения. Известие об открытии было сообщено Кеплеру его другом Вахенфельсом, при чем Кеплер говорит:

Меня охватило такое удивление при известии об открытии, которое казалось в такой мере абсурдным, и, кроме того, я

пришел в столь великое волнение, видя подобное разрешение нашего старого спора, что мы среди его радости, при моем покраснении и при смехе нас обоих, ввиду замешательства от такой новости, были едва в состоянии он—говорить, я—слушать. После нашего расставания я тотчас же начал думать о том, каким образом может получиться какое бы то ни было увеличение числа планет без опровержения моих «Космографических мистерий», по которым 5 правильно движущихся эвклидовых тел допускают не более шести планет вокруг Солнца. Я так далек от отрицания существования четырех планет вокруг Юпитера, что тоскую по подозрительной трубе, чтобы по возможности пойти тебе навстречу в открытии двух планет вокруг Марса, как это кажется требуется пропорциями, 6 или 8 вокруг Сатурна и, может быть, по одной вокруг Меркурия и Венеры».

«Утверждение С в и ф т а относительно спутников Марса находится в его знаменитой сатире: «Путешествие господина Гулливера». После изображения его прибытия в Лапуту и описания предпочтения, которое жители Лапуты оказывали музыке и математике, он продолжает: «Знания, которыми я владел в математике, оказали мне большую услугу в усвоении их способа выражения, который в значительной мере базировался на этой науке и музыке, и, в конце концов, я оказался не без сведений. Их представления постоянно вращались среди линий и фигур. Когда они, например, хотели восхвалить красоту женщины или какого-нибудь животного, они описывали их при помощи ромбов, кругов, параллелограммов, эллипсов и других геометрических фигур или при помощи художественно-музыкальных приемов, воспроизведение которых было бы здесь бесцельно. Хотя они бывают очень искусны на бумаге, пользуясь линейкой, карандашом и циркулем, все-таки я никогда не видал ни народа более неуклюжего, неловкого и тяжеловесного в поведении и распорядке обыкновенной жизни, ни народа, обладающего, за исключением математики и музыки, столь вялым и неотчетливым восприятием всех вещей. Они—очень плохие мыслители и склонны к сильному противоречию, кроме того положения, когда они случайно имеют правильный взгляд, что редко бывает. Эти люди находятся в постоянном беспокойстве, никогда не наслаждаясь ни одной минутой душевного мира, и их беспокойства возникают от таких причин, которые остальных смертных очень мало тревожат. Их страхи

возбуждаются различными изменениями в небесных телах, которых они боятся: например, тем, что Земля, при последовательном приближении к ней Солнца, будет со временем поглощена им и уничтожена; что поверхность Солнца постепенно покроется собственными извержениями и не будет больше давать миру никакого света; что Земля только едва-едва ускользнула от столкновения с хвостом последней кометы, который несомненно превратил бы ее в прах, и что ближайшая, которая ожидается ими через 31 год, наверное нас уничтожит. В самом деле, если она в своем перигелии в известной мере приблизится к Солнцу (чего они, по их вычислениям, имеют основание бояться), то она будет иметь температуру в десять тысяч раз более высокую, чем раскаленное докрасна железо, и при своем удалении от Солнца будет иметь горящий хвост, длиною в сто тысяч четырнадцать миль; если же Земля пройдет на расстоянии ста тысяч миль от ядра или головы кометы, то она должна пройти через хвост, погрузиться в пламя и превратиться в пепел. Далее, они боятся того, что Солнце, посылающее ежедневно свои лучи, не получая какого бы то ни было компенсирующего материала взамен, в конце концов, разрушится и уничтожится, что должно сопровождаться разрушением Земли и всех планет, которые получают от него свет.

Они так непрерывно возбуждены ужасом этих и подобных угрожающих опасностей, что не могут спокойно ни спать в своих постелях, ни иметь досуга для обычных бесед и развлечений в жизни. Встречают ли они утром знакомого, первым их вопросом является вопрос о положении Солнца, о том, какой вид оно имело при заходе и восходе, и в какой мере можно надеяться избежать удара приближающейся кометы. Они отдают большую часть своей жизни наблюдению небесных тел, что они делают с помощью стекол, которые далеко превосходят наши по качеству. Ибо, несмотря на то, что длина крупнейших их телескопов не больше 3-х футов, они увеличивают значительно сильнее, чем наши длиною в 100 футов, и дают более яркие изображения звезд. Этот успех жителей Лапуты является причиной того, что их открытия продвинулись много дальше, чем открытия наших астрономов в Европе. Они имеют каталог, в котором находится десять тысяч неподвижных звезд, в то время как наибольшие из наших каталогов содержат не более одной трети этого количества. Они также открыли две малень-

кие звезды или спутника, которые вращаются вокруг планеты Марс, из которых внутренний отстоит от центра главной планеты на расстоянии как раз трех ее диаметров, а наружный — пяти. Первый совершает свое обращение в течение 10 часов, последний в  $21\frac{1}{2}$  ч., так что отношение квадратов их времен обращений находится очень близко к отношению кубов их расстояний от центра Марса, из чего с очевидностью вытекает, что они управляются тем же законом тяготения, который управляет и другими небесными телами.

«Упоминание Вольтера о луне Марса находится в его романе «Микромегас — Философская история». Микромегас был житель Сириуса, который, написавши книгу, обвиненную в ереси одним подозрительным стариком, покинул Сириус и посетил нашу солнечную систему. Вольтер говорит:

«Но вернемся к нашим путешественникам.—Покинув Юпитер, они пролетели пространство приблизительно в сто миллионов миль и коснулись планеты Марса, которая, как известно, в пять раз меньше нашего небольшого земного шара; они увидели две луны, которые сопровождали эту планету и ускользнули от взоров наших астрономов. Я хорошо знаю, что патер Кастель будет писать против существования этих двух лун и притом даже насмешливо; но я взываю к тем, которые заключают по аналогии. Эти добрые философы знают, как было бы трудно себе представить, чтобы Марс, который так далеко отстоит от Солнца, мог обходиться, по крайней мере, без двух лун».

«Заключение по аналогии о существовании одного спутника Марса было опять возобновлено такими писателями, как Томас Дик, Ларднер и др. Не определяя того, что можно назвать астрономическими аналогиями, эти писатели основываются, кажется, на том, что добрый творец не мог поместить планету так далеко от Солнца, как Марс, не дав ей ни одного спутника. Этот взгляд вошел в некоторые наши руководства по астрономии, и Чемберс в своей превосходной книге по описательной астрономии (второе издание, стр. 89, опубликовано в 1867 г.) высказал следующее:

«Поскольку мы знаем, Марс не обладает ни одним спутником, хотя аналогия говорит скорее за наличие такового, чем против; и то, что спутников никогда не видали, в данном случае, по крайней мере, ничего не доказывает. Второй спутник

Юпитера имеет диаметр, равный только  $\frac{1}{43}$  диаметра самого Юпитера, и если бы Марс имел спутника с диаметром в 43 раза меньшим диаметра самого Марса, то спутник этот имел бы диаметр, меньший 160 клм., и лежал бы на границе видимости наших самых больших телескопов, даже если мы не будем вводить в вычисление, может быть, весьма малого расстояния от планеты. Тот факт, что один из спутников Сатурна был открыт только несколько лет назад, позволяет считать открытие спутника у Марса совсем не таким невероятным, как это можно было бы думать».

«Свифт питал, кажется, основательное презрение к математикам и астрономам, выражение которого он дал в своем описании жителей Лапуты. Вольтер разделял это презрение и забавлялся тем, что высмеивал ученых, которых собрал вокруг себя в Берлине Фридрих Великий. Патер Кастель мог быть патером Людовиком Кастелем, который издал в Париже в 1743 и 1758 г.г. книги по физике и математике. Вероятным источником всех этих умозрений о лунах Марса были, по-моему, Кеплеровы аналогии. То обстоятельство, что астрономы не могли этого подтвердить, подало таким сатирикам, как Свифт и Вольтер, повод высмеивать подобные заключения<sup>1)</sup>».

Как уже было сказано, предсказания эти, в конце концов, осуществились благодаря открытию профессором Холлом двух спутников, названных им Фобос и Деймос (Страх и Ужас—собаки бога войны). Время обращения Деймоса равно приблизительно 30 часам, а Фобоса несколько меньше 8-ми часов, в то время как сутки Марса по своей длине близки к нашим. Таким образом, месяц внутреннего маленького спутника меньше одной трети суток планеты. Он восходит для жителей Марса на западе и в несколько часов проходит все свои фазы; иногда он даже два раза восходит в одну ночь Марса. Так как здесь мы находим иллюстрации предполагаемого в будущем состояния Земли и Луны, то мы с достаточным основанием можем принять, что трение солнечных приливных волн до тех пор замедляло вращение планеты, пока оно не сделалось медленнее, чем обращение одного из спутников. Кажется поэтому, что заключительной судьбой Фобоса будет соединение его с пла-

---

<sup>1)</sup> Азаф Холл. «Наблюдения и орбиты спутников Марса». Вашингтон 1878 г.

нетой. Многие из спутников Юпитера и Сатурна дают слабые неравномерности в окраске, и телескопическое исследование привело астрономов к тому взгляду, что они обращены к планете всегда одной и той же стороной. Теория приливного трения заставляет нас с уверенностью ждать, что эти планеты-великаны должны выявить по отношению к своим, сравнительно малым, спутникам тот же результат, какой произвела Земля по отношению к Луне.

Близость планет Венеры и Меркурия к Солнцу должна, очевидно, сделать трение солнечных приливных волн более значительным, чем у нас. Поэтому определение времени вращения этих планет представляет большой интерес. Но пятна на их дисках настолько неясны, что вопрос о скорости их вращения долгие годы оставался предметом споров. До последнего времени преобладающим взглядом являлся тот, что сутки обеих планет близки к нашим. Однако несколько лет тому назад Скиапарелли в Милане, наблюдатель, одаренный необыкновенной остротой зрения, сообщил в качестве вывода из своих наблюдений, что как Меркурий, так и Венера, в течение своего года успевают сделать лишь один оборот вокруг оси и что оба обращены постоянно одной и той же стороной к Солнцу. Эти результаты были подтверждены Персивалем Лоуэллом путем наблюдений, поставленных им в Аризоне. Хотя при чтении произведений этих астрономов нетрудно найти источники ошибок, но должно быть замечено, что другим не удавалось открыть пятен на дисках планет, хотя они, видимо, пользовались одинаково благоприятными условиями для наблюдений <sup>1)</sup>.

Если мы, как я склонен это делать, будем рассматривать эти наблюдения как достоверные, то мы найдем, что доказательства в пользу теории трения приливных волн даны нам планетами Меркурием и Венерой и спутниками Земли, Юпитера и Сатурна, в то время как система Марса является поразительным примером более поздней стадии развития.

<sup>1)</sup> Сн, сотрудник Флагстафской обсерватории, говорил мне, что он при случае рассматривал эти планеты в телескоп, хотя и не принимал участия в систематических наблюдениях. По его мнению, для каждого, находящегося во Флагстаффе, не может быть сомнений в реальности пятен. Между тем есть много значительных астрономов, которые не высказывают своего мнения, дожидаясь подтверждения от наблюдателей на других станциях.

Как известно, фигура Земли сплющена вследствие суточного вращения, так что полярная ось короче любого экваториального диаметра. Так, теперь переизбыток экваториального полу диаметра по отношению к полярному составляет 297-ую часть этого последнего. Проследивая историю Земли и Луны, мы находим, что вращение Земли сделалось медленнее, так что теперь сутки длиннее, чем были прежде. Если бы твердая Земля была всегда несжимаемой и если бы ее раньше покрывал океан одинаковой глубины, то море должно было постепенно сдвинуться к полюсу, освобождая сушу на экваторе. Если бы, с другой стороны, твердая часть Земли уже прежде имела те перешнью форму, тогда она должна была дать полярные материки и глубокое море на экваторе.

Между тем какое бы то ни было значительное изменение скорости вращения Земли повлекло бы, благодаря силе тяжести, воздействие огромных сил на твердое ядро Земли. Эти силы имеют то свойство, что если они действуют на пластический материал, то они стремятся вернуть фигуре планеты форму, соответствующую измененному вращению. Треска и другие экспериментально доказали, что даже очень твердые и упругие тела теряют свою твердость и упругость и становятся пластичными под действием достаточно больших сил. Мне кажется поэтому, есть основание придерживаться теории относительной твердости Земли, признавая также, что при изменении скорости вращения Земля могла сделаться пластичной и принять форму, соответствующую скорости. Геологические наблюдения показывают, что слои каменной породы близ поверхности земли чрезвычайно изломаны и искривлены, и нет никакого сомнения, что при измененном вращении более глубокие части земли претерпели бы очень большие напряжения. Я предполагаю, что внутренние слои принимали новую форму постепенными изменениями, в то время как наружные слои подавались толчками. Землетрясения возникают, вероятно, благодаря неравномерному сжатию планеты при охлаждении, и каждый их толчок есть стремление слоев занять спокойное положение. Так пользуется земная поверхность представляющимся благодаря землетрясению случаем достигнуть подходящей формы. Наслоение осадков, образовавшихся вследствие размывания материка, также доставляет средство для восстановления правильной формы планеты. Я

думаю поэтому, что Земля постоянно сохраняла вид, близко соответствующий ее вращению. Существование материков доказывает, что соответствие не было постоянным, и мы получим основания думать, что полное соответствие не существует и внутри Земли.

Высказанные здесь взгляды не разделяются, однако, самым выдающимся из находящихся в живых авторитетов в этой области, лордом Кельвином<sup>1)</sup>. А именно он думает, что совпадение средней формы Земли с существующей длиной суток доказывает, что планета сделалась твердой в такое время, когда вращение было лишь немного быстрее современного. Тем не менее различие между нашими взглядами только количественное, так как лорд Кельвин принимает, что способность изменения формы Земли в зависимости от вращения лишь незначительна, в то время как я думаю, что этой способности достаточно для того, чтобы произвести заметное изменение формы за тот промежуток времени, который охватывает геологическая история.

Будь это соответствие формы Земли абсолютным—материки утонули бы в море, которое было бы одинаковой глубины. Однако, кроме существования суши, на поверхности Земли нет ни одного признака недостаточного соответствия с современным вращением, разве лишь глубокое море на полюсе, открытое Нансеном<sup>2)</sup>. Кроме того, как я выше показал, имеются внутри Земли еще признаки более коротких суток в прошлом. Открытие этого доказательства покоится, однако, на основаниях столь специального характера, что я могу здесь указать лишь на их общую мысль.

Земля по направлению к центру плотнее, чем к поверхности, и слои одинаковой плотности концентричны. Если бы вещество было всюду совершенно пластичным, то не только поверхность, но и каждый из отдельных слоев обладал бы некоторым сжатием, степень которого зависит от скорости вращения и от закона, которому подчиняется внутренняя плотность Земли. Хотя мера возрастания плотности по направлению к центру

---

<sup>1)</sup> Это написано Дарвиным в 1898 году. Лорд Кельвин умер в 1907 г. (Ред.)

<sup>2)</sup> Здесь речь идет о северном полюсе; открытие высокого материка близ южного полюса лишает этот признак всякого значения. (Ред.)

неизвестна, но можно установить пределы плотности для различных глубин. Так, можно доказать, что для любой внутренней точки она лежит между двумя значениями, которые зависят от положения искомой точки. Отсюда вывод, что степень сжатия любого внутреннего слоя лежит между двумя пределами, если мы допустим, что все внутренние слои так расположены, как будто бы вся масса была пластична.

Изменения во внутреннем распределении плотностей и степеней сжатия наше наблюдение может обнаружить различными способами. Во-первых, изменилась бы сила тяжести на поверхности Земли. Она больше на полюсах, чем на экваторе, и закон ее изменения с широтой известен. Во-вторых, степень сжатия земной поверхности была бы иной, а современная фигура Земли известна с большой точностью. В-третьих, форма и закон распределения плотности Земли вызывают известные неравенства или возмущения в движении Луны, которые астрономами тщательно определены. Наконец, эти же причины вызывают прецессию и нутацию Земли, а эти движения также точно известны. Эти четыре данных наблюдения—сила тяжести, эллиптичность Земли, неравенства в движении Луны, прецессия и нутация Земли—так тесно между собою связаны, что нельзя затронуть ни одного из них так, чтобы это не повлияло также и на остальные.

Эдуард Рош, французский математик, показал, что, в случае если Земля совершенно пластична, так что каждый слой имеет форму, точно соответствующую современному вращению, невозможно формулировать неизвестный закон распределения плотностей так, чтобы все эти элементы совпали с наблюдениями. Если принять такую плотность, чтобы она согласовалась с одним из факторов, тогда получается отклонение от наблюдений в других. Оставим, однако, гипотезу, что все внутренние слои имеют форму, соответствующую вращению, и допустим, что они немного больше сплющены, чем это следовало бы из современной скорости вращения, тогда все факты согласуются между собой и получается как раз то, что и надо было ожидать согласно теории приливного трения. Было бы неправильно придавать большое значение этим доводам, так как недостаток совпадения так мал, что он, пожалуй, может быть объяснен ошибками в данных наблюдений. Должен, однако, заметить, что наиболее компетентные исследователи этого

сложного предмета склоняются к тому, чтобы рассматривать отклонение как действительно существующее<sup>1)</sup>.

Мы видели выше, что за историческое время длина земных суток изменилась лишь немного. Но период, охватываемый изученной историей Земли, почти ничто в сравнении со всей геологической историей Земли. Попробуем теперь поискать, не дает ли геология довода в пользу теории трения приливных волн. Метеорологические условия на Земле зависят в значительной мере от суточного вращения и в прошлом должны были быть иными, чем теперь. Наши бури по природе своей суть воздушные вихри, и их вращение происходит от вращения Земли. Поэтому, когда Земля вращалась быстрее, бури были, вероятно, сильнее. Стволы деревьев должны были быть крепче, чем теперь, чтобы противостоять суровым вихрям. Однако, в этом отношении я не могу найти никакого прямого геологического доказательства, потому что устойчивые деревья с негибкими стволами являются, как будто, продуктом более новой геологической эпохи, в то время как прежние деревья больше были похожи на бамбуковый тростник, который скорее поддается ветру, чем представляет для него препятствие. Возможно также, что деревья и растения не уничтожаются даже в том случае, когда они претерпевают опустошения гораздо более сильные, чем современные. Если бы деревья с несгибающимися стволами могли выдержать борьбу за существование только с тех пор, как сила бурь стала умереннее, то по их отсутствию в более древних геологических формациях можно было бы судить о большей скорости вращения Земли в те времена.

По нашей теории приливы и отливы на морских берегах должны были некогда непременно иметь бóльшую высоту, и

---

<sup>1)</sup> После появления первого издания этой книги я пробовал сам исследовать этот вопрос в сочинении, упомянутом в конце этой главы. Мне кажется, что более точное знание, достигнутое со времени Роша (и даже Тиссерана, его последователя), не в состоянии подтвердить его вывода. Я пришел к следствию, что эллиптичность земной поверхности имеет максимум, которого, возможно, вполне соединим с внутренним гидростатическим равновесием. Быть может, есть данные утверждать, что есть некоторая доля вероятности существования ядра с большей эллиптичностью. Вряд ли, однако, профессор Вихерт согласился бы с этим утверждением. В общем я предпочитаю оставить места текста в их первоначальной форме, так как вопрос является еще нерешенным.

течение рек также, вероятно, было значительно быстрее. Теперь возникает вопрос, не должны ли эти факторы произвести более крупнозернистые осадочные отложения, чем это имеет место теперь. Хотя я не геолог, я осмелюсь все-таки высказать сомнение, возможно ли определить, хотя бы очень грубо, быстроту течения рек и высоту приливов, при которых отлагались и распределялись какие бы то ни было осадочные наслоения. Я сомневаюсь, чтобы какой-нибудь геолог мог с уверенностью утверждать, что приливы не происходили вдвое или втрое чаще и не обнимали значительно большего пространства, чем теперь.

В некоторых геологических слоях содержатся следы небольших волн, которые точно равны позднейшим. Как кажется, это приводилось в качестве довода против существования приливов с бóльшей амплитудой. Такие мелкие волны, никогда, однако, не вызывались при сильном напоре воды, но лишь при спокойных течениях или умеренном волнении. Смена отлива на прилив должна протекать спокойно, какой бы высоты последний ни достигал, и тогда образование следов волн не будет зависеть от высоты приливов.

Выясняется, следовательно, что геология, хотя и не дает прямых подтверждений теории, зато и не указывает ни одного явления, которое бы не согласовалось с ней. Усиленная деятельность изменяющихся факторов имеет важное значение для геологов, так как она дает возможность сократить необходимое для истории Земли время и приводит в бóльшее согласие взгляды геологов и физиков.

Хотя я в своих рассуждениях исходил из возможности того, что значительная часть изменений, причиненных трением приливных волн, может быть отнесена ко времени геологических эпох, все же мне кажется вероятным, что бóльшая их часть происходила в до-геологическое время, когда часть планеты или вся она были еще жидкими.

Действие Луны и Солнца на пластическую и вязкую планету дало бы результаты, некоторые следы которых можно было бы еще указать. Взаимное положение Луны и запоздавшей вследствие трения приливной волны было представлено на рис. 4. Этот рисунок показывает, что вращение Земли замедляется силой, которая действует на приливное возвышение

в направлении, обратном вращению Земли. Если пластическое вещество, из которого, как мы думаем, состоит теперь наша Земля, ритмически поднимается и опускается вместе с приливами и отливами, тогда выступающие части постоянно подчиняются этой замедляющей силе. Между тем внутренние части, благодаря инерции вращения, выдвигаются вперед. Соответственно с этим движение наружных частей по сравнению с внутренними кажется замедленным. По тем же причинам при современных условиях весь океан должен иметь медленное западное течение, хотя наблюдения его и не обнаруживают.

Если мы теперь вернемся к нашей пластической планете, то мы увидим, что ее экваториальные области подвергаются действию больших сил, чем полярные части, и если бы мы на ее поверхности, как на карте, провели меридианы, то они должны были бы постепенно искривиться. В экваториальном поясе наши первоначальные меридианные линии прошли бы еще с севера на юг, но в северном полушарии они уклонились бы на северо-восток, а в южном — на юго-восток. Это искривление поверхности вызвало бы то, что она легла бы складками и эти складки искривились бы в тех направлениях, которые только что были обозначены меридианами. Мне представляется, что если бы масса поддавалась очень легко, то образовались бы узкие складки, если же она была такой твердой, что лишь с трудом могла поддаться, то тогда могли бы возникнуть широкие складки.

Нельзя сомневаться в правильности этого заключения по отношению к тягучей вязкой планете, но применение его к Земле в высокой мере рискованно и гипотетично. Мы, однако, действительно наблюдаем, что материки располагаются преимущественно с севера на юг. Быть может, это похоже на игру фантазии, но нужно все же заметить, что северо-восточный берег Америки, северный берег Китая, так же как и южный край Южной Америки имеют направление, требуемое теорией, но северо-западный берег Америки следует направлению, прямо противоположному теории; остальные же очертания земного шара во всяком случае не достаточно правильны, чтобы внушить доверие к истинности этого предположения <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>) См. также W. Prinz, *Torsion apparente des planètes* (Annuaire de l'obs. de Bruxelles, 1891).

Вернемся теперь к астрономической стороне нашей проблемы. Естественно является вопрос, в состоянии ли объяснить теория приливного трения какую-нибудь из других, еще не рассмотренных, особенностей движения Луны. До сих пор мы принимали, что Луна движется по круговой орбите в плоскости земного экватора и что эта плоскость совпадает с плоскостью, в которой происходит движение Земли по ее орбите. В действительности же Луна движется в плоскости, не совпадающей с плоскостью движения Земли вокруг Солнца, орбита ее не кругообразна, а эллиптическая и плоскость земного экватора образует с ней некоторый угол. Мы должны, таким образом, исследовать как влияет приливное трение на эти три фактора.

Начнем с рассмотрения наклона экватора к эклиптике, которое является причиной смены времен года. Проблема возмущения движения вращающегося тела под влиянием внешней силы слишком сложна, чтобы ее можно было изложить без помощи математики; поэтому нечего и думать выяснить с этой стороны взаимодействие Земли и Луны.

Действие притяжения Луны и Солнца на экваториальное вздутие Земли является причиной того, что земная ось медленно и неизменно смещается по отношению к неподвижным звездам. В настоящее время она указывает на полярную звезду, но, по прошествии 13.000 лет, теперешняя полярная звезда будет отстоять от полюса на расстоянии  $47^\circ$ , а через следующие 13.000 лет она снова сделается настоящей полярной звездой. В течение этого полного прецессионного периода наклонение эклиптики остается постоянным, так что зима и лето остаются такими же, как теперь. Далее на прецессионное движение налагается нутация, или колебательное движение полюса. Если бы не было приливного трения, то действие Луны и Солнца на приливное возвышение лишь немногим бы увеличило прецессию, которая вызывается твердым экваториальным вздутием земли, и прибавило бы некоторое весьма незначительное колебательное движение земной оси. Итак, результат такого воздействия приливов был бы весьма невелик. Благодаря же влиянию трения дело приобретает совершенно иной вид, так как теперь земная ось в конце всякой нутации не возвращается точно в то же самое положение, которое она приняла бы в случае отсутствия трения, и получается небольшое остаточное воздействие, которое сохраняет всегда одно и то же направление.

Движение полюса, раз оно абсолютно периодически, может не иметь никакого значения; если же описанная полюсом орбита не представляет собой точно замкнутой кривой, то отклонение при достаточно больших промежутках времени может стать заметным. Именно это мы имеем в случае движения земной оси под влиянием запоздавших вследствие трения приливов, так как тут обнаруживается, что земная ось подвержена постепенному движению в одном направлении.

Если мы проследим историю Земли и Луны век за веком в прошлом, мы найдем, что сутки и месяц становятся короче, но с такой относительной быстротой, что число дней в месяце уменьшается до тех пор, пока сутки и месяц не сделаются равными друг другу. Это заключение остается правильным, если земля наклонена к своей орбите, но влияние приливов на наклонение замечательным образом зависит от числа дней в месяце. Как в настоящее время, так и в течение долгого времени в прошлом наклонение эклиптики увеличивалось, так что в далеком прошлом оно было меньше, чем сейчас<sup>1)</sup>. Если мы пойдем назад до того времени, когда сутки имели шесть наших теперешних часов, а месяц двенадцать, то мы найдем, что в этот момент тенденция наклонения к возрастанию прекращается. Другими словами, когда месяц имеет больше двух суток, наклонение возрастает; когда меньше двух — убывает.

Каково бы ни было число суток в месяце, скорость увеличения или уменьшения наклонения меняется вместе с величиной наклонения, которое имеется в данный момент. Если планета вращается вокруг оси, которая расположена как раз под прямым углом к плоскости орбиты ее спутника, то наклонение остается неизменным. Но возьмем планету, сутки которой составляют меньше половины месяца и которая имеет бесконечно малое наклонение, тогда это наклонение будет возрастать; в случае же, если сутки будут больше, чем половина месяца, бесконечно малое наклонение будет снова убывать. Поэтому движение вертикально вращающейся планеты устой-

---

<sup>1)</sup> В действительности наклонение эклиптики сейчас убывает со скоростью, близкой к полсекунде в год, но это происходит от периодического колебания умеренной амплитуды, которое испытывает положение земной орбиты. Так как это возмущение периодическое (хотя и очень долгого периода), то мне кажется не нужным усложнять наше изложение упоминанием об этом последнем

чиво, когда месяц имеет меньше двух суток, и неустойчиво когда он имеет больше двух суток.

Все современное наклонение эклиптики в  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  нельзя приписать влиянию приливного трения, так как оказывается, что в то время, когда месяц содержал только двое суток, наклонение уже составляло  $11^{\circ}$ . Вследствие этого такой причиной нельзя объяснить значительных наклонов других планет к их орбитам. Приходится поэтому считать, что была какая-то неизвестная причина, которая заставила планеты вращаться вокруг осей, стоящих наклонно к их орбитам.

Все же остается несомненным, что планета, вращавшаяся первоначально без наклона, получила бы постепенно наклонение к своей орбите, хотя, вероятно, и не в такой большой мере, как это мы видим у Земли.

Следующим предметом нашего рассмотрения является тот факт, что орбита Луны не круговая, а эксцентрическая. Здесь также оказывается, что если бы приливы не обладали трением, то не имелось бы никакого заметного воздействия на форму лунной орбиты; трение же приливных волн производит по отношению к Луне такую реакцию, которая стремится изменить величину ее эксцентриситета. В этом случае, при помощи простого рассуждения, можно выяснить, каким образом происходит эта реакция. Мы видели, что действие приливов стремится к тому, чтобы увеличить расстояние от Луны до Земли. Когда Луна находится ближе всего к последней, в перигее, то действие происходит сильнее, чем в том случае, когда Луна находится в самой удаленной точке орбиты, в апогее. Действие сил в перигее таково, что расстояние Луны в следующем апогее делается больше, чем было в предшествующем, и, в результате действия сил в момент апогея, увеличивается перигейное расстояние. Кроме того, воздействие сильнее в перигее, чем в апогее, и потому апогейное расстояние растет быстрее перигейного. Отсюда следует, что в то время, как орбита в общем увеличивается, она в то же время становится и более эксцентричной.

Лунная орбита становится, следовательно, все эксцентричнее, и числовые выкладки показывают, что в очень далекое время она должна была быть близкой к кругу. Но математический анализ обнаруживает, что, как в случае наклона, так и в данном случае, скорость возрастания в ощутительной мере зависит от числа суток в месяце. Действительно, я нахожу

что в том случае, когда восемнадцать суток меньше одиннадцати месяцев—эксцентриситет возрастает, в противном случае, наоборот, — убывает. Иными словами, критическое состояние, при котором эксцентриситет остается постоянным, будет тогда, когда месяц равен  $1\frac{7}{11}$  суток. Отсюда вывод, что круговая орбита спутника динамически устойчива или неустойчива, смотря по тому, меньше ли месяца  $1\frac{7}{11}$  суток или больше. Влияние приливного трения на величину эксцентриситета положено доктором Си в основу пространных астрономических выкладок. По этому поводу ограничусь здесь замечанием о системах двойных звезд, относительно которых обнаружено, что их взаимное обращение происходит по орбитам, обладающим большим эксцентриситетом, и доктор Си считает этот эксцентриситет возникшим благодаря приливному действию одной звезды на другую.

Последнее влияние трения приливных волн, о котором я должен упомянуть, есть его воздействие на плоскость лунной орбиты. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости обращения Земли вокруг Солнца под углом в  $5^\circ$ , и задача состоит в определении того, как влияет трение приливных волн на это наклонение. Природа взаимоотношений лунной орбиты и эклиптики так сложна, что представляется безнадежным выяснять следствие приливных воздействий, не употребляя математического языка, и я оставляю эту попытку. Я, однако, могу утверждать, что движение Луны, когда она была ближе к Земле, должно было происходить недалеко от плоскости земного экватора, но движение это постепенно изменялось, так что оно, наконец, стало происходить, приблизительно, в плоскости эклиптики. Оба эти крайних случая легко понятны, но переход от одного случая к другому очень сложен. Для нашего общего обзора предмета достаточно знать, что действие трения приливных волн находится в полном согласии с современными особенностями движения Луны, так же как и с историей других, нами рассмотренных, явлений.

Только что рассмотренные воздействия приливного трения можно еще раз резюмировать следующим образом:

В случае, если планета частью или вся состоит из расплавленной лавы или какой-нибудь другой жидкости и быстро вращается вокруг расположенной перпендикулярно к плоскости ее орбиты оси и если эта планета сопровождается только одним

спутником, месяц которого немного больше суток планеты, необходимо разовьется система, имеющая большое сходство с системой Земли и Луны.

Теория, основывающаяся на *veraе causae* и приводящая в числовое соотношение между собою длину современных суток и месяца, наклонение эклиптики, эксцентриситет и наклонение лунной орбиты, имеет право требовать признания.

### Прибавление.

#### Космическое время.

Мы видели выше, что теория приливного трения, поскольку она содержит верные сведения об истории Земли и Луны, заключает в себе скрытое предположение, что эти тела существовали в течение очень долгого времени. Мы тем самым встаем лицом к лицу с проблемой установления космического масштаба времени. На эту тему, однако, можно было бы написать целый том; я же попытаюсь коснуться лишь некоторых исследований, предпринятых по этому поводу различными учеными.

Когда моя книга о приливах впервые вышла в свет, известные аргументы, главнейшим защитником которых был лорд Кельвин, казалось, неоспоримо брали верх; между тем, если я не окончательно нахожусь в заблуждении, в последние годы доказательная сила этих аргументов значительно ослабела. Доказательства лорда Кельвина относительно эллиптической формы Земли были уже упомянуты, я еще хочу кратко указать на два его другие исследования, относящиеся к продолжительности развития Земли.

Если метеорит падает на Землю или Солнце, то его удар является причиной возникновения известного количества тепла, зависящего от его массы и скорости. Скорость камня, падающего на Солнце из-за пределов солнечной системы, может быть вычислена, так что можно определить количество теплоты, вызванной общим падением бесчисленного множества камней. Солнце, несомненно, образовалось путем уплотнения сильно разреженной материи, и Гельмгольц, а также и лорд Кельвин выяснили и определили количество его теплоты в течение этого процесса. По этому взгляду ежегодная потеря тепла Солнцем вполне покрывается незначительным сжатием его

поперечника, сокращение которого не может быть обнаружено даже самыми тонкими астрономическими наблюдениями.

Исследование напряжения солнечной радиации на поверхности Земли дает средство приблизительным образом вычислить годовую потерю энергии Солнцем. Известна вся масса Солнца, но не степень его уплотнения к центру. Исходя из этих данных, лорд Кельвин выводит как низший предел первоначального содержания тепла в Солнце количество в 10.000.000 раз большее современной его годичной траты; возможно, впрочем, предположить ввиду большей плотности солнца внутри цифру и в 50 и в 100 миллионов. Далее он говорит: «В высшей степени вероятно, что Солнце не освещало Землю в течение 100 мил. лет, и уже почти достоверно, что оно не делало этого в течение 500 мил. лет».

Второе доказательство лорда Кельвина основывается на том факте, что температура Земли в рудниках увеличивается на 1° Цельсия с углублением на 27 метров. Измерение теплопроводности каменных пород показывает, что если Земля есть просто остывающий шар, то она могла перейти из жидкого состояния в твердое не меньше, чем 20, и не больше, чем 400 миллионов лет назад.

Иное, более новое исчисление времени геологического периода было предложено профессором Жюли. Общий ход его рассуждений следующий:

Моря первоначально содержали пресную воду; соль была вымыта впервые из почвы дождями, и реками направлена в море. Соль не испаряется, и потому солнечная теплота не может вернуть ее обратно из моря на сушу в форме дождя. Содержание в океане натрия в форме различных солей определяется в 14.000 миллиардов тонн, а измерение количества солей в реках показывает, что ежегодно реки доставляют в море 159 миллионов тонн натрия. Если мы разделим первое число на второе, то найдем, что море должно было состоять из пресной воды 90 мил. лет назад. Различные источники ошибок при этом вычислении, повидимому, в большей своей части взаимно уничтожаются, и Жюли делает такой вывод: «Наше теперешнее знание о выщелачивании земной коры указывает на промежуток времени в 80—90 миллионов лет, протекший с тех пор как жидкая вода появилась на Земле».

Я не могу думать, что такое вычисление содержит громадные и неожиданные ошибки. Однако, без сомнения, оно представляет собой интереснейший материал к трудной теме.

Несмотря на то, что этот ряд подкрепляющих друг друга доказательств кажется весьма сильным, все-таки он не получил всеобщего сочувствия. Геологи пытались получить представление о геологическом времени при помощи рассмотрения толщины наложенных одна на другую геологических формаций, и они пришли к выводу, что для их сложения необходимо более 100 миллионов лет. Равным образом и биологи считают установленным, что для развития различных форм жизни на Земле должны были протекать чудовищные промежутки времени.

Сам я всегда принадлежал к тому направлению, которое убеждено в ошибочности построения физиков, хотя бы мы и не были в состоянии указать на их слабые пункты. И теперь мне кажется, что ошибку можно было бы видеть в том, что здесь по необходимости не были приняты во внимание неоткрытые еще чудеса радиоактивности. Лорд Кельвин обыкновенно выдвигал то соображение, что химическое сродство не может значительно увеличить солнечную энергию. Если бы, например, Солнце состояло из пороха, то увеличение энергии было бы достаточно только для того, чтобы возместить расход ее за 2 или 3 миллиона лет. Однако мы недавно еще узнали, что атомы обладают внутри себя колоссальным запасом энергии, который совершенно отличен от запаса химического сродства.

Радий возникает из урана путем самопроизвольного превращения и подлечит целому ряду дальнейших превращений, после которых он, наконец, как думают, переходит в свинец. Во время этих процессов образуется энергия, при чем вычисляют, что 1 грамм радия за время его превращения в свинец фактически испускает столько энергии, чтобы поднять тяжесть в 1 тонну на высоту 685 километров. При этом подсчете энергии мы еще не принимаем во внимание ту энергию, которая, повидимому, остается в продуктах превращения, равно как и ту, которая развивается при переходе урана в радий, а ее определяют приблизительно в полтора раза большей, чем выделяющуюся при переходе радия в свинец. Я буду впредь ограничиваться только более точно измеренной частью энергии, хотя и известно, что атомная энергия в целом больше и, может быть, во много раз больше той, которая дана в приведенных мною числах.

Предположим на одну минуту, что Солнце имеет во всей своей массе одинаковую плотность; тогда можно доказать, что, если 1,7 процента его материи выделяет такую же атомную энергию, как и радий при переходе в свинец, то общая энергия Солнца ровно вдвое больше той, которая была вычислена по методу лорда Кельвина. А между тем Солнце несомненно гораздо плотнее к центру, и поэтому количество энергии, вычисленное с точки зрения уплотнения материи, на деле гораздо более велико, чем при равномерной плотности. Следовательно, для того, чтобы это громадное количество энергии реального Солнца удвоилось за счет атомной энергии, мы должны были бы принять, что, может быть, 5 процентов образующей Солнце материи дает такую же атомную энергию, что и радий. Было бы поспешно определять предел содержащейся в Солнце атомной энергии; и так как еще невозможно указать те способы, которыми эта энергия могла бы быть выделена, то подобное выделение ее может считаться пока только вероятным. Большинство физиков держится, по-моему, того мнения, что предельная величина установленного раньше возраста Солнца теперь уже не может считаться правильной.

Еще решительнее доказывает изучение радиоактивности, что не имеет никакого основания второй аргумент лорда Кельвина. Большинство горных пород обнаруживают большую или меньшую радиоактивность, и в продолжение тех самопроизвольных превращений, которым подлежат радий и другие радиоактивные вещества, происходит выделение тепла. Земля, следовательно, не есть просто охлаждающийся шар, и тем самым падает основная предпосылка всего доказательства. Конечно, Земля постоянно остывает, но даже в том случае, если бы она была вначале холодной, как лед, постоянное образование тепла сделало бы ее внутри горячей. Не легко на самом деле понять, почему Земля, имея первоначально высокую температуру, сейчас не горячее, чем она есть.

Определение давности того или другого геологического периода у Жоли, повидимому, не затрагивается этими исследованиями, но во всяком случае можно указать не более, как на три или четыре подтверждающих друг друга аргумента.

И вот само исследование радия является мерой для определения длительности космического периода. Газ, названный гелием, был сначала известен лишь по определенным линиям

в солнечном спектре и получил такое название, так как считали, что он находится только на Солнце и некоторых неподвижных звездах. Однако открытие лордом Рэлем газа, названного аргоном, имело своим следствием открытие целого ряда новых элементов сэром Вильямом Рамзаем и Треверсом. Среди них был такой, который по своим спектральным линиям был признан как солнечный элемент гелий. Следующим этапом успеха является открытие того, что гелий образуется в процессе постепенного распада урана, тория и других радиоактивных элементов.

Количество гелия, образующегося в один год из данного веса урана, в некоторых случаях точно известно. Если кусок геологической породы, содержащей уран, раздробить в порошок, растворить в кислоте и кипятить в течение долгого времени, то начнет выделяться содержащийся в нем гелий. Следовательно, ясно, что кусок породы в своем нетронutom, естественном состоянии сохранял некоторую, а может быть, и большую часть гелия; однако невозможно быть уверенным в том, что значительная часть гелия не оказалась здесь утраченной с тех пор, как каменная порода образовалась путем геологического процесса. Между тем мы знаем, что известное количество урана в течение определенного промежутка времени должно произвести определенный объем гелия. Следовательно, если бы мы могли допустить, что испытываемый кусок, начиная с момента своего образования, совершенно не потерял гелия, то измерение объема выделившегося гелия послужило бы мерой для определения времени, протекшего с момента его образования. Это допущение, однако, незаконно, и поэтому количество действительно выделившегося гелия могло быть значительно больше фактически найденного в веществе, может быть, в два или три раза больше; тогда время, выведенное из предыдущего предположения, могло быть невероятно низко оценено. Рассуждение было бы неверным, если бы можно было допустить, что кусок каменной породы уже при своем образовании содержал как гелий, так и уран; между тем имеются некоторые геологические формации, относительно которых можно быть уверенным в том, что они не представляют такого случая, и тогда мы также имеем способ установления минимального возраста. Допустим, что в куске каменной породы находится точно один грамм окиси урана и что при обработке из него выделяется известное число кубических сантиметров гелия, находящегося под

атмосферным давлением. Получается число, которое исследующий в настоящее время этот вопрос Струтт называет гелиевым коэффициентом данной породы. Естественно, что в действительно исследованных пробных кусках окись урана должна измеряться миллиграммами, но принцип остается тот же. Если бы гелий совсем не выделялся, то в течение 11 миллионов лет коэффициент гелия оставался бы равным единице; иными словами, 1 грамм окиси урана выделяет в 11 миллионов лет 1 кубич. сантиметр гелия.

Струтт нашел в некоторых опытах с архейскими горными породами гелиевый коэффициент, равный почти 60, и это указывает на то, что с их возникновения протекло 600 миллионов лет. Имея в виду происходившую за время их существования потерю, мы должны были бы это число умножить еще на 2 или 3. Струтт находит, что между геологическим возрастом горных пород и их гелиевым коэффициентом существует близкая пропорциональность, так как, хотя некоторые весьма старые породы и не обладают большим коэффициентом, зато ни одна из самых молодых не обнаруживает никаких признаков такого громадного возраста.

Остается надеяться, что в этом направлении будут сделаны дальнейшие открытия, и уже сейчас можно считать справедливым заключение, что геологическая история значительно продолжительнее, чем это могло бы следовать из рассуждений лорда Кельвина и Жоли. Но геологическая история могла начаться лишь в эпоху более поздней стадии развития солнечной системы, и для длительности этой последней мы приходим к таким промежуткам времени, пред которыми бессильна даже фантазия.

Без сомнения, в течение ближайших лет с различных точек зрения будет много выяснено по этому предмету, но я почти уверен, что если приливная теория, в конце концов, и будет отброшена, так это случится не по недостатку требуемых ею промежутков времени <sup>1)</sup>.

В 1909 году Институтом Карнеджи в Вашингтоне была опубликована книга, в которой приливная теория подвергалась

---

<sup>1)</sup> Скорее наоборот, астрономические соображения относительно возраста Земли приводят к цифрам, гораздо более скромным, чем мнения геологов и физиков. В частности, теория приливно-го трения дала Дарвину возможность составить следующую табличку, которая является хорошей иллюстрацией по-

очень строгой критике, но здесь не место для более обстоятельного обсуждения этого сочинения. Что же касается тех немногих замечаний, которые я сделаю, то я могу пока сказать, что сознаю, как трудно автору отнестись к своему произведению без привнесения отеческого благоволения, и естественно, что те, которые будут менее пристрастны, чем могу быть я, составят о нем более здравое суждение.

Я прибавлю, что мои критики не оспаривают желательности проследить гипотезу приливных трений до ее логических следствий. После того как я это сделал, результаты вывода, развитого в предыдущей главе, явились для меня достаточно разительными, чтобы оправдать уверенность в том, что этой теорией объясняются основные черты системы Луна-Земля. Вероятное участие других факторов в процессах развития не отрицалось, утверждалась только правильность предположения, что трение приливных волн было господствующим фактором в течение, по крайней мере, значительной части нашей истории. Другие факторы, большею частью неизвестные или предполагаемые, могли иметь большое значение, и тогда все явления становятся тем гипотетичнее, чем больше мы пытаемся проникнуть вглубь веков.

положений, развитых в предыдущей главе. В графе «эпоха» стоит минимальное количество лет, считаемое назад от настоящего времени.

| Э п о х а  | Продолж. | Продолж.         | Наклоне-                 | Сжатие | Расстояние спутника в нынешних радиусах земли |
|------------|----------|------------------|--------------------------|--------|---|
|            | суток    | месяца           | ние эклиптики к экватору |        |   |
|            | в часах  | в нынешних сутк. | в градусах               |        |   |
| 0          | 23.9     | 27.3             | 23.5                     | 1:232  | 69  |
| 46.300.000 | 15.5     | 18.6             | 20.7                     | 1: 96  | 47  |
| 56.600.000 | 9.9      | 8.2              | 17.3                     | 1: 49  | 27  |
| 56.800.000 | 7.8      | 3.6              | 15.5                     | 1: 25  | 16  |
| 56.810.000 | 6.8      | 1.6              | 14.4                     | 1: 18  | 9   |

Из этой таблицы очень хорошо видно, как быстро вначале разворачивались события под влиянием больших приливов, вызванных близостью спутника (Р е д.).

Таким образом, я не придавал бы особенного значения точной оценке времени первоначального общего обращения Земли и Луны, но я бы еще решился отдельно описать, как Луна впервые отделилась от Земли! Мои критики, Чемберлин, Мультон, Слайфер, правильно обращают внимание на трудность, лежащую в принятии одной из многих определенных теорий, которая относится к способу разделения двух тел и к первой стадии их развития. Однако большая часть их, самих по себе совершенно правильных, возражений меня мало касается, так как они лишь стремятся доказать, что невозможно дать вполне правильное представление о механических процессах, о которых мы можем знать лишь немного.

Значительная часть сочинения Чемберлина посвящена повторению и развитию аргумента лорда Кельвина, а именно, что современные очертания материков и горных цепей не представляют доказательства значительного изменения длины суток за время геологического периода. Чемберлин говорит, что в случае постепенного замедления вращения Земли экваториальные зоны земной поверхности должны были бы сильно сжаться, а полярные области соответственно растянуться, и что признаки этого должны были бы обнаруживаться еще и теперь. Ценность этого возражения между тем вполне зависит от степени пластичности составляющего землю вещества, а в этом пункте мнения, кажется, сильно расходятся.

Проф. Хейфорд, очень известный американский геодезист, приводит веское доказательство того, что ниже глубины в 120 килом. под поверхностью Земли следующие друг за другом пласты так расположены, как если бы материков не существовало, т.-е. именно так, как если бы Земля была совершенно пластичной. Далее, в статье под названием «Неправильное строение Земли» он утверждает, что даже более верхние слои поддаются пластическим движениям благодаря давлению материков<sup>1)</sup>. Луджи де Марчи идет так далеко, что способностью пластически поддаваться он объясняет существующее переверачивание известных значительных напластований в Альпах, так что более древние пласты располагаются над более молодыми. Сам я недостаточно геолог, чтобы высказывать по этому поводу свое мнение, но я с интересом констатирую основательное, видимо, различие во

<sup>1)</sup> Вашингтонское философское общество, том XV (1907), стр. 57.

мнениях наиболее компетентных исследователей. Еще не пришло время для решения этих вопросов, но я, со своей стороны, склоняюсь к взгляду только что названного авторитета и не придаю никакого значения возражениям, подобным тем, которые были сделаны.

Другой вопрос, о котором говорится в этой книге, есть сила трения, приписываемого океаническим приливам. Пуанкаре думает, что оно очень незначительно, в чем он совпадает с Чемберлином, и это утверждение, вероятно, правильно. Мы еще точно не знаем, как велико сопротивление трения упругих волн земной коры, но до сих пор можно, повидимому, утверждать, что и оно весьма незначительно.

Несмотря на то, что я, таким образом, не приписываю большого веса возражениям Кельвина-Чемберлина, основывающимся на современной форме земной поверхности, все же я склоняюсь к тому, чтобы большую часть изменений в системе Земля-Луна отнести к до-геологическому периоду.

Си подошел к теории с другой точки зрения. Он предполагает существование сопротивляющейся среды, в которой движутся или двигались планеты, и утверждает, что все спутники, сопровождающие теперь планеты, были когда-то странниками в солнечной системе и только благодаря тяготению были захвачены планетами. Он хочет найти критерий для суждения о том, имел ли место такой захват или нет. Но правильность этого критерия является еще сомнительной, и немного существует доводов в пользу предполагаемой среды, поэтому мне хотелось бы, по крайней мере пока, отклонить воззрения Си.

Выше я уже показал, как я еще теперь смотрю на теорию приливного трения. Конечно, может быть, что замечательное совпадение различных элементов движения Земли и Луны есть простая случайность; если это действительно так, то человечеству особенно не повезло в том, что оно родилось на такой планете, на которой столь обманчивый вид системы происходит от совершенно иных причин.

---



А. ПУАНКАРЕ

# КОСМОГЕНИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Перевод Ю. И. Костицкой  
предисловия к одноименной книге



## Космогонические гипотезы [5].

Вопрос о происхождении мира во все времена занимал всех мыслящих людей; невозможно созерцать картину звездной вселенной, не спрашивая себя, как она создалась; прежде чем искать ответа на этот вопрос, нам, может быть, следовало бы терпеливо ожидать, пока соберутся данные, позволяющие серьезно надеяться на его разрешение; но если бы мы были столь благоразумны, если бы мы были любопытны без нетерпения, вероятно, нам никогда не удалось бы создать науку, и мы продолжали бы жить своей маленькой будничной жизнью. И потому наш ум повелительно требовал решения гораздо раньше, чем оно созрело, и тогда, когда он обладал лишь слабыми проблесками, позволяющими скорее угадать, чем достигнуть его. Вот почему космогонические гипотезы так многочисленны и разнообразны, и ежедневно рождаются новые, столь же шаткие, но столь же правдоподобные, как и более старые теории, между которыми они занимают место, однако не вытесняя их.

Можно было бы думать, что вселенная всегда была тем, что она есть теперь, и что смертны лишь крошечные создания, ползающие по поверхности светил, тогда как сами светила не изменяются и со славой продолжают свою вечную жизнь, не заботясь о своих жалких и эфемерных паразитах. Однако у нас есть две причины отвергнуть эту точку зрения.

Солнечная система нам представляет картину совершенной гармонии, все орбиты планет почти круговые, все лежат почти в одной плоскости, все пробегаются в одном и том же направлении. Это не может быть случайностью; можно было бы предположить, что вначале безграничный разум установил этот порядок раз навсегда и на вечные времена, и прежде все

удовлетворились бы таким объяснением. Но теперь уже такой дешевкой не удовлетворяются; хотя есть еще много людей, считающих необходимой гипотезу о существовании бога-создателя, но они уже не предполагают, как это делали их предшественники, божественного вмешательства; их бог скорее механик, чем архитектор. А в таком случае нужно еще объяснить, посредством какого механизма он извлек порядок из хаоса. Если наблюдаемый нами порядок не случайность и если мы отказываемся приписать его какому-нибудь немедленно исполняемому божественному декрету, то он необходимо происходит из хаоса, и, следовательно, светила менялись. Именно так рассуждал Лаплас.

С другой стороны, другой принцип термодинамики, принцип Карно, учит нас, что мир стремится к конечному состоянию; энергия «рассеивается», т.-е. трение постоянно стремится превратить движение в теплоту, а температура стремится всюду сделаться одинаковой. Итак, конечное состояние мира есть состояние равномерности; это состояние, которого он должен достигнуть, еще не достигнуто: следовательно, мир меняется и даже всегда менялся.

И вот поле, открытое для гипотез: старейшая принадлежит Лапласу; но старость ее крепка, и для своих лет у нее не слишком много морщин. Несмотря на выдвигавшиеся возражения, несмотря на открытия астрономов, которые очень удивили бы Лапласа, она все еще на ногах, и все же она наилучшим образом объясняет многие явления; именно она наилучшим образом отвечает на вопрос, который поставил себе ее автор. Отчего царит порядок в солнечной системе, если этот порядок не есть следствие случайности? От времени до времени в старом здании открывалась брешь; но она скоро заделывалась, и здание не рушилось.

Известно, в чем состоит эта гипотеза. Солнечная система произошла из туманности, которая простиралась когда-то за орбиту Нептуна; эта туманность обладала равномерным вращательным движением; она не могла быть однородной, она была уплотнена и даже сильно уплотнена к центру; она состояла из ядра, сравнительно плотного, которое стало Солнцем, окруженного необычайно разреженной атмосферой, породившей планеты; благодаря охлаждению она сжималась и от времени до времени оставляла на экваторе туманные кольца. Эти кольца

были или быстро становились неустойчивыми; следовательно, они должны были разделиться и, наконец, соединиться в одну единственную сфероидальную массу.

Когда система начинает образовываться, в ней есть уже начало порядка; внутренние движения туманности уже не капризны и не беспорядочны; они сводятся к равномерному вращению; это—начальная гармония, которая произвела конечную гармонию, которой мы восхищаемся, но эта начальная гармония легко объяснима. Трение внутренней массы должно было быстро уничтожить неправильности ее отдельных внутренних движений, оставляя лишь общее совершенно правильное вращение. Быстро? Это зависит от смысла, придаваемого этому слову; неравенства исчезнут быстро, если считать несколько миллиардов лет очень коротким промежутком времени. Если расчет производится в предположении, что вещество туманности обладает вязкостью известных нам газов, то получаются фантастические цифры. И это не все: самое охлаждение и вытекающее из него сжатие стремятся нарушить так медленно завоеванную гармонию, и для ее сохранения необходимо, чтобы это сжатие и вообще эволюция также происходили чрезвычайно медленно, тем более, что установлена необходимость сотен миллионов лет для того, чтобы различные части одного и того же кольца, двигаясь отдельно, согласно законам Кеплера, наконец столкнулись бы и соединились бы друг с другом; а ведь это явление лишь краткий эпизод в общем развитии. Эти цифры не должны пугать нас; они расходятся с возрастом, который приписывается многими теориями Солнцу и звездам; но эти теории сами вызывают большие затруднения. И здесь возникает новое сомнение: другие системы, подобные нашей, должны были за то же время проделать тот же путь развития; каждая из них занимала значительное пространство, далеко выходящее за предел радиуса нашего нынешнего Солнца; если эта эволюция продолжалась слишком долго, то мы должны учесть возможность столкновения, разрушающего все, прежде чем процесс закончится.

По Фаю происхождение планет совершенно иное; Солнце и планеты образовались внутри массы туманности; как только в какой-нибудь точке начиналась конденсация, эта точка становилась центром притяжения, притягивала окружающую материю и насыщалась ею до тех пор, пока не поглощала всю очень

разреженную атмосферу первоначальной туманности и начинала двигаться в пустоте. Эта теория приводит к своеобразным выводам: Меркурий должен быть старше Нептуна, а сама Земля старше Солнца. Планеты были некогда гораздо более удалены от Солнца, и Меркурий, напр., находился на расстоянии Сатурна; они постепенно приближались к центральному светилу, сохраняя свои круговые орбиты. Нельзя сказать, чтобы Ф а й оставлял без объяснений малость эксцентриситетов и наклонов орбит; по крайней мере, он старается дать объяснение и решился, где нужно, подталкивать пальцем, лишь бы добиться этого результата; но объяснение, которое он дает, не очень ясно и гораздо менее удовлетворительно для ума, чем объяснение Лапласа. Он считал необходимым отвергнуть идеи Лапласа, неспособные, по его мнению, объяснить обратное движение спутника Нептуна. Он, как и Лаплас, полагал, что направление вращения планеты зависит от распределения скоростей в производшем ее кольце. Теперь мы знаем, что это распределение вследствие неустойчивости кольца является кратковременным, и, следовательно, не может иметь никакого влияния на окончательный результат; что вращения всех планет, независимо от их происхождения, первоначально должны были быть обратными и что только влияние приливов могло сделать их прямыми. При таких условиях у нас более нет никаких оснований предпочесть гипотезу Ф а я гипотезе Лапласа.

Теория дю-Лигондеса родственна одновременно теориям Ф а я и Канта. Для него исходной точкой является не туманность Лапласа, движения которой упорядочены трением, но подлинный хаос. Вместо газовой массы, различные части которой движутся более или менее одинаково благодаря вязкости и которая во всяком случае образует непрерывное целое, мы имеем лишь рой частиц, движущихся случайно во всех направлениях. Что же это за частицы? Будут ли это твердые метеориты или огромные газовые пузыри, для нас несущественно; между ними есть только пустота или атмосфера, достаточно разреженная, чтобы не мешать свободе их движений. От времени до времени эти движения нарушаются либо потому, что эти тела слишком приближаются друг к другу, либо вследствие физического столкновения. И именно эти столкновения ведут к эволюции; если бы не было ни столкновений, ни пассивного сопротивления, или даже если бы эти сталкивающиеся

частицы были совершенно эластичными, то, несмотря на оказываемое ими взаимное притяжение, они могли бы двигаться неопределенно, не выказывая никакого стремления к концентрации, точно так же, как в пустоте планеты вращались бы вокруг Солнца, никогда не падая на притягивающее их светило. Представим себе, наоборот, две планеты, движущиеся в противоположных направлениях по круговой орбите; не пройдя полуокружности, они встретятся, скорость их будет уничтожена столкновением, если предполагать их лишенными упругости, и они вместе упадут на Солнце, увеличивая, таким образом, массу центрального светила. Подобные столкновения могут быть частыми в среде, построенной так, как ее себе представляет дю-Лигондеса; происходит, следовательно, возрастающая концентрация массы; она мало-по-малу организуется, Солнце и планеты выделяются, затем насыщаются окружающей их материей и наконец поглощают все. Можно показать, что путем этих столкновений получается система орбит с незначительными эксцентриситетами и слабыми наклонами. Несмотря на то, что эти столкновения происходят случайно и, так сказать, вслепую, они преобразовывают хаос в изумительно упорядоченный космос, где первоначальное единообразие уступает место многообразию, но многообразию гармоничному.

Туманность дю-Лигондеса, прорезываемая во всех направлениях случайно движущимися частицами, очень походит на газ кинетической теории. Для нас не имеет значения, что размеры частиц очень различны: в одном случае это атомы, а в другом метеориты или небольшие светила. И однако же термодинамика и кинетическая теория учат нас, что газы, как и весь физический мир, беспрестанно стремятся к состоянию равномерности. Законы случая и больших чисел стремятся очень быстро уравнивать неравенства, которые может представлять газ, пока температура и скорости не станут одинаковыми во всей массе. Возьмем за исходную точку систему газовых молекул, скорости которых распределены не случайно, а гармонически, так, чтобы образовать род космоса, подобный солнечной системе; в короткое время мы вернулись бы к хаосу, массы, первоначально обособленные, вновь смешались бы в одну, скорости снова распределились бы согласно закону Максвелла, который является законом случая. Каким образом два механизма, внешне тождественные, могли произвести два про-

тивоположных действия? Ответ прост: в кинетической теории газов газовые молекулы рассматриваются как совершенно упругие, нет ничего похожего на сопротивление, живая сила никогда не уничтожается; в гипотезе дю-Лигондеса, тела, сталкиваясь, теряют свою живую силу, по крайней мере, частично и преобразовывают ее в теплоту; мы видим, что отсюда и происходило стремление к концентрации и, следовательно, к дифференциации. Итак, наши частицы могут испытывать воздействия двоякого рода: резкие отклонения, происходящие от ньютоновского притяжения, когда две массы сближаются, не соприкасаясь, и физические столкновения. Первые, гораздо более многочисленные, происходят без потери живой силы, они вполне подобны столкновениям газовых молекул в кинетической теории, они, таким образом, стремятся поддержать хаос или даже восстановить его, при господстве повсюду закона Максвелла. Физические столкновения, напротив, порождают пассивное сопротивление; им мы обязаны организацией космоса.

И здесь можно поставить еще один вопрос: обычно предполагают, что атомы не подвержены никакому пассивному сопротивлению, так, что они при столкновениях ведут себя как упругие тела; они, таким образом, неуклонно следуют законам теоретической механики. Если тела осязательных размеров как будто отклоняются от них в такой степени, что наблюдаемые явления оказываются необратимыми, то это происходит потому, что они состоят из очень большого числа атомов, и что тут проявляется закон больших чисел. Все идет хорошо, если самые атомы рассматриваются как материальные точки и если слово «атом» нужно понимать в этимологическом смысле; но это далеко не так; элементами газа в кинетической теории являются «молекулы», и каждая из них содержит несколько химических атомов; каждый атом, в свою очередь, состоит из электронов, и было бы смешно предполагать, что наука не двинется дальше и что электроны не будут когда-нибудь разложены на более мелкие элементы. Одним словом молекула есть строение столь же сложное, как солнечная система; ее мельчайшие и многочисленнейшие элементы должны повиноваться закону больших чисел, так что внутри самого атома должны иметься пассивные сопротивления. Нельзя ли представить себе, что эти сопротивления играют такую же роль, как в теории

дю-Лигондеса, и, таким образом, стремятся вызвать дифференциацию вопреки принципу Карно?

По теории Си планеты не отделялись от Солнца, также как Луна не отделялась от Земли. Все эти светила всегда существовали индивидуально.

Планеты были пленены Солнцем, а Луна Землей. Как произошло это пленение? Солнце было некогда окружено атмосферой; как только в нее проникало странствующее светило, оно испытывало сопротивление; его орбита, сперва гиперболическая, становилась эллиптической вследствие уменьшения скорости; затем форма ее приближалась к круговой, между тем как радиус ее уменьшался. Светило, таким образом плененное, в конце концов, упало бы на Солнце, если бы оно продолжало испытывать сопротивление солнечной атмосферы, но эта атмосфера, поглощаемая Солнцем, становилась все более и более разреженной и, наконец, исчезла. Начиная с этого момента, орбиты планет более не менялись. Эта теория хорошо объясняет малость эксцентриситетов, но не объясняет малость наклонов.

Не следует думать, что если наша солнечная система развивалась в прошлом, то нынче она достигла своего конечного состояния, что вследствие поглощения и исчезновения более или менее разреженной атмосферы, в которой, так сказать, плавали небесные тела, разделенные пустотой планеты избавлены от пассивного сопротивления. Даже на расстоянии эти сопротивления могут оказывать влияние; известно, что были построены двигатели, использующие силу приливов; эти двигатели не могут создать энергию, они должны получить ее из какого-нибудь источника, и этим источником может быть только живая сила небесных тел. Если бы человек не построил двигателей, энергия, полученная таким образом, не была бы использована, она бесполезно растратилась бы на трения, на удары волн о берега, но как в том, так и в другом случае живая сила светил беспрестанно убывает, скорость вращения земли уменьшается постоянно, но с чрезвычайной медленностью; это произошло гораздо скорее с Луной, и процесс продолжался до тех пор, пока время ее вращения не стало в точности равно времени ее обращения; так что наш спутник показывает нам всегда одну и ту же сторону.

Это явление сыграло в мировом развитии роль, которую хорошо выяснил Джордж Дарвин. Две причины стремились

изменить вращение планет: действие приливов, о котором мы только что говорили, стремилось замедлить его, вернее, придать ему то же направление и ту же длительность, как обращение светила вокруг Солнца; с другой стороны, охлаждение и сокращение, уменьшая момент инерции, стремилось, напротив, ускорить вращение. Первая из этих двух причин преобразовала первоначальное обратное вращение планет в прямое вращение такой же продолжительности, как их движение по орбите; затем уже вторая причина, ставшая преобладающей, сообщила этим планетам вращение, оставшееся прямым, но значительно ускоренное.

Таким образом, продолжительность дня все время возрастает, но в силу некоторой реакции длина месяца также возрастает, и Луна постоянно удаляется от Земли. В момент своего образования наш спутник почти касался поверхности нашего шара; месяц и день длились одинаково от пяти до шести наших теперешних часов; в свою очередь, по истечении долгих веков месяц и день вновь сравниваются между собой и будут равны приблизительно двум нашим теперешним месяцам, и Земля будет всегда показывать одну и ту же сторону Луне, как Луна Земле.

Все эти вообще столь различные гипотезы имеют одну общую черту, это теории рациональной механики, математической астрономии, они мало заимствуют из физических наук, вследствие этого они неполны. Физики, вмешательство которых было также неизбежно, как желательно, главным образом занялись вопросом о происхождении солнечной теплоты. Точные измерения показали нам поразительный расход тепла, который производится Солнцем за каждую секунду. Какими запасами оно обладает, чтобы иметь право на подобную расточительность? Где могло оно скопить запас энергии, достаточный на миллионы лет? И каково могло быть происхождение этого запаса? Вначале можно было считать, что эта энергия химического происхождения, что Солнце горит, как большой кусок угля; эта гипотеза не выдерживает критики: при таком положении дела Солнце оказалось бы кратковременной вспышкой, едва способной освещать человечество в продолжение исторического времени.

И тогда лорд Кельвин и Гельмгольц предположили, что солнечная энергия могла бы иметь механическое происхождение; сначала подумали о метеоритах, падающих в виде постоянного дождя на его поверхность, живая сила которых по-

стоянно разрушается, преобразуясь в теплоту. И этого еще не было достаточно; но если различные материалы, из которых состоит Солнце, были некогда разделены громадными расстояниями и затем соединились под влиянием притяжения, то работа этого притяжения должна была быть огромной; если она преобразовалась в живую силу и затем в теплоту, то мы имеем запас тепла в десять тысяч раз больший, чем тот, который дало бы сгорание угольного шара размеров Солнца.

Солнечная туманность была, несомненно, вначале холодной и разгорелась вследствие сжатия.

Теперь мы очень далеки от туманности Лапласа, первоначально очень большой в силу своей очень высокой температуры и сжимавшейся из-за охлаждения. Мы подходим таким образом к вопросу о поведении газовой массы, находящейся под действием тяготения; она не может терять теплоты не охлаждаясь, ни охлаждаться не сжимаясь, ни сжиматься не нагреваясь. Что же получится в конце концов? Будет ли ее температура повышаться несмотря на потерю теплоты излучением, как если бы ее удельная теплота была отрицательной? Или же, наконец, мы будем иметь одновременно и сжатие и охлаждение. На такой вопрос можно дать ответ, если речь идет о совершенном газе; если он одноатомен или двуатомен, то он будет сжиматься, теряя теплоту лучеиспусканием, но температура его возрастает, он будет вести себя, как если бы удельная теплота его была отрицательна; напротив, он будет сжиматься охлаждаясь, если он многоатомен или же достаточно уплотнен, чтобы значительно отклониться от законов совершенного газа. Как бы то ни было, теплоты и таким путем хватит только на 50 миллионов лет, и тут трансформисты и геологи поднимают крик: «Пятьдесят миллионов лет, что это? как вы хотите, чтобы за такое короткое время у нас развились виды, успели поглотиться одни материки и появиться другие, чтобы могли возвыситься и затем уничтожиться медленным механизмом эрозии две горных цепи, подобные Альпам, как Каледонская и Герцинская?» Эти жалобы кажутся законными, и, действительно, нужно 200 миллионов лет от начала девонского периода; но в таком случае каково же происхождение солнечной теплоты, если оно не является ни химическим, ни механическим в обычном смысле этого слова? Вопрос казался неразрешимым, когда был открыт радий. Он один, казалось, мог все

объяснить; во всяком случае он показывал нам, что еще много тайн ждет открытия и что не надо торопиться с утверждением, что явление необъяснимо.

Теория Лапласа, как и все изложенное нами, не выходит за границы солнечной системы. Лаплас, конечно, не пренебрегал другими системами, но считал их более или менее сходными с нашей и полагал, что то, что подходило для одной, подойдет и для других. Впрочем, расстояния, разделявшие их, казались ему слишком большими, чтобы допустить возможность какого-нибудь воздействия друг на друга. Успехи звездной астрономии не позволяют нам оставаться на этой точке зрения; телескоп открывает нам в звездном небе большее разнообразие, чем можно было ожидать. Во-первых, мы имеем двойные звезды, представляющие далеко не исключительное явление; можно считать, что из трех звезд, по меньшей мере, одна двойная. Иногда легко отделить обе составляющие, иногда же они почти соприкасаются, и если одна из них мало светящаяся, то периодические затмения являются нам в виде изменения блеска. Тогда спектроскопия или фотометрия показывают нам, что мы имеем дело с двойной системой, и позволяют нам определить ее орбиту. Возможно ли, чтобы один и тот же механизм мог породить систему как наша, в которой центральное тело поглотило почти всю массу и крошечные планеты разделены огромными расстояниями, и одну из тех странных систем, где масса почти равномерно распределяется между двумя или тремя составляющими и где в некоторых случаях расстояния звезд сравнимы с их размерами?

К этим двойным системам теория Лапласа, очевидно, не применима (впрочем, эксцентриситеты обычно не очень малы), но можно выставить и другие гипотезы: рассмотрим вращающуюся туманность, как у Лапласа, но с той разницей, что масса ее, вместо того чтобы целиком концентрироваться в центральном ядре, распределена почти равномерно. Охлаждаясь, она сократится, и вращение ее ускорится, она будет все более и более уплощаться; когда уплощение перейдет известный предел, она удлинится в определенном направлении так, что представит три неравных оси; это фигура, которая в случае совершенной однородности называется эллипсоидом Якоби; далее, эта фигура делается тоньше в середине и, наконец, разделится на две массы, конечно, не равные, но сравнимые. Возможно, что та-

ково происхождение двойных звезд, но в пределах нашей солнечной системы возможно, что таково же происхождение Луны. Этот спутник меньше Земли, но соотношение масс далеко не так мало, как для спутников Юпитера, Сатурна и даже Марса.

Это не все, и простые звезды также не все одинаковы между собой; спектроскоп нам показал, насколько они различны, и довольно естественно предположить, что это — разница в возрасте и что разные спектральные типы соответствуют разным типам эволюции. Если даже они все образовались в одно время, то есть много причин, по которым одни из них состарились скорее других. Есть и другие предметы, привлекающие внимание астронома: во-первых, звездные скопления, затем туманности, из которых одни разрешимы, другие же, как показывает их спектр, состоят целиком из очень разреженного газа. Эти туманности имеют самые разнообразные формы: диски, кольца, спирали или неправильные кучи. Первые же наблюдатели, которые их внимательно исследовали, естественно были склонны сравнивать их с туманностью теории Лапласа или других соперничающих теорий, которые все имеют общую исходную точку. Представляют ли эти туманности будущие звезды или будущие звездные скопления? Сначала были склонны предполагать это; теперь эта уверенность значительно ослабела.

Казалось бы, мы имеем перед собой предметы, которые достаточно сравнить, чтобы воссоздать все прошлое звезд, как натуралист, который имеет в поле своего микроскопа клетки, представляющие все фазы клеточного деления, может наверняка восстановить всю теорию этого деления, несмотря на то, что эти клетки отныне мертвы и неподвижны.

Выйдет ли космогония из возраста гипотез и воображения, чтобы стать наукой, построенной на опыте или хотя бы на наблюдении? Действительно, от времени до времени, мы видим рождение звезды, которая внезапно зажигается на небе, чтобы быстро утратить блеск и дать спектр, напоминающий спектры планетарных туманностей; таким образом, хотя мы никогда не видали, чтобы туманность превращалась в звезду, как того желал Лаплас<sup>1)</sup>, но зато часто наблюдали превращение звезды

---

<sup>1)</sup> Отсюда не следует выводить аргумента против теории Лапласа, ибо великий астроном никогда не высказывал предположения, что туманность должна превратиться в звезду в течение нескольких дней или месяцев.

в туманность. Не накрыли ли мы здесь природу на месте преступления в ее созидательной деятельности?

Не следует, однако, обольщаться напрасными иллюзиями; слишком большие надежды по меньшей мере преждевременны. Доказательством этого может служить разнообразие мнений астрономов об эволюции звезд и в частности о происхождении новых звезд. Первым, наиболее естественным, было предположение о том, что туманности чрезвычайно горячи и представляют собой первую фазу развития, так сказать, детство звезд, затем следуют белые, желтые и, наконец, красные звезды, все более и более старые и вместе с тем все более и более холодные. Для Нормана Локьера история звездного мира более сложна, туманности ему представляются очень холодными, и с этим, мне кажется, все теперь согласны, а свечение их считается электрического происхождения. На самом деле они представляют собой не что иное, как рой метеоритов; вследствие беспрестанных столкновений эти метеориты нагреваются, обращаются в газ и, наконец, образуют чрезвычайно горячую газовую массу, иными словами, звезду; тогда столкновения прекращаются, и вновь наступает покой. Вследствие излучения звезда понемногу охлаждается и, наконец, потухает и отвердевает; она проходит, в обратном порядке, через температурные состояния, которые она прошла при своем развитии, так что полный цикл будет таков: туманность, красная звезда, желтая звезда, белая звезда, желтая звезда, красная звезда, потухшая звезда. Звезды восходящей ветви развития, однако, сильно отличаются от соответствующих звезд нисходящей ветви; вся масса первых пронизывается сильными конвекционными токами; метеориты еще не вполне исчезли, и их столкновения поддерживают волнение; вторые находятся в относительном покое; сэр Норман Локьер полагает, что это различие возможно установить и путем изучения спектров.

Новые звезды еще со времен Тихо де-Браге занимали воображение астрономов. Появление их внезапно и имеет все видимость катаклизма. Быть может, это извержение аналогично извержениям, вызывающим солнечные протуберанцы, но большим успехом пользуется гипотеза столкновения, и действительно такую мысль непобедимо внушает вид этих явлений. Но обстоятельства и следствия столкновения можно представить себе многими способами. Сталкиваются ли это два твердых тела,

внезапно нагревающихся, как только встреча разрушила их живую силу? Или это одно огромное твердое тело, или слабо светящаяся звезда, или рой метеоритов проникает в туманность и раскаляется благодаря трению? Или, быть может, как этого хочет Аррениус, покрытые корой солнца сохраняют в себе огромный запас энергии, например в радиоактивной форме, и этот запас, находящийся без употребления и как бы скрытый, пока он заключен в коре, быть может, внезапно освобождается, как только толчок разрушает кору? Тогда он тратится за короткое время, и столкновение освобождает теплоту, как это происходит при столкновении с препятствием снаряда, заряженного взрывчатым веществом, тогда как пуля, которая ударяется в непробиваемую броню, просто падает на землю, раскаленная докрасна. Установлено, что часто новые звезды оказываются окруженными туманностями; но являются ли эти туманности причиной или следствием явления? Потому ли звезда внезапно стала яркой, что встретила эти туманности, или, быть может, они являются ее отбросами, чем-то в роде дыма при взрыве? Об этом нам ничего неизвестно.

Тайна еще увеличивается, если рассматривать не каждую звезду в отдельности, а совокупность их и задуматься об их взаимоотношениях. Появились ли все звезды одновременно, или они зажигаются постепенно в то время, как другие потухают? Если они родились одновременно, то потому ли они ныне столь различны, что одни состарились скорее других? Но в таком случае не должны ли существовать, и в значительно большем количестве, рядом со светящимися звездами, потухшие звезды, бесполезные массы, загромождающие небеса? Как могли бы мы узнать это? Быть может, следующие соображения, впервые высказанные лордом Кельвином, могут помочь в решении этого вопроса. Млечный Путь состоит из звезд, очень многочисленных, взаимно притягивающихся и движущихся в самых различных направлениях; он представляет нам, следовательно, картину газа, молекулы которого взаимно притягиваются, имея скорости по самым разнообразным направлениям; каждая звезда играет, таким образом, роль газовой молекулы. Такое уподобление кажется законным, и можно думать о распространении на звездную вселенную следствий, вытекающих из кинетической теории газов. Газ, подчиненный ньютоновскому притяжению, придет через короткое время в состояние адиабатиче-

ского равновесия, где молекулярные скорости следуют закону Максвелла, а температура возрастает по направлению к центру; центральная температура зависит от всей массы газа и от его объема. Эта температура измеряется молекулярными скоростями. Применим эти положения к Млечному Пути; звездные скорости, наблюдаемые нами, принадлежат звездам близким к нам и, следовательно, к центру Млечного Пути; они таким образом соответствуют и «центральной температуре» и могут дать указания относительно размеров и массы этого звездного скопления, уподобленного огромному газовому шару. Этим путем получается вывод, что наш звездный мир исследован телескопом почти до крайних границ и что в нем должно находиться мало темных звезд; в самом деле, если бы их находилось значительно больше, чем ярких звезд, то они увеличивали бы общее притяжение, и собственные движения звезд были бы гораздо больше тех, которые нам приходится наблюдать. Все это кажется основанным на неопровержимых доводах; если Млечный Путь достиг устойчивого состояния, к которому он необходимо стремится, то все сказанное нами правильно, и собственные движения должны распределяться согласно закону Максвелла. Так ли это? Ответ может быть дан только наблюдениями, и, кажется, они отвечают: нет. По мнению Каптейна и других астрономов, дело происходит так, как если бы пред нами было два звездных роя, подчиняющихся каждый в отдельности закону Максвелла, но имеющих различные постоянные; эти два роя проникают друг в друга и неразделимы. Как будто встретились два Млечных Пути, достигших состояния конечного равновесия, но еще не успели оказать друг на друга достаточно длительного действия, которое сгладило бы все различия. Они подобны двум газовым массам, которые встретились, но еще не успели смешаться. Таким образом, мы вновь, в новой и неожиданной форме, встречаемся с идеей столкновения, космогоническое значение которой стало очевидным благодаря изучению новых звезд, и которая лежит в основе некоторых теорий, как, например, теории Бело.

Если тем не менее выводы лорда Кельвина в своих общих чертах верны и число потухших звезд не огромно, то мы должны полагать, что все светила нашего неба зажглись приблизительно одновременно, и что возраст Млечного Пути не больше небольшого числа звездных жизней.

Одной из самых недавних, несомненно оригинальнейших, космогонических теорий является теория Сванте Аррениуса. Для него звезды не являются, как это принято думать, почти чуждыми друг другу индивидуумами, разделенными огромными пустынями и обменивающимися лишь своими притяжениями и своим светом; они обмениваются многим другим: электричеством, материей и даже живыми зародышами. Световое давление есть сила, исходящая из светящихся тел и отталкивающая легкие тела; она образует хвосты комет из их разреженного вещества, отталкиваемого солнечным светом. Она же, по мнению Аррениуса, отгоняет от Солнца мельчайшие частицы и толкает их к земле, к планетам, к отдельным туманностям. Частицы эти, в конце концов, соединяются, образуя метеориты, и эти метеориты, проникая в массу туманностей, становятся центрами сгущения, около которых начинает скопляться вещество; затем протекает вся жизнь звезд: их рождение почти во мраке, их расцвет, их упадок, кончающийся отвердеванием. Это отвердевание не является, однако, окончательной смертью, но лишь началом долгого периода скрытой жизни, темной и неслышной до того дня, когда столкновение внезапно освободит эту дремлющую энергию. Следует взрыв, рождающий туманность, цикл возобновляется.

Темный период продолжается гораздо больше периода свечения, откуда следует, что темных звезд значительно больше, чем звезд видимых, вопреки взглядам лорда Кельвина.

По Аррениусу, мир бесконечен, и звезды в нем распределены довольно равномерно; и если наши телескопы как будто бы обрисовывают границу Вселенной, то это происходит лишь потому, что они слишком слабы, что свет, исходящий от очень далеких солнц, поглощается в пути. Эта гипотеза вызвала два возражения. Первое: если плотность распределения звезд всюду одинакова, то сумма их света должна была бы придать всему небу блеск, равный солнечному. Это было бы так, если бы междузвездное пространство пропускало полностью весь проходящий через него свет так, что видимый блеск звезды изменялся бы обратно-пропорционально квадрату расстояния. Чтобы избежать этого затруднения, достаточно предположить, что междузвездная среда обладает способностью поглощения, при чем эта способность может быть даже очень малой. Второе возражение заключается в том, что ньюто-

новское притяжение было бы в таком случае неопределенно или бесконечно; чтобы устранить его, мы должны считать закон Ньютона не безусловно точным и предположить, что тяготение также претерпевает некоторое поглощение, выражающееся некоторым показательным множителем. Если согласимся принять эту гипотезу, то выводы лорда Кельвина уже не являются обязательными, ибо они были сделаны, исходя из закона Ньютона; Млечный Путь уже нельзя было бы уподоблять газовому шару, с плотностью и температурой, возрастающими по направлению к центру; это была бы неопределенная и однородная газовая масса с одинаковыми всюду плотностью и температурой.

Это не все; вселенная Аррениуса не только бесконечна в пространстве, но и вечна во времени; здесь уже его взгляды являются гениальными и кажутся нам убедительными, несмотря на все возражения. Вселенная представляется как бы огромной тепловой машиной, действующей между горячим и холодным источниками; горячий источник представлен звездами, а холодный—туманностями. Но наши тепловые машины не замедлили бы остановиться, если бы мы беспрестанно не снабжали их топливом; предоставленные самим себе, оба источника иссякли бы, т.-е. температуры их уравнились бы и, в конце концов, пришли бы в равновесие. Этого требует принцип Карно. Но дело в том, что он сам является следствием законов статистической механики. Именно, вследствие своей многочисленности молекулы стремятся смешаться и подчиняться лишь законам случая. Чтобы вернуться назад, нужно было бы их рассортировать, разрушить создавшуюся смесь, а это кажется невыполнимым, ибо для этого понадобился бы демон Максвелла, т.-е. существо очень малое и очень разумное, способное отбирать столь малые предметы.

Для того, чтобы мир мог неопределенно возобновляться, потребовался бы своего рода автоматический демон Максвелла. Аррениус полагает, что нашел этого демона. Туманности очень холодны, но и очень разрежены и, следовательно, мало способны собственным притяжением удержать движущиеся тела, стремящиеся их покинуть. Газовые молекулы обладают различными скоростями, и, чем в среднем эти скорости больше, тем горячее газ. Если бы Максвелловский демон пожелал охладить некоторое количество газа в оболочке, его задача заключалась

бы в том, чтобы отобрать горячие молекулы, т.-е. молекулы, обладающие большими скоростями, и удалить их из данной оболочки, в которой остались бы только холодные молекулы. Однако молекулами, для которых более велика вероятность вырваться из туманности, несмотря на тяготение, являются именно молекулы, обладающие большими скоростями, т.-е. горячие молекулы; после этого будут оставаться только холодные молекулы, и, несмотря на приток теплоты, туманность будет холодной.

Можно попытаться стать на иные точки зрения, предположить, например, что здесь холодным источником на самом деле является пустота, с температурой равной нулю, и что в таком случае коэффициент полезного действия цикла Карно будет равен 1. С другой стороны, теплота отличается от механической живой силы тем, что теплые тела состоят из множества молекул с различно направленными скоростями, между тем как скорости молекул, производящие механическую живую силу, все имеют одинаковое направление. Но в междупланетной пустоте они разделены огромными расстояниями и так сказать изолированы; их энергия высшего порядка, она уже не является просто «теплотой», а переходит в «работу».

Все же остается много неясностей. Если мир бесконечен, то не заполнится ли пустота? если он конечен, то при летучести вещества не испарится ли мир без остатка? Во всяком случае нам следовало бы отказаться от надежды на «вечное возвращение» и на вечное возрождение миров; таким образом, решение Аррениуса тоже кажется нам недостаточным: мало поместить одного демона в холодный источник, следовало бы поместить другого в горячий.

После этого изложения от меня, конечно, ждут выводов, и это меня весьма затрудняет. Чем более изучаешь этот вопрос о происхождении светил, тем менее торопишься делать окончательные выводы. Каждая из предложенных теорий имеет свои соблазнительные стороны. Одни очень удовлетворительно объясняют некоторые явления, другие дают объяснение большего числа фактов, но зато объяснения теряют в точности то, что они выигрывают в объеме, или, наоборот, они дают слишком большую определенность, но только кажущуюся и пахнущую натяжкой.

Если бы дело шло только о солнечной системе, то я не колеблясь отдал бы предпочтение старой гипотезе Лапласа; подновить ее очень легко. Но разнообразие звездных систем заставляет нас расширить наши рамки так, что гипотезу Лапласа приходится, если не отбросить целиком, то изменить так, чтобы она являлась только приспособленной специально к солнечной системе формой более общей гипотезы, которая относилась бы ко всей Вселенной и объясняла бы одновременно и различные судьбы звезд и место каждой из них в Великом Целом.

Однако наши данные в этом отношении далеко не достаточны, и мы должны многого ожидать от наблюдения. Существуют ли оба звездных потока Каптейна и есть ли другие? Что представляют собой туманности, и в частности спиральные туманности? Находятся ли они на громадных расстояниях вне Млечного Пути, являясь сами Млечными Путиями, видимыми с очень больших расстояний? Или же, несмотря на характер их спектров, их нельзя считать скоплениями настоящих звезд? Должны ли мы принять данное Болином измерение параллакса туманности Андромеды и сделанное отсюда Си заключение, согласно которому это небесное тело состоит несомненно из солнц, но солнц, имеющих размеры астероидов, циркулирующих между Юпитером и Марсом? Можно ли предположить, что наша солнечная система произошла из туманности, подобной известным нам спиральным или планетарным или кольцевым туманностям? Вот вопрос, попытаться ответить на который можно будет лишь тогда, когда нам будут более знакомы природа расстояния, а следовательно, и размеры этих тел.

Одна особенность поражает всех—это спиральная форма некоторых туманностей; она встречается слишком часто, чтобы можно было отнести ее на счет случайности. Легко понять, насколько неполна всякая космогоническая теория, пренебрегающая этим явлением. Однако ни одна из них не дает ему удовлетворительного объяснения, а мое собственное, данное как-то между делом, не лучше других. Таким образом, нам приходится закончить вопросительным знаком.

## П р и м е ч а н и я.

[1] К а н т (1724—1804) первый систематично и последовательно развил идею, уже давно высказанную различными философами, что вся Вселенная могла образоваться из первоначального бесформенного состояния материи, хаоса, исключительно вследствие механических причин, вследствие тех свойств материи, которые присущи ей, как таковой. Сам хаос представляется в этой гипотезе, как и во всех остальных, данным, и происхождение его из ничего либо рассматривается явно или тайно как акт божества, либо совершенно не исследуется. Сочинение Канта об этом предмете было издано без имени автора в 1755 г. под названием: «Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonschen Grundsätzen abgehandelt». Königsberg und Leipzig. Книга состоит из предисловия и трех частей; в первой дается краткое описание Вселенной; вторая, главная, содержит гипотезу образования из хаоса солнечной системы и всей Вселенной; первая глава содержит развитие основных идей автора, следующие—посвящены детальным вопросам относительно солнечной системы и применению основных идей ко всей Вселенной (глава 7-я). В третьей части рассматривается вопрос об обитаемости миров. Чтобы дать читателю представление об основных, исходных идеях Канта и об его способе применения законов механики к развитию мира из хаоса, предлагается перевод избранных мест из предисловия, всей первой главы второй части и избранных мест главы 7-й.

Конечно, механика Канта не вполне соответствует теоремам аналитической механики; нужно, однако, иметь в виду, что в то время, когда 30-летний Кант печатал свою книгу, механика Ньютона еще далеко не была признана ученым миром. В Англии, правда, философия Ньютона вытеснила философию Декарта, но, вне Англии, Лейбниц и Иван Бернулли отвергали теорию Ньютона; Гюйгенс, допуская притяжение тела в целом, не признавал притяжения между отдельными частицами его. Французская академия до 1740 г. в своих премиях на астрономические темы отдавала преимущество работам в духе Декарта или, по крайней мере, тавила оба учения наравне одно с другим; директор парижской обсерватории, Яков Кассини, в 1740 г. написал свои обширные «Elements d'astronomie» без упоминания имени Ньютона, и Клеро в 1755 г. еще лишь приступал к вычислениям движения кометы Галлея, долженствовавшим доказать существование ньютоновского притяжения далеко за пределами орбиты Сатурна, самой далекой планеты, известной в то время

Труд Канта важен не своими деталями, а общим духом исследования того вопроса, который по своей сущности неотразимо привлекает серьезное внимание как людей совершенно необразованных, но вдумчиво относящихся к окружающему их миру и его явлениям, так и самых глубоких мыслителей. Но который вместе с тем, по своей трудности, до сих пор еще очень далек до его разрешения, до такой степени далек, что Джинс, известный своими работами по космогонии, в одной из своих статей говорит, что «время для выводов в космогонии еще не пришло». Пока возможны лишь общие соображения и детальное рассмотрение отдельных сторон и элементов великого вопроса. Общими соображениями, общими идеями и важна и ценна книга Канта, и в этом отношении важнее других глав его книги глава VII.

Переводчик старался возможно ближе держаться подлинника, даже поступаясь в некоторых случаях, как в отдельных выражениях, так и в построении фраз, характером русской речи.

*С. Блажко.*

[2] Работы Лапласа (1749—1827) по небесной механике являются самым крупным шагом вперед в натуральной философии, сделанным со времени Ньютона. Они были сведены самим Лапласом в виде классического труда «*Traité de Mécanique céleste*» и в популярном виде изложены для широкой публики в «*Exposition du système du monde*» («Изложение системы мира»), появившейся впервые в 1797 году. В седьмом примечании к этой последней книге и изложена знаменитая космогоническая гипотеза Лапласа. «Изложение системы мира» является до сих пор непревзойденным образцом ясного, точного и простого изложения труднейших научных вопросов. В книге первой излагаются кажущиеся движения светил по небесному своду, в книге второй—действительные движения небесных светил, в книге третьей—законы движения, в книге четвертой—теория всемирного тяготения, в книге пятой—дается краткий очерк истории астрономии, при чем последняя—шестая глава—посвящена соображениям о системе мира и о будущем развитии астрономии. В этой главе Лаплас перечисляет все закономерности, обнаруженные в солнечной системе еще Ньютоном, и рассказывает о колебаниях Ньютона, закончившихся тем, что Ньютон приписал влиянию божественной силы гармоническое строение солнечной системы. Лаплас считает, что и в этом случае нет больших оснований для божественного вмешательства, чем в других, наукою уже изученных, и обещает дать в седьмом примечании свое объяснение закономерностей солнечной системы. Влияние гипотезы Лапласа на научную и философскую мысль было огромно, и, несмотря на то, что с тех пор прошло столетие с четвертью, гипотеза все еще сохраняет жизненность.

«Изложение системы мира» на русском языке было издано в 1861 г. в значительно устаревшем переводе М. С. Хотинского. С тех пор примечание седьмое, насколько нам известно, в русском переводе не появлялось.

*В. Костицын.*

[3] Взгляды Фая (1814—1902) на происхождение мира были изложены им в книге «Sur l'origine du monde», появившейся в первом издании в семидесятих годах прошлого столетия. Во введении к ней Фай повторяет извинения Канта перед религией и высказывает чрезвычайно интересные мысли относительно науки и атеизма. Вот они:

«Неверно, будто наука когда-либо сама приходила к этому отрицанию. Оно имеет место в некоторые эпохи борьбы против учреждений прошлого. Так, нескольких философов-атеистов мы находим при падении древнего греко-римского общества, в конце XVIII века, да, без сомнения, и теперь, так как гению борьбы свойственно стремление уничтожить оружие в руке противника».

Любопытно, что катлик Фай прекрасно понимал, что религия есть оружие во время всякой социальной и политической борьбы.

В первой части Фай рассматривает космогонию Моисея в качестве образца первобытной астрономии. Во второй части излагаются взгляды Платона, Аристотеля, Цицерона, Лукреция, Виргилия и Овидия, при чем приводится большое количество отрывков из древних авторов, что придает труду Фая особенную ценность. В третьей части Фай подвергает критике идеи Декарта, Ньютона, Канта и Лапласа, при чем гипотеза Лапласа подвергается чрезвычайно суровой критике. В четвертой части Фай излагает астрономические факты своего времени (глава XI); в главе XII дает свою теорию строения солнца и в главах XIII и XIV излагает свою космогоническую гипотезу. Наконец, в главе XV он говорит о жизни во Вселенной.

Книга Фая на русском языке была выпущена в очень неудовлетворительном издании Губинского. Здесь вниманию читателя предлагаются XIII и XIV главы.

*В. Костицын.*

[4] Дж. Дарвин (1845—1912) представляет из себя редкий пример человека, вся жизнь которого была отдана разработке одного, казалось бы, мелкого вопроса небесной механики — вопроса о приливном трении. Различным сторонам этого вопроса посвящено значительное большинство мемуаров в пяти томах его сочинений, изданных Кембриджским университетом. И тем не менее значение Джорджа Дарвина в науке очень велико; это потому, что он сумел этот маленький вопрос поставить в глубокую связь с великим вопросом о происхождении мира. Размышления Дж. Дарвина, начавшиеся на берегу моря теми же вопросами волнам—приливным волнам,—на которые «дурак ждет ответа», восстановили историю луны и теперь охватывают треть Вселенной, ибо, по меньшей мере треть всех звезд принадлежит к числу двойных. Результаты своих многолетних работ Дж. Дарвин изложил в популярной книге «The Tides and kindred Phenomena», первая половина которой говорит о современных лунно-солнечных приливах в земных океанах и морях, а вторая—посвящена космогоническим вопросам. Из этой последней половины мы выбрали две главы о приливном трении, ибо они лучше всего передают существо взглядов Дарвина. Другие главы не представляют такого интереса: глава о фигурах равновесия излагает главным образом чужие работы и заканчивается полемикой с А. М. Ляпуновым, в которой прав был А. М. Ляпунов; точно так же глава об эволюции солнечной системы не является оригинальной, а излагает космогоническую гипотезу Мультон-Чемберлина; глава о кольце Сатурна не содержит в себе классических ре-

зультатов, а глава о происхождении двойных звезд по существу лишь повторяет главы о приливном трении и не содержит в себе результатов более новых работ. Главы о приливном трении, насколько мне известно, появляются в русском переводе впервые. При более благоприятном положении издательского дела и книжного рынка книга Дж. Дарвина будет выпущена целиком.

*В. Костицын.*

[5] Предлагаемая вниманию читателя статья Пуанкаре (1854—1912) является предисловием к его книге «*Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*». Пуанкаре был наиболее объемлющим умом нашего времени, с удивительной легкостью работавшим в области анализа, в области небесной механики и в области математической физики. Его работы по небесной механике, посвященные, главным образом, вопросам устойчивости движений небесных тел и фигур равновесия вращающихся жидкостей, не могли не привести его к космогоническим гипотезам. Курс, который он читал в Сорбонне в 1910—1911 г.г. и который пишуший эти строки имел счастье слушать, навсегда останется образцом ясности и трезвости изложения, соединенных с высоким научным энтузиазмом. В 1911—1912 г.г. Пуанкаре читал лекции по теории ньютоновского потенциала, которые должны были служить введением к предполагавшемуся курсу следующего года: «*Фигуры планет*», несостоявшемуся из-за преждевременной смерти Пуанкаре. Общий характер книги Пуанкаре обрисован во введении. Здесь я позволю себе вкратце сообщить ее содержание. В первой главе Пуанкаре очень коротко излагает воззрения Канта; во второй главе столь же коротко излагаются воззрения Лапласа; третья и очень длинная глава посвящена математическому изложению гипотезы Лапласа со всеми необходимыми поправками; в четвертой главе излагается гипотеза Фая, при чем Пуанкаре особенно интересуется вопросом о возможности сохранения круговой орбиты планеты в сопротивляющейся среде при законе притяжения, меняющемся с временем, и разрешает его в положительном смысле. В главе пятой гипотеза дю-Дигондеса дает повод для крайне интересных соображений из статистической механики. В главе шестой гипотеза Си также дает повод для тонкого математического анализа вопроса о возможности пленения звезды звездой и о последующем влиянии сопротивления среды на движение плененного тела. Очень большая седьмая глава посвящена детальному блестящему анализу теории приливного трения Дарвина. Восьмая глава касается последнего нерассмотренного вопроса в пределах солнечной системы—вопроса о происхождении солнечного тепла, и этим совершается переход в область звездной астрономии. Девятая и десятая главы излагают работы Докьера и Шустера относительно природы звезд и звездной эволюции. В главе одиннадцатой излагаются отличающиеся глубиной и шириной размаха работы Аррениуса. Глава двенадцатая говорит о возможности применения теории газов к строению Млечного Пути. Глава тринадцатая посвящена образованию спиральных туманностей по Си, и, наконец, в главе четырнадцатой излагается вихревая теория мироздания Бело. Отдельные главы из книги Пуанкаре уже появлялись в русском переводе, и можно пожалеть, что она не переведена целиком.

*В. Костицын.*

## Библиографический указатель по космогоническим гипотезам.

### I. Гипотеза Канта:

Kant, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. 1755.

Kant, I. Der einzige mögliche Beweisgrund zu einer Demonstration des Daseins Gottes. 1765.

Wolf, C. Les hypothèses cosmogoniques. 1885. (В конце книги дан полный перевод на французский язык первой работы Канта).

### II. Гипотеза Лапласа:

Laplace, P. S. Exposition du système du monde. 6-me Ed. 1835.

Лаплас, П. С. Изложение системы мира. Пер. М. С. Хотинского, 1861 г.

Roche, E. Essai sur la constitution et l'origine du Système Solaire. 1873. (См. также Roche, E. Oeuvres complètes).

### III. Гипотеза Фая:

Faye. Sur l'origine du monde. 4-me Ed. 1907.

Du-Lignon d'ès, R. Formation mécanique du système du monde. 1897.

### IV. Гипотеза Дарвина.

Darwin, G. H. Scientific Papers.

Vol. 1. Oceanic tides and Lunar Disturbance of Gravity.

Vol. 2. Tidal Friction and Cosmogony.

Vol. 3. Figures of Equilibrium of Rotating Liquid and Geophysical investigations.

Vol. 4. Periodic Orbits and Miscellaneous Papers.

Vol. 5. Supplementary Volume.

Особенный интерес представляют томы 2-й и 3-й, при чем необходимо отметить, что почти каждый мемуар сопровождается резюме, дающим в сжатой и ясной форме без математических символов основные результаты, полученные в мемуаре.

Darwin, G. H. The Tides und Kindred Phenomena.

Darwin, G. H. Ebbe und Flut (нем. перевод).

Болл, Р. Века и приливы. 1909.

V. Кроме того, космогоническим гипотезам посвящено огромное количество книг, из которых я укажу только главнейшие:

P o i n c a r é. Leçons sur les hypothèses cosmogoniques. 2-me Ed., 1913.

J e a n s, J. H. Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics, 1919.

Книга Джинса целиком принадлежит новому периоду астрономии; для изучения книги необходимо очень хорошее знакомство с математикой и математической физикой. Для всякой серьезной работы по вопросам космогонии и звездной динамики знакомство с нею обязательно, равно как и с книгой Пуанкаре.

E m d e n, R. Gaskugeln. 1907.

Эмден дает проработанную математически до конца теорию адиабатически построенных газовых шаров с применениями к различным проблемам астрономии и геофизики. Для понимания современных теорий звездной эволюции и внутреннего строения звезд и Солнца книга Эмдена является незаменимой.

Ввиду важности для космогонических проблем статистической механики можно рекомендовать:

J e a n s, J. H. The Dynamical Theory of Gases. 3-e Ed., 1921.

Лучший и вполне современный курс кинетической теории материи.

Помимо этих книг, для неспециалистов можно указать следующие вполне доступные по изложению книги:

Н о в ы е и д е и в а с т р о н о м и и. Сборники 1 и 3: Космогонические гипотезы.

Очень хорошие по идее, но небрежно выполненные сборники, дающие изложение важнейших космогонических гипотез, принадлежащее по большей части их авторам.

C l e r k e, A. Modern Cosmogonies. 1905.

Книга обзорного характера.

A n d r é, C h. Les planètes et leur origine. 1909.

В первых двух частях весьма подробно излагается нынешнее состояние солнечной системы. В третьей части дано изложение космогонических гипотез Лапласа-Роша, Дарвина, Фая, Страттона с некоторым количеством элементарно-математических формул. Третья часть на русском языке имеется в сб. «Новые идеи», № 1.

V e r o n n e t. Les hypothèses cosmogoniques.

Дальнейшие библиографические указания будут даны в книге из серии «Современные проблемы естествознания», посвященной современным космогоническим гипотезам.

*В. Костицын.*

# СО Д Е Р Ж А Н И Е.

---

|  | <i>Стр.</i> |
|--|-------------|
| <i>В. А. Костицын.</i> Классические космогонические гипотезы и современная астрономия (вводная статья) . . . . .               | 5           |
| <i>Кант.</i> Общая естественная история и теория неба. (Перевод избранных мест С. Н. Блажко.) . . . . .                        | 33          |
| <i>Лаплас.</i> О происхождении мира. (Перевод Ю. И. Костицыной седьмого примечания к «Изложению системы мира».) . . . . .      | 57          |
| <i>Фай.</i> Образование мира и солнечной системы. (Перевод Ю. И. Костицыной глав XIII и XV из «Происхождения мира».) . . . . . | 71          |
| <i>Дж. Дарвин.</i> Приливное трение. (Перевод А. А. Михайлова XVI и XVII гл. из «Приливы и родственные явления».) . . . . .    | 101         |
| <i>Пуанкаре.</i> Космогонические гипотезы. (Перевод Ю. И. Костицыной предисловия к одноименной книге.) . . . . .               | 145         |
| Примечания . . . . .   | 165         |
| Библиографический указатель. . . . .   | 169         |

---

На обложке в медальоне помещен портрет Лапласа.

---