

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА



P 183

проф. М. Ф. СУББОТИН

Происхождение и возраст Земли



ОГИЗ «ГОСТЕХИЗДАТ» 1945

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

Проф. М. Ф. СУББОТИН

ПРОИСХОЖДЕНИЕ
И ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ

ОГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1945 ЛЕНИНГРАД

123792



ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших вопросов, встающих перед человечеством при изучении природы, является, без сомнения, вопрос о происхождении и судьбе Земли. Уже в самой глубокой древности, на заре своей сознательной жизни, люди пытались ответить на этот вопрос. Такие попытки возобновлялись на всём протяжении истории человечества по мере того, как развивающаяся наука позволяла всё дальше и дальше заглядывать не только в бездны пространства, но и в бездны времени как прошедшего, так и будущего.

Вопрос о далёком прошлом, равно как и о далёком будущем нашей Земли принадлежит к числу труднейших вопросов естествознания. Ведь от той отдалённой эпохи, когда из газообразного или пылеобразного вещества образовывался земной шар, не сохранилось почти никаких свидетельств. Можем ли мы, при этих условиях, доказать, что Земля образовалась именно так, а не иначе? Можем ли мы сказать, когда это произошло? Разрешим ли вообще вопрос о происхождении Земли?

История науки показывает, что неразрешимых проблем нет, если только эти проблемы поставлены правильно. Но сложные проблемы естествознания поддаются решению постепенно и никогда не бывают решены до конца сразу. Их решение напоминает древний город, который строили многие поколения, расширяя, улучшая и переделывая то, что было сделано раньше; многое из ранее сделанного приходится при этом разрушать, чтобы на освободившемся месте построить нечто лучшее.

Для того, чтобы как следует понять такое сложное произведение человеческой мысли, каким является современный взгляд на прошлое и будущее нашей Земли, лучше всего идти историческим путём и проследить шаг за шагом, как этот взгляд создавался. Тогда только мы

сможем по справедливости оценить результаты, добытые наукой за ничтожный промежуток времени, бывший в распоряжении человечества. Ведь от зарождения науки не прошло ещё и трёх тысяч лет, а пытаться ответить на вопрос о происхождении Земли — это значит изучать явления, отделённые от нас миллиардами лет.

1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МИРЕ НА ЗАРЕ СОЗНАТЕЛЬНОЙ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

О том, как представляли себе устройство и происхождение мира в доисторические времена, мы можем судить по дошедшим до нас религиозным учениям древних народов. Каждая религия, стремясь дать полное, законченное миропонимание, не могла не иметь более или менее определённого взгляда на устройство и судьбу мира. Естественно, что это был тот взгляд, который был общепринятым в эпоху создания рассматриваемой религии. Сделавшись религиозным догматом, т. е. слепой верой, этот взгляд уже не мог подвергаться изменениям, несмотря на дальнейший прогресс цивилизации. Вот почему весьма древние взгляды могли дойти до нас в неизменённом виде, как памятники первых проблесков человеческой мысли. Например, изучение вавилонского или мало от него отличающегося библейского мифа о сотворении мира даёт нам возможность судить о том, как люди несколько тысяч лет тому назад представляли себе окружающий мир.

Вселенная представлялась им круглой плоской Землёй, покрытой сверху куполообразным небесным сводом, под которым движутся облака и небесные светила. Не зная, что небесный свод — это только обман зрения, люди того времени рассматривали его, как нечто весьма прочное, похожее на своды, знакомые человеку из строительной техники. Этот свод, по их мнению, поддерживал ту «верхнюю» воду, которая изливается на нас в виде дождя. В Библии так и говорится: «бог сотворил твердь небесную и отделил воды, находящиеся под ней, от вод, находящихся над ней». Таким образом, тогда ещё не имели представления о круговращении воды в природе: не знали, что вода испаряется, сгущается в форме облаков и, падая на землю в виде дождя и снега, снова возвращается в моря и реки.

Отметим ещё одну любопытную черту этих наивных представлений. Люди не подозревали тогда, какое боль-

шое значение для освещения Земли имеет атмосфера, рассеивающая свет Солнца и производящая явления утренней зари и вечерних сумерек. Видя, что день начинается ещё задолго до восхода Солнца, что после его захода темнота наступает далеко не сразу, что в самую пасмурную погоду, когда Солнца не видно вовсе, день и ночь всё же правильно сменяют друг друга, люди тех далёких времён не считали появление Солнца причиной наступления дня. Для них Солнце как бы украшало своим появлением уже наступивший день. Сообразно с этим в древнегреческих мифах утренняя заря зажигается особой богиней (Авророй) ещё до того, как бог солнца (Феб) на своей огненной колеснице выезжает на небо. Подобно этому в древнееврейском мифе о сотворении мира, унаследованном христианской церковью, в первый день бог творит свет и отделяет его от тьмы; только на четвёртый день он создаёт Солнце.

В этот период своего развития, наиболее древний из тех, о которых сохранились сведения, люди, имея ещё столь несовершенные, детски наивные представления об устройстве мира, по-детски решали и вопрос о его происхождении. Ветер, гроза, волнение моря, произрастание растений — одним словом, все явления природы приписывались тогда непосредственному вмешательству богов или духов, подобных людям и животным, но более могущественных. Считалось, что мир сотворён одним или несколькими богами.

Любопытно, что на первоначальных ступенях культуры мы встречаем представление о сотворении мира из некоторого уже существовавшего материала — из воды, первобытного хаоса и т. п. Только значительно позже возникла мысль о сотворении мира «из ничего», иначе говоря, о сотворении материи. Эта мысль лишена всякого здравого смысла. Однако, тут сказалось стремление уже оформившихся религий развить до конца идею всемогущества божества, приписать ему чудодейственную силу, способность творить всё «из ничего».

2. ЗАРОЖДЕНИЕ НАУКИ

Удовлетворение насущных практических потребностей, заставляющее внимательно наблюдать и изучать природу, всегда было сильнейшей побудительной причиной для развития науки. Не праздное любопытство и не

простая любознательность заставили первобытные народы тщательно следить за движением Солнца и Луны, а насущная необходимость иметь календарь.

Когда люди были вынуждены от охоты и скотоводства, являвшихся вначале единственными средствами существования, перейти к земледелию, то они уже не могли обходиться без достаточно правильного календаря, позволяющего своевременно выполнять полевые работы. Вот почему за несколько тысяч лет до нашей эры в земледельческих государствах, возникших на плодородных долинах Месопотамии, Египта, Индии и Китая, одной из важнейших обязанностей жрецов делается систематическое наблюдение небесных светил. После многих веков тщательных наблюдений Солнца им удалось изучить его перемещение относительно звёзд и определить продолжительность года, что легло в основу календаря. Наблюдение Луны, определение законов её перемещения между звёздами было необходимо, чтобы установить связь между новым солнечным календарём и тем счётом времени по лунным фазам, к которому люди привыкли, когда жили охотой и скотоводством.

Необходимость уметь точно предсказывать наступление времён года была первой причиной, заставившей людей старательно следить за движением Луны и Солнца. Подмеченное при этом правильное чередование, или, как мы теперь говорим, периодичность небесных явлений, впервые дало людям представление о законах природы. Они стали понимать, что явления окружающего мира происходят не по капризу богов, а по твёрдым и неизменным законам.

Развитие торговли и мореплавания дало новый могучий толчок к изучению природы, так как далёкие путешествия, особенно в открытом море, можно было совершать, лишь тщательно изучив звёздное небо и умея ориентироваться по созвездиям. Финикийские и греческие купцы, достигавшие с одной стороны берегов современной Франции и Англии, а с другой — проникавшие в южные области Египта и в Индийский океан, быстро убедились в том, что Земля не может быть плоской. Ведь при путешествии на север созвездия, расположенные в южной части неба, перестают быть видимыми, а при перемещении в южном направлении, появляются новые созвездия. Путешествия на юг показали, что существуют места, в которых полуденная тень от вертикального пред-

мета летом или исчезает вовсе, или даже падает к югу, а не к северу, как у нас. Всё это было несовместимо с представлением о плоской Земле и подготавливало мысль о её шарообразности.

Однако, пока изучение движения небесных светил производилось только жрецами, заботившимися о точности календаря, и купцами-мореплавателями, заинтересованными лишь в умении находить путь по звёздам и Солнцу, наука в нашем смысле этого слова ещё не могла возникнуть. И жрецы, и мореплаватели представляли замкнутые группы, несколько не заинтересованные в распространении своих открытий. Напротив, накопленный опыт являлся обычно тайной, сохраняемой в храмах или торговых конторах и недоступной для непосвящённых. А самое главное, и те и другие были лишь узкими практиками, не занимавшимися обобщением и объяснением открытых явлений.

Заслуга создания науки принадлежит древним грекам. Хотя вавилоняне, египтяне, индусы раньше греков начали систематически наблюдать явления природы и размышлять над ними, но до настоящей науки о природе, до естествознания они не дошли. Они никогда не могли освободиться от своих религиозно-мистических воззрений, подняться до мысли о естественной закономерности явлений природы и заняться выяснением их причинной связи. Напротив, греки, в жизни которых религиозные представления не имели такого господствующего влияния, как у восточных народов, очень скоро стали искать познаваемую связь явлений, а не «волю богов».

В греческих государствах и колониях, рассеянных по берегам Средиземного моря, уже примерно за 6—7 веков до начала нашей эры, ведущая роль в развитии знаний переходит от жрецов к философам. Философами (что по-гречески означает «любители мудрости») называли тогда людей, занимающихся наукой и преподаванием. Это время, когда научные занятия окончательно отделились как от религии, так и от ремёсел, и можно считать временем зарождения науки.

Однако, возникшая наука далеко не сразу нащупала верный путь в изучении природы. Вместо того, чтобы кропотливо изучать отдельные явления и постепенно доходить до открытия общих законов природы, первые учёные пытались одним широким взмахом объять всё мироздание. Не довольствуясь продвижением вперёд

осторожными шагами — маленькими, но верными, — они старались угадать общие принципы для объяснения природы в целом. Фалес Милетский учил, что «начало всех вещей — вода, из воды всё происходит и всё возвращается к воде». Анаксимандр считал началом всех вещей некоторое первичное вещество, качественно неопределённое, количественно бесконечное, вечное и неисчерпаемое. Из этого неопределённого вещества выделяются тёплое и холодное начала, соединение их даёт влагу, из которой путём высыхания образуется земля, далее — воздух и огненная стихия, а из этой последней — небесные светила. Анаксимен за первоначальное вещество принимал воздух, полагая, что от сгущения воздух превращается в воду, а вода в землю; разрежение воздуха даёт огонь.

Наряду с подобными наивными попытками осмыслить окружающую природу (имевшими огромный успех у современников), понемногу развивалось и точное знание. Наибольших успехов греческие учёные достигли в геометрии, которая в их руках скоро стала — по своей законченности, стройности, а главное убедительности — образцом для всех других наук. Развитие геометрии позволило получить много важных результатов и в астрономии. Таким образом, познание окружающего мира становится на прочный фундамент.

3. ОСВОБОЖДЕНИЕ ОТ ПРЕДРАССУДКОВ, ПРЕГРАЖДАВШИХ ПУТЬ НАУКЕ

От первых проблесков научной мысли, которые начинают встречаться около двух с половиной тысяч лет тому назад, до грандиозного развития современной науки было ещё очень далеко. Человечеству предстояло пройти длинный и трудный путь, раньше чем познание окружающего мира расширилось настолько, что стала возможна разумная постановка вопроса о происхождении Земли. Ведь для этого нужно было сначала выяснить, что же такое представляет собой наша Земля, какое место занимает она во Вселенной. А разрешение этих вопросов было возможно лишь при условии полного освобождения от ряда предрассудков, укоренившихся в сознании людей с незапамятной древности. Важнейшими из этих предрассудков были: представление о плоской Земле, глубокая вера в её неподвижность и, быть может, ещё более глубокая уверенность в том, что вся Вселенная существует ради Земли

и населяющих её людей, что Земля есть центр мироздания.

Первый важный шаг был здесь сделан греческими учёными, которым ещё за несколько веков до начала нашей эры удалось установить истинную форму Земли. Доказав шарообразность Земли, люди совсем по-новому стали смотреть на мир. Представление о Земле, как о шаре, свободно висящем в пространстве и ни на что не опирающемся, ставило перед ними множество новых, весьма важных вопросов. Вопрос о существовании антиподов (т. е. обитателей взаимно противоположных пунктов земного шара), для которых «верхом» является то, что для нас является «низом», и наоборот, — впервые дал ясно почувствовать относительность наших представлений о внешнем мире.

Следующий, не менее важный и несравненно более трудный шаг заключался в установлении движения Земли, той самой Земли, которая испокон веков была как бы символом неподвижности.

Что Земля вращается вокруг своей оси, производя этим кажущееся суточное движение светил, и одновременно обращается вокруг Солнца, завершая полный оборот в течение года, — об этом учили философы-пифагорейцы (последователи Пифагора) ещё за 400—500 лет до начала нашего летоисчисления. Но тогда это учение являлось лишь гениальной догадкой, не только не доказанной сколько-нибудь основательными рассуждениями, но и плохо согласовавшейся со всей наукой того времени. Поэтому неудивительно, что самые выдающиеся из греческих учёных — Аристотель, Архимед, Гиппарх, Птолемей — не разделяли этих взглядов, хотя хорошо их знали.

Если обратиться к знаменитому сочинению Птолемея «Альмагест» — этому величайшему памятнику астрономической литературы древних, подводящему итоги всем достижениям греческой науки в области астрономии, — то мы найдём там доводы о неподвижности Земли. Эти доводы, направленные против учения философов-пифагорейцев, казались очень убедительными не только современникам Птолемея, но и в течение ещё очень долгого времени.

Только после того, как многовековое развитие строительного дела, ремёсел и военного искусства привело к накоплению значительных сведений в области практической механики и тем самым подготовило открытие общих законов движения, только после этого мысль о вращении

Земли вокруг оси стала казаться более приемлемой, нежели представление о вращении всей Вселенной вокруг ничтожно маленькой Земли. Именно с точки зрения законов механики, еще не высказанных, но уже угадываемых в своих основных чертах, стало казаться неправдоподобным суточное вращение всего неба, при котором и Солнце, и Луна, и звёзды, двигаясь с невообразимо большими скоростями, должны строго согласованно описывать свои круги вокруг Земли.

Ещё больше усилий пришлось затратить человечеству для того, чтобы убедиться в годичном движении Земли. Убеждение в неподвижности Земли, тесно связанное с верой, что Земля является центром мироздания, столь глубоко коренится в нашем непосредственном восприятии природы, что понадобилась многовековая подготовка и ожесточённая борьба, чтобы освободиться от этого предрассудка. Напомним, как это произошло.

Как только насущные потребности заставили заняться тщательным изучением звёздного неба, то очень скоро было замечено, что среди огромного количества неподвижных (т. е. не меняющих своего взаимного расположения) звёзд, образующих всем нам хорошо знакомые созвездия, имеется пять ярких звёзд, которые перемещаются среди неподвижных звёзд. Вот эти-то пять звёзд — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, — получивших название планет (греческое слово «планета» означает «блуждающий», и задали своим движением загадку, разрешение которой оказалось столь важным для всего нашего мировоззрения.

В то время, как Солнце и Луна движутся всё время в одном направлении с почти постоянной скоростью, движения планет несравненно сложнее. Каждая планета, двигаясь относительно звёзд обычно в том же направлении, как Солнце и Луна (т. е. от запада к востоку), время от времени приостанавливается и начинает движение в обратную сторону. Это попятное движение после новой остановки снова заменяется прямым движением и т. д.

Создать теорию движения Солнца и Луны, позволяющую удовлетворительно предвычислять их положение на небе, удалось ещё греческим астрономам более двух тысяч лет тому назад. Но ключ к разгадке планетных движений был найден всего лишь 400 лет тому назад, когда Коперник показал, что вся запутанность движения планет, все те петли, которые планеты описывают на небе, проис-

ходят от того, что мы наблюдаем их с движущейся Земли, что сама Земля есть ничто иное как одна из планет, которая подобно Меркурию, Венере, Марсу, Юпитеру и Сатурну, обращается вокруг Солнца.

Признание этого факта означало огромный сдвиг, глубочайшую революцию во всём миропонимании. Это означало окончательное ниспровержение взгляда, противопоставлявшего «небо» и «землю». Согласно этому взгляду, лежавшему в основе всей древней философии, воспринятому христианской церковью и бывшему краеугольным камнем всего мировоззрения до XVI века, Вселенная разделялась на две совершенно различные по своим качествам части: на мир подлунный — нашу Землю, где всё подчинено закону рождения, изменения и смерти, где всякое движение останавливается, всякий огонь потухает, где всё несовершенно, и на мир небесный, где всё вечно, неизменно и совершенно, где никогда не потухающие небесные светила своим неизменным движением осуществляют небесную гармонию.

Но новый взгляд на Вселенную, признание того, что «подлунный мир» и «небо» подчиняются одним и тем же законам природы, что между ними нет никакой принципиальной разницы — этот взгляд установился далеко не сразу и лишь в результате ожесточённой борьбы. Ещё Коперник считал, что небесные светила могут двигаться только по окружностям (как наиболее совершенным кривым, как бы выражающим идею вечности) и только с постоянной скоростью, так как всякое другое движение было бы, по его мнению, «недостойно небесных светил». Для Коперника, как и для Птолемея, мир ещё ограничен сферой неподвижных звёзд, хотя он, в отличие от Птолемея и считал, что неподвижные звёзды чрезвычайно удалены от нас. Излагая своё учение, Коперник отделяет то, что доступно познанию, от того, «чего мы знать не можем».

Не только для Коперника, но и для его великого продолжателя Кеплера, окончательно установившего законы движения планет, вопрос о происхождении Земли ещё стоял вне науки. Для них обоих мир неизменен — он таков, каким был сотворён. Идея развития Вселенной ещё отсутствовала. Чтобы могла возникнуть космогония, т. е. наука о развитии мира, о происхождении планет, звёзд, звёздных систем, нужен был глубокий сдвиг во всём миропонимании. Этот сдвиг, знаменовавший переход от средневекового феодализма с его церковно-схоластическим ми-

ровоззрением к новому времени, ярко выразился в философии Декарта.

В основе этой философии, оформившей в середине XVII века новый взгляд на мир, лежала могучая уверенность в том, что разум сам по себе, независимо от каких бы то ни было авторитетов, в том числе и авторитета церкви и религии, может постигнуть истину. Она вся была проникнута стремлением к причинному объяснению явлений. В своих «Началах философии», опубликованных в 1644 г., Декарт пытался построить грандиозную теорию, которая должна была объяснить развитие мира, начиная с первичного однородного состояния материи вплоть до нынешней сложной структуры солнечной системы и всей земной жизни. По его замыслу эта теория должна была охватить историю всей Вселенной, включая историю Земли, историю растений и животных, историю человека. Основой развития Вселенной Декарт провозгласил вихреобразное движение частиц вещества.

Рассматривая первоначальный мир, как хаос находящегося в движении вещества, Декарт исходил из убеждения, что природа сама может распутать сложность этого хаоса и привести части вещества в весьма стройный порядок. В результате движения и трения друг о друга частиц вещества, постоянно нарушается его однородность и постоянно образуются вихри. Под воздействием этих вихревых движений бесформенность скопления первоначального вещества сглаживается, причём мельчайшие частицы вещества осаждаются в центрах вихрей, образуя Солнце и звёзды.

Созданная Декартом теория вихрей пыталась (подобно учениям некоторых древнегреческих философов) одним общим всеобъемлющим принципом объяснить и образование миров во Вселенной, и те процессы, которые происходят в ней в настоящее время. При помощи вихрей Декарт пытался объяснить движение планет вокруг Солнца, вращение планет, движение спутников вокруг планет, и, наконец, весь процесс образования солнечной системы.

Появление теории вихрей, дающей такую стройную и исчерпывающую картину мира в его историческом развитии, произвело на современников огромное впечатление. Она впервые полностью уничтожала церковное мировоззрение, безраздельно господствовавшее в течение многих веков. В этом было её положительное значение и причина того энтузиазма, с которым относились к теории

вихрей многие выдающиеся учёные не только XVII, но и начала XVIII века (Гюйгенс, Лейбниц, Бернулли).

Но непосредственного значения для развития науки теория вихрей не имела, так как была ошибочна в самых своих основах. Вместо того, чтобы выводить силы, действующие между телами, из наблюдений, Декарт исходил из произвольного предположения о существовании вихрей. Вместо того, чтобы дать настоящую научную теорию, позволяющую делать точные расчёты, которые можно сравнивать с наблюдениями, Декарт ограничился лишь общими рассуждениями, не приводящими к числовым результатам.

В 1686 году Ньютон опубликовал свои знаменитые «Математические начала натуральной философии», где все движения небесных тел сведены к одному общему принципу — закону всемирного тяготения. Согласно этому закону все тела во Вселенной, точно так же как все тела на Земле, притягиваются друг к другу с силой, которая тем больше, чем больше их массы; сила эта быстро убывает с увеличением расстояния между телами. Ньютон нанёс теории вихрей смертельный удар. Но борьба между сторонниками закона всемирного тяготения и приверженцами философии Декарта (так называемыми картезианцами) продолжалась ещё несколько десятилетий.

Ньютон и его последователи неопровержимо доказывали, что закон всемирного тяготения не только полностью, во всех деталях, объясняет движения небесных тел, но объясняет и такие явления, остававшиеся в течение тысячелетий неразрешимой загадкой, как морские приливы и предварение равноденствий. Предварение равноденствий было открыто ещё Гиппархом, который нашёл, что длина года, определённая как промежуток времени между двумя весенними равноденствиями (так называемый тропический год), на 20 минут 40 секунд короче, чем длина года, найденная как промежуток времени, по истечении которого Солнце занимает прежнее положение относительно звёзд (звёздный или сидерический год). Коперник показал, что это явление вызывается медленным перемещением земной оси, описывающей в 26 000 лет конус. Ньютон доказал, что такое движение земной оси является неизбежным следствием закона всемирного тяготения. Более того, закон всемирного тяготения сразу же привёл к открытию новых явлений — например, сжатия Земли у полюсов.

Однако, сущность всемирного тяготения — этой удивительной силы, заставляющей частицы вещества, сколь угодно далёкие, стремиться друг к другу, — оставалась совершенно непонятной. Поэтому картезианцы считали, что закон всемирного тяготения не разрешает загадку движений небесных тел, а только заменяет её другой, между тем как теория вихрей давала, как им казалось, полное и окончательное объяснение устройства мира.

Но перед непреодолимой мощью математических доказательств картезианцам очень скоро пришлось уступить. Закон всемирного тяготения так просто и естественно раскрывал все свойства движений планет, так убедительно показывал, что сила, управляющая этими движениями, есть та самая сила тяжести, которая с детства известна каждому, этот закон так поразительно точно предсказывал новые явления, что сомневаться в том, что здесь мы действительно имеем закон природы, не было возможности.

Что же касается до сущности силы тяготения, то она стала нам известна лишь в 1915 году, когда Эйнштейн, создав общую теорию относительности, показал, что закон всемирного тяготения является одним из необходимых следствий этой теории. Таким образом, с момента, когда закон всемирного тяготения стал основой физики и астрономии, до выяснения природы силы тяготения (или, что то же — силы тяжести) прошло 230 лет, наполненных неустанными попытками разгадать тайну этой силы. Прекрасный пример того, что не всегда наука даёт немедленно ответ на интересующие нас вопросы! Но всё-таки рано или поздно она этот ответ даёт.

4. ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНОЙ КОСМОГОНИИ

Закон всемирного тяготения развеял теорию вихрей — эту последнюю попытку проникнуть в тайны развития мира сразу, одним могучим взлётом фантазии, вместо того чтобы постигать их медленным и упорным трудом, по крупицам вырывая у природы её секреты. Но этот же самый закон всемирного тяготения стал вместе с тем прочным основанием для построения научной космогонии, т. е. такой космогонии, в которой картина развития Вселенной выводится из твёрдо установленных законов природы при помощи строгих математических рассуждений.

Первая такая попытка была сделана знаменитым философом Кантом в сочинении, вышедшем в 1755 г. под длинным названием: «Всеобщая естественная история и теория неба или попытка рассмотреть устройство и механическое происхождение всего мироздания на основании ньютоновских законов».

Кант исходил из предположения, что вся материя, образовавшая Солнце и планеты, вначале была равномерно распределена в теперешних границах солнечной системы и находилась в беспорядочном, хаотическом движении. Он старался далее показать, что взаимное притяжение частичек материи привело в конце концов к образованию большой центральной массы — теперешнего Солнца и к круговому движению всего оставшегося вещества вокруг Солнца; это вещество должно было затем, как думает Кант, под влиянием притяжения образовать планеты.

Кант был прав в том отношении, что равномерно распределённая в пространстве материя находится в неустойчивом состоянии и должна, под действием тяготения, распасться на отдельные части. Но он делал грубую ошибку, когда считал, что из беспорядочного движения частиц может возникнуть общее вращательное движение, ибо это противоречит одному из основных законов механики — закону сохранения количества вращения. Количество вращения какой-либо массы вычисляется как сумма количеств вращения всех её частиц. Количество вращения отдельной частицы, вращающейся по окружности, равно произведению трёх величин: массы частицы, её скорости и радиуса окружности. Количество вращения называется также моментом количества движения. Согласно закону сохранения количества вращения, имеющему первостепенное значение для космогонии, общее количество вращения, присущее любой массе вещества, может измениться лишь при соответствующем внешнем воздействии. Внутренние же силы (в данном случае — силы взаимного притяжения отдельных частичек) изменить общее количество вращения не могут. Так как при хаотическом движении частичек общее количество вращения равно нулю, то оно навсегда останется равным нулю, и ничего похожего на нашу солнечную систему, имеющую большое количество вращения (благодаря вращению Солнца и обращению вокруг него планет в том же направлении, в каком вращается Солнце), получиться не может.

Книга Канта, тогда ещё только начинавшего свою деятельность, не привлекла внимания, и развитая им гипотеза о происхождении солнечной системы долго оставалась незамеченной. Ничего о ней не зная, Лаплас, уже прославившийся своими блестящими открытиями в астрономии и математике, предложил в 1796 году аналогичную, но гораздо более совершенную гипотезу.

Лаплас не придавал, повидимому, своей гипотезе большого значения. Он ограничился тем, что изложил её в седьмом примечании к последней главе популярной книги «Изложение системы мира» и никогда больше не возвращался к рассмотрению этой гипотезы в своих столь многочисленных научных работах. Излагая её, он отметил, что делает это «с тем отсутствием уверенности, которое должно внушать всё, что не вытекает из наблюдения или вычисления».

Несмотря на такое отношение к ней самого автора, космогоническая гипотеза Лапласа сразу же привлекла внимание как специалистов, так и самых широких кругов. В течение всего XIX века в ней склонны были видеть почти окончательное решение вопроса о происхождении солнечной системы, нуждающееся только в исправлении некоторых деталей. Это было обусловлено не только авторитетом Лапласа, но и той блестящей формой, в которой он изложил свою гипотезу: ход его мысли был так ясен и логичен, что и без математических расчётов производил впечатление большой убедительности.

Лаплас ставил себе задачей не раскрытие тайны образования солнечной системы — это получается как побочный продукт рассуждения, — а выяснение причины тех закономерностей, которые мы в ней наблюдаем и которые заключаются в следующем:

1. Почти вся масса солнечной системы сосредоточена в Солнце; на долю всех планет приходится только одна семисотая часть общей массы.

2. Плоскости орбит всех планет, а также их спутников, почти совпадают между собой и с плоскостью солнечного экватора.

3. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении, а именно в том, в котором Солнце вращается вокруг своей оси.

4. Планеты вращаются вокруг своих осей в том же направлении; так же вращаются и спутники вокруг планет.

5. Орбиты планет и спутников очень мало отличаются от окружностей.

6. У одной из планет — Сатурна — существует помимо спутников плоское, очень тонкое, но широкое, кольцо, расположенное в плоскости экватора планеты.

Чтобы объяснить все эти закономерности в строении нашей планетной системы, — которые, очевидно, не могут быть делом случая, — Лаплас предполагал, что наша система представляла некогда обширную газовую туманность, простиравшуюся за пределы орбиты самой далёкой планеты и находившуюся в состоянии медленного вращения вокруг оси. По мере охлаждения и уплотнения туманности скорость её вращения должна всё увеличиваться и увеличиваться. Общее количество вращения дол-

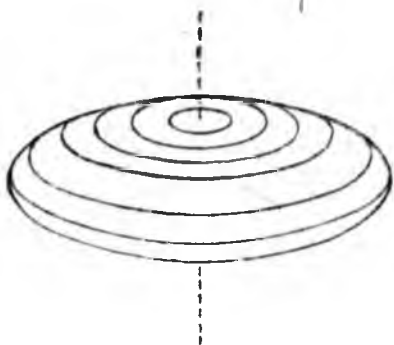


Рис. 1

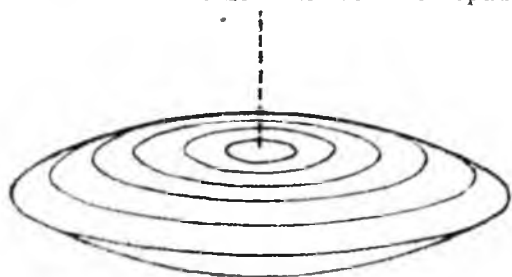


Рис. 2.

жно, как уже было указано выше, оставаться постоянным, а потому, по мере уменьшения расстояний частиц от оси вращения, их скорости должны соответственно увеличиваться. Это и приводит к увеличению угловой скорости вращения туманности. Но при увеличении скорости вращения туманность будет всё больше и больше сплющиваться (рис. 1) и примет, наконец, чечевицеобразную форму (рис. 2). При дальнейшем увеличении

скорости вращения центробежная сила на экваторе станет больше силы притяжения и от туманности оторвётся газообразное кольцо (рис. 3). Процесс будет продолжаться дальше, и мы получим в конце концов ряд колец, расположенных в плоскости экватора туманности. Затем эти кольца должны разорваться, и отдельные комки мате-

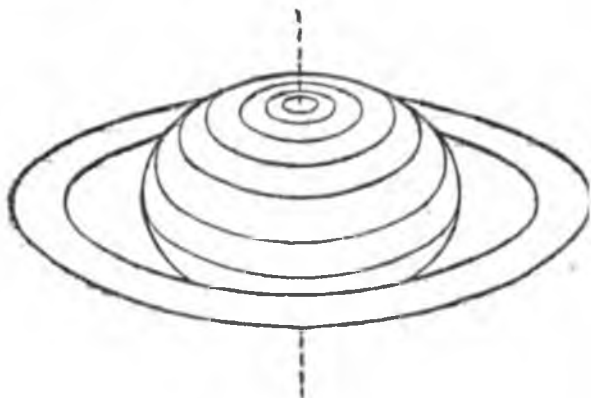


Рис. 3.

рии должны слиться в один ком, вращающийся вокруг своей оси и продолжающий двигаться вокруг Солнца по тому пути, вдоль которого раньше располагалось кольцо. Так, по мысли Лапласа, образовались планеты; подобный процесс привёл к образованию спутников планет.

Сам Лаплас не дал математического обоснования своей гипотезы. Он не доказал, что частицы вещества, находящиеся на экваторе, действительно смогут образовать, при своём отделении, кольцо, а не попросту рассеяться в пространстве. Им не был рассмотрен и механизм превращения кольца в планету, и многие другие возникающие здесь вопросы. Попытки восполнить все эти пробелы показали, что гипотеза Лапласа едва ли правильно воспроизводит картину образования планет, не только в деталях, но, быть может, и в основных чертах. И несмотря на это, идеи Лапласа не остались бесплодными. Напротив, появление его гипотезы можно рассматривать, как зарождение подлинно научной космогонии, так как путь был указан Лапласом правильно. Этот путь заключается в том, чтобы, исходя из твёрдо установленных наукой фактов, делать лишь такие предполо-

жения, справедливость которых может быть исследована при помощи точных расчётов.

Только идя этим, намеченным Лапласом путём, можно всё глубже и глубже проникать в тайны развития мира и расширять знания относительно далёкого прошлого и далёкого будущего.

5. ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ КОСМОГОНИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ

В течение долгого времени гипотеза Лапласа не только не вызывала сомнений, но даже часто излагалась (особенно в популярных книгах), как прочно установленное достижение науки. Но по мере того, как развивалась наблюдательная астрономия, по мере того, как совершенствовались телескопы, стали обнаруживаться такие особенности в движении планет и их спутников, которые плохо согласовывались с картиной развития солнечной системы, нарисованной Лапласом.

Уже в 1815 году, т. е. ещё при жизни Лапласа, был окончательно установлен факт (сначала казавшийся невероятным), что четыре спутника Урана обращаются вокруг него не в том направлении, в котором движутся все планеты солнечной системы, а в обратном. Более того, оказалось, что эти спутники движутся в плоскости, почти перпендикулярной к той, в которой движется сам Уран. Таким образом, спутники Урана совершенно не подчинялись тем закономерностям, из которых исходил Лаплас, создавая свою гипотезу.

Когда в 1847 году был открыт спутник Нептуна, то оказалось, что и он обращается в обратном направлении. В дальнейшем, применение в астрономии фотографических методов наблюдения позволило обнаружить, что и Юпитер, и Сатурн имеют очень маленьких спутников, движущихся в обратном направлении.

Таким образом, если Лапласу при создании своей космогонической гипотезы приходилось объяснять, почему все планеты и спутники движутся в одном направлении, то теперь уже приходится объяснять гораздо более сложную картину движений. Мы должны указать причины, производящие в одних случаях прямые движения, в других — обратные.

Открытые в 1877 году спутники Марса создали затруднения другого рода. Из гипотезы Лапласа следует, что

время обращения каждого спутника вокруг планеты должно быть таким же, как время обращения кольца, породившего этого спутника. Но ведь после того как от планеты отделилось кольцо, она продолжала сжиматься, и, следовательно, время её вращения продолжало уменьшаться (потому что угловая скорость вращения увеличивалась). Таким образом, время обращения спутника должно быть всегда больше, нежели время вращения планеты вокруг оси. Однако, для Фобоса — ближайшего из двух спутников Марса, который обращается вокруг планеты в 7 час. 39 мин., — это не имеет места, так как Марс делает полный оборот вокруг своей оси в 24 час. 37 мин. 23 сек.

Кольцо Сатурна, которое Лаплас считал лучшим подтверждением своей гипотезы, представляет аналогичное явление. Когда спектральный анализ позволил определить скорости движения частиц, составляющих кольцо (это было сделано А. А. Белопольским при помощи 30-дюймового рефрактора Пулковской обсерватории), то оказалось, что период обращения внутреннего края кольца равен всего восьми часам, тогда как Сатурн делает полный оборот вокруг оси в 10 час. 14 мин. 24 сек.

Все эти факты могли быть согласованы с гипотезой Лапласа лишь путём различных дополнительных, более или менее искусственных предположений. Например, для объяснения того, что Фобос в своём быстром движении обгоняет поверхность Марса, можно допустить, что когда-то Марс вращался много быстрее — период его вращения был меньше периода обращения Фобоса, — но потом, под действием приливов (производившихся на ещё незастывшем Марсе притяжением Солнца) вращение Марса замедлилось. Однако, тут возникают новые затруднения. Вычисления показывают, что время, нужное для того, чтобы приливы замедлили вращение Марса на требуемую величину, слишком велико.

Ещё труднее объяснить приливами замедление вращения Сатурна, потому что на Сатурне, который отстоит примерно в шесть раз дальше от Солнца, приливы в 250 раз меньше, чем на Марсе.

Не менее серьёзные возражения вызвала гипотеза Лапласа и с теоретической стороны, когда стали пытаться проверить её при помощи точных расчётов. Уже в середине прошлого столетия исследования Роша показали, что процесс отделения колец, даже рассматриваемый только

как чисто механический, гораздо сложнее, чем это думали первоначально. Ещё большие трудности возникают, если этот процесс рассматривать как физический, т. е. учитывать не только движение вещества, образующего туманность, но и его физическое состояние.

Допустим, что кольцо так или иначе отделилось. Может ли это кольцо собраться в одно целое и образовать планету? Джинс показал, что такое превращение кольца в планету возможно только при совершенно исключительных условиях, выполнения которых нельзя ожидать. Ещё раньше исследования Роша обнаружили, что кольца Сатурна, служившие всегда как бы наглядным доказательством гипотезы Лапласа, не могут образовать спутника. Напротив, их приходится рассматривать скорее как остатки спутника, слишком близко подошедшего к планете и разорванного на части её притяжением.

Несмотря на многочисленные поправки и дополнения, которые приходилось вносить в гипотезу Лапласа по мере открытия несогласовавшихся с ней фактов, в течение всего XIX века наука не отваживалась заменить эту гипотезу другой. Вопрос о такой замене встал только на рубеже XX века, когда была вполне осознана одна весьма важная особенность строения солнечной системы, которую так и не удалось согласовать с гипотезой Лапласа. Эта особенность заключается в том, что почти всё количество вращения, которым обладает солнечная система, связано с орбитальным движением четырёх наиболее массивных планет — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Легко подсчитать, что на долю этих планет приходится больше чем 98 процентов общего количества вращения. Таким образом, на долю Солнца, масса которого в 700 раз превышает массу всех планет, вместе взятых, приходится менее двух процентов общего количества вращения. Такое распределение количества вращения (получающееся вследствие очень больших размеров планетных орбит и очень медленного вращения Солнца) никак не согласуется с гипотезой Лапласа.

Естественно возник взгляд, что то огромное количество вращения, которым обладают планеты по сравнению с Солнцем, было внесено в солнечную систему извне. Этот взгляд лёг в основу новых космогонических гипотез, сменивших в XX веке гипотезу Лапласа. Все они исходят из предположения, что планеты образовались из той материи, которая была выброшена из Солнца или при

столкновении его с другой звездой, или при очень близком прохождении другой звезды.

Из таких гипотез, известных под общим наименованием катастрофических, наибольшее распространение получила гипотеза Джинса.

Джинс рассматривает случай тесного сближения Солнца с другой звездой. Благодаря притяжению этой звезды от поверхности Солнца оторвётся в виде струи огромная масса вещества, которая затем будет вращаться вокруг Солнца. Часть этого вещества рассеется и образует газовую туманность чечевицеобразной формы, окружающую Солнце. Но более плотные, более массивные части этой струи образуют сгустки, которые обратятся потом в планеты.

При движении вокруг Солнца сгустки будут собирать своим притяжением рассеянную материю. Вместе с тем, под влиянием испытываемого ими со стороны этой рассеянной материи сопротивления, их орбиты, первоначально сильно вытянутые, будут становиться всё более и более близкими к окружностям, т. е. такими, какие мы наблюдаем у планет.

Эта гипотеза, подробно развитая Джинсом и Джефрейсом, лучше объясняла многие основные черты строения нашей планетной системы, нежели гипотеза Лапласа. Но и она скоро встретилась с трудностями, которые не удалось преодолеть.

Прежде всего, чем точнее делали подсчёты (они были весьма сложны), тем более убеждались, что количество вращения, которым будут обладать образующиеся планеты, всё же значительно меньше того, какое мы имеем в действительности. Оказалось, что ни при каких предположениях относительно условий встречи Солнца со звездой не получаются такие большие орбиты планет, какие мы наблюдаем. Особенно большие затруднения встретились при рассмотрении физической стороны процесса образования планет. Оторванный от поверхности Солнца сгусток вещества будет иметь такую высокую температуру и будет так медленно охлаждаться, что рискует рассеяться в пространстве раньше, чем он успеет образовать планету.

Таким образом, ни небулярную (такое название происходит от латинского слова *небула* — туманность) гипотезу Лапласа, рассматривающую Солнце вместе со всей планетной системой, как результат закономерного развития

вращающейся туманности, ни катастрофические гипотезы, рассматривающие планеты как продукт столкновения (или почти столкновения) двух уже сформировавшихся звёзд, не удалось согласовать с наблюдаемыми фактами.

6. ЧТО ЖЕ МОЖНО СКАЗАТЬ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЗЕМЛИ?

И зложенная нами вкратце история попыток раскрыть тайну происхождения Земли показывает, насколько труден этот вопрос. Мы видели, что приступить сколько-нибудь успешно к его решению стало возможным лишь после того, как в течение тысячелетий была проделана огромная предварительная работа. Только в последнее время накопленные наукой знания позволили сделать первые серьёзные попытки выяснить хотя бы общий характер процесса, приведшего к образованию планет, а в их числе и нашей Земли.

Когда мощность наших телескопов возрастёт в несколько сот раз (а что это со временем осуществится — сомневаться не приходится), то наша задача сильно упростится. Тогда мы сможем видеть планетные системы, окружающие ближайшие звёзды. Изучение этих систем, сравнение их между собой, сравнение их с нашей солнечной системой даст, без сомнения, очень много для выяснения процесса образования и развития планетных систем.

Но в настоящее время техника не даёт ещё возможности видеть другие планетные системы. Самое большее, на что сейчас можем рассчитывать, — это доказать, что такие планетные системы действительно существуют, что наше Солнце не является исключением. Кое-что в этом направлении уже сделано. За последние годы удалось установить, что некоторые из числа ближайших к нам звёзд испытывают очень небольшие периодические смещения. Такие смещения можно объяснить только притяжением небольших невидимых спутников, обращающихся около этих звёзд. Нужно только заметить, что во всех хорошо изученных случаях эти невидимые спутники оказывались значительно больше наших планет. Их масса оказывалась не меньше чем в 2—3 процента массы звезды, тогда как масса Юпитера — самой большой из наших планет — не составляет и одной десятой процента массы Солнца. Таким образом, пока удалось установить

существование систем, ещё не совсем похожих на нашу, хотя, возможно, и не отличающихся от неё принципиально.

При этих условиях, т. е. при полной невозможности изучать в настоящее время другие планетные системы, приходится основываться только на том, что нам может дать внимательное исследование свойств нашей солнечной системы, и идти путём построения космогонических гипотез.

За полтора столетия, прошедших со времени появления небулярной гипотезы Лапласа, было предложено много космогонических гипотез. Как ни убедительно выглядели некоторые из этих гипотез при своём появлении, ни одна из них не выдержала продолжительной научной критики. Новые открытия наблюдательной астрономии, с одной стороны, детальный теоретический разбор — с другой, ещё и ещё раз показывали, что стоящая перед ними проблема очень сложна и что мы хотя и приближаемся к её решению, но своей цели ещё не достигли.

Конечно, работа, затрачиваемая на создание космогонических гипотез и на критический анализ этих гипотез, не пропадает даром. Даже отвергнутые наукой гипотезы всё же почти всегда правильно освещали какую-нибудь сторону вопроса, и потому от них остаются отдельные части, которыми наука может воспользоваться в своём дальнейшем развитии. С полной уверенностью можно сказать, что наука в вопросе о происхождении Земли находится на правильном пути, что часть этого пути, быть может, труднейшая, уже пройдена и что мы всё время продвигаемся вперёд.

В настоящее время наука пробует идти двумя разными путями. Возможно, что эти пути в будущем сольются, но пока каждый из них имеет своих сторонников.

Один путь ведёт свое начало от небулярной гипотезы Лапласа, или, вернее, от заложенной в ней мысли, что планеты являются продуктом внутренних процессов, сопутствующих нормальному развитию звезды. Другой путь, напротив, связывает происхождение планет с воздействием на развитие звезды внешних обстоятельств.

В основе первого пути лежит убеждение, что процесс образования планет нельзя рассматривать изолированно, — его надо изучать как часть неизмеримо более грандиозного процесса образования звезд и тех гигантских

звёздных систем, известных под названием галактик, изучение которых теперь только начинается. Только поняв процесс развития этих звёздных систем, поняв процесс возникновения и развития отдельных звёзд, образующих эти системы, мы можем, согласно этой точки зрения, узнать, как около звёзд могли возникнуть планетные системы, как могла возникнуть наша солнечная система с присущими ей характерными особенностями и как, наконец, среди других планет могла образоваться наша Земля, имеющая также свои индивидуальные особенности.

Не следует думать, что такое расширение задачи делает её обязательно более трудной. Часто бывает, что общий процесс понять легче, нежели отдельную часть этого процесса, рассматриваемую вне связи с целым.

Во всяком случае, для изучения процесса развития звезды у нас есть богатейший фактический материал, так как мы имеем возможность изучать огромное количество звёзд, находящихся на самых разнообразных ступенях своего развития. Это позволяет как бы видеть весь путь развития звезды. Ведь для того, чтобы изучить развитие дуба, необязательно посадить жолудь и ждать несколько столетий, пока выросший из жолудя дуб разовьётся, начнёт дряхлеть и, наконец, обратится в гниющий пенёк. Вместо этого можно отправиться в лес, где имеются дубы всех возрастов — от чуть пробивающихся ростков до завершающих свой жизненный цикл деревьев. Вот этим-то путём и идёт наука, изучая развитие звёзд.

Мы знаем, что все звёзды состоят из одних и тех же химических элементов — тех самых, из которых состоит и наша Земля. Но физическое состояние вещества на различных звёздах совершенно различно. Есть очень горячие звёзды, у которых температура наружных слоёв превышает $30\,000^{\circ}$. Есть и сравнительно холодные звёзды, излучающие тепло, как тело, нагретое примерно до $2\,000^{\circ}$. Наше Солнце имеет промежуточную температуру: его внешние слои нагреты примерно до $6\,000^{\circ}$. По направлению к центру Солнца температура быстро возрастает. Теоретические расчёты показывают, что в центре она должна достигать 20 миллионов градусов. Подобное возрастание температуры к центру имеет место во всех звёздах.

Ещё большие различаются звёзды по своим плотностям. Есть звёзды, средняя плотность которых в 40 000 раз больше плотности воды. Но существуют также звёзды имеющие среднюю плотность в 100 000 раз меньше плот-

ности воды (приблизительно в сто раз меньше плотности окружающего нас воздуха). Солнце и здесь находится между этими крайностями: его средняя плотность в полтора раза превышает плотность воды.

Чрезвычайное разнообразие физических условий, в которых находится вещество различных звёзд, объясняется, конечно, различием возраста этих звёзд. Но какую же звезду следует считать более молодой и какую более старой? Уверенно ответить на этот вопрос стало возможно только в самые последние годы, когда мы начали понимать те процессы, которые происходят на звёздах и поддерживают их излучение. А это, в свою очередь, стало возможным только после того, как физика открыла нам тайны явлений, происходящих внутри атомов.

Весь процесс развития звезды оказался теснейшим образом связанным с так называемыми ядерными реакциями, т. е. с превращениями атомов одних химических элементов в атомы других. Оказалось, что основным источником того невообразимо огромного количества энергии, которое излучается звёздами (в том числе и нашим Солнцем), является образование атомов гелия из атомов водорода.

Теория ядерных реакций, происходящих в веществе звезды, даёт нам общую картину развития звезды. Академиком В. Г. Фесенковым недавно было указано, что в эту общую картину весьма естественно укладывается и образование у звезды планетной системы. Таким образом, в космогонии открываются совершенно новые возможности объяснить происхождение Земли и планет, если рассматривать их, как продукты нормального развития Солнца, а не как результат катастрофических явлений, вроде столкновения с другой звездой.

Согласно развитой В. Г. Фесенковым теории, жизнь звезды складывается из сравнительно длительных периодов, в течение которых излучение звезды поддерживается ядерной реакцией определённого типа, и промежуточных сравнительно быстрых переходов к ядерной реакции другого типа. В течение такого промежуточного состояния звезда, вследствие быстрого охлаждения, значительно уменьшит свои размеры, а это значит, что её скорость вращения соответственно возрастет. Но при большом увеличении скорости вращения состояние звезды становится неустойчивым, т. е. таким, которое долго сохраняться не может. Что же будет со звездой?

Сначала, по мере увеличения скорости вращения, звезда будет всё более и более сплющиваться и примет форму, изображённую на рис. 1 (стр. 17). Развивая математически гипотезу Лапласа, Рош показал, что при дальнейшем возрастании скорости вращения вдоль экватора звезды образуется острое ребро (рис. 2, стр. 17), из которого начнёт выбрасываться вещество звезды. Для частиц, находящихся

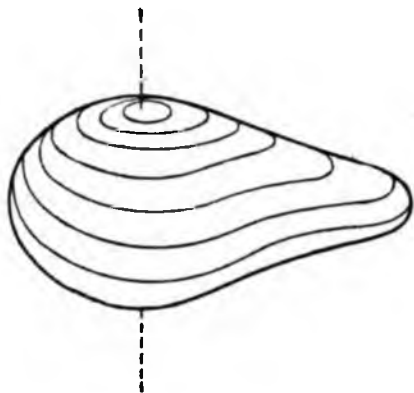


Рис. 4.

на этом ребре, центробежная сила равна силе притяжения.

Таким образом, эти частицы становятся «невесомыми» и потому теряют связь со звездой. Это выброшенное вещество и составит, по мнению Роша, то кольцо (рис. 3, стр. 18), которое обратится потом в планету. Так предполагает гипотеза Лапласа. На самом деле, как уже было сказано, выделяющиеся частицы будут постепенно рассеиваться в пространстве и не смогут образовать кольцо.

Но мы теперь знаем, что дело будет происходить таким образом только в том случае, когда звезда имеет очень сильное уплотнение в центре. Если же центральное сгущение не очень велико, то при соответствующем увеличении скорости вращения звезда, вместо формы, изображённой на рисунке 3, примет грушевидную форму, показанную на рисунке 4.

Исследования А. М. Ляпунова доказали, что грушевидная форма вращающейся массы неустойчива. Звезда может иметь такую форму лишь самое короткое время

и вслед за этим от неё отделится часть массы (рис. 5). После этого звезда (как бы сбросив с себя тот избыток количества вращения, который создавал неустойчивость) станет вращаться медленнее. Теперь она будет уже в устойчивом состоянии — по крайней мере до тех пор, пока дальнейшее сжатие (вызванное дальнейшим

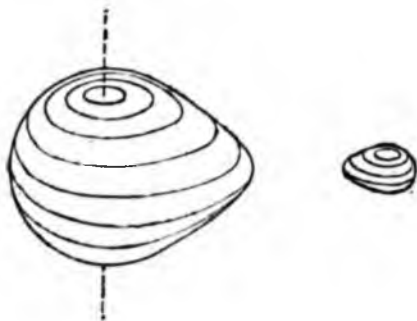


Рис. 5.

охлаждением) не увеличит снова скорость её вращения до критического предела.

Таким образом, в промежутки времени, разделяющие те периоды, когда температура звезды поддерживается ядерной реакцией на постоянном уровне, от звезды будут отделяться массы, из которых в дальнейшем образуются планеты. Так как отделение масс происходит в то время, когда звезда вращается особенно быстро, то к планетам переходит значительная часть общего количества вращения. Это находится в полном согласии с указанной выше характерной особенностью нашей планетной системы.

Разработка этой гипотезы только начинается и, конечно, придётся преодолеть ещё очень много трудностей. Нужно, например, показать, что орбиты образовавшихся планет, сначала очень маленькие, могут увеличиться до тех размеров, какие мы наблюдаем в природе. Действие приливов, согласно теории, развитой Джорджем Дарвиным для движения Луны, будет увеличивать орбиты отделившихся масс. Но надо ещё показать, что это увеличение будет именно такое, какое нужно для согласования теории с наблюдаемыми фактами.

В самое последнее время академик О. Ю. Шмидт выдвинул новую космогоническую гипотезу. По своей основной идее она примыкает к катастрофическим гипотезам,

так как рассматривает образование планет не как результат внутренних процессов, сопутствующих нормальному развитию звезды, а как результат воздействия на развитие звезды некоторых внешних обстоятельств.

В основе гипотезы О. Ю. Шмидта лежит использование двух недавно открытых фактов: вращения Галактики и наличия в межзвёздном пространстве огромных скоплений тёмной пылеобразной материи.

Изучение Галактики, т. е. того огромного собрания звёзд, в состав которого входит наше Солнце, дало за последние годы много новых и неожиданных результатов. Оказалось, что сотни тысяч миллионов звёзд, образующих Галактику, обращаются вокруг её центра подобно тому, как планеты обращаются вокруг Солнца. Наше Солнце участвует в этом вращении, совершая оборот вокруг центра Галактики примерно в 200 миллионов лет. Этот центр Галактики, находящийся в направлении созвездия Стрельца, скрыт от нас огромными скоплениями тёмной материи.

Предположим теперь, что Солнце, проходя через центральные области Галактики, пересекло облако тёмной материи и своим притяжением захватило часть этой материи. Захваченные частицы будут вращаться вокруг Солнца приблизительно в одной плоскости. Более крупные частицы будут постепенно присоединять к себе более мелкие, пока этот процесс не завершится образованием планет. Сделанные О. Ю. Шмидтом подсчёты показывают, что рассматриваемая гипотеза хорошо объясняет многие свойства нашей планетной системы.

Итак, в настоящее время наука продолжает внимательно изучать несколько различных путей образования планет потому, что если некоторые особенности строения нашей планетной системы лучше объясняются одной гипотезой, то другие особенности естественнее вытекают из другой гипотезы. Всё это указывает только на чрезвычайную сложность стоящей перед нами задачи и на то, как ещё много труда нужно будет затратить, чтобы окончательно решить вопрос о происхождении Земли. Решение этого вопроса зависит, в первую очередь, от расширения наших знаний об окружающей нас Вселенной. Мы только что видели, как недавние открытия в области атомной физики и звёздной астрономии позволили совсем по-новому рассматривать этот вопрос. Но отсюда не следует, что мы должны отложить вопрос о происхождении Земли, ожидая

дальнейших открытий вместо того, чтобы пытаться решать его при помощи тех средств, которые имеются сейчас в нашем распоряжении. Если бы люди были так терпеливы, то наука никогда бы не возникла.

7. ВОЗРАСТ ЗЕМЛИ

Говоря о происхождении Земли, мы должны, конечно, остановиться и на вопросе о её возрасте. Определение возраста Земли является одной из сложнейших задач, стоящих перед наукой. Только в последние годы открылась возможность сколько-нибудь точно оценить те огромные промежутки времени, с которыми приходится иметь дело при решении этой задачи. Это стало возможным лишь после того, как физики, изучая явления радиоактивности, проникли в тайны строения атомов тех химических элементов, которые образуют нашу Землю. Оказалось, что атомы некоторых элементов являются своего рода часами, очень медленно, но равномерно идущими. Вот эти-то часы и позволили нам впервые составить себе представление о возрасте, по крайней мере, верхних слоёв земной поверхности.

Нашему непосредственному изучению доступна лишь незначительная часть Земли. При помощи шахт и буровых скважин человек проник в глубь Земли не больше, чем на два-три километра, что составляет всего три-пять сотых процента земного радиуса. Геология позволяет судить о более глубоких слоях Земли благодаря тому, что горообразовательные процессы, сминая, разрывая и надвигая друг на друга мощные толщи горных пород, выводят их на поверхность Земли, а размывание дождями и реками глубоко вскрывает строение этих пластов. Это делает для нас доступным изучение пород на глубине до 20 километров, что составляет около 0,3% земного радиуса. О том, каково строение Земли на протяжении остальных 99,7% её радиуса, мы можем судить лишь на основании косвенных данных, доставляемых нам изучением силы тяжести в различных точках земной поверхности, изучением землетрясений и исследованием некоторых других явлений. Все эти данные привели к заключению, что внутренность Земли состоит из трёх главных частей.

1) внешней оболочки, толщиной примерно в 1 200 км, состоящей из каменных пород;

2) промежуточной оболочки толщиной около 1 700 км;

3) очень плотного ядра, с радиусом около 3 400 км, состоящего, по видимому, из железа и никеля.

Внешняя оболочка состоит прежде всего из осадочных пород (песок, глина, песчаники, сланцы, известняки и т. п.), покрывающих большую часть земной поверхности слоем, толщина которого доходит местами до 100 км. Этот слой называется земной корой. Под слоем осадочных пород находится слой из гранитов и базальтов, образовавшихся путём остывания некогда расплавленного вещества.

Под внешней каменной оболочкой находится промежуточная оболочка. Её называют ещё рудной, так как имеются основания предполагать, что она очень богата железом, хромом, никелем и магнием.

Ещё очень недавно считали, что внутренность Земли имеет такую высокую температуру, что вещество может там находиться только в газообразном состоянии. Такое мнение основывалось на том, что температура в доступных для нашего изучения слоях Земли повышается с глубиной (примерно на 3° на каждые 100 метров). Допуская, что это повышение температуры продолжается почти до самого центра Земли, находили в центре температуру около $200\,000^{\circ}$. Однако, изучение землетрясений показало, что внутренние части Земли реагируют на сотрясения, как твёрдое тело, упругость которого превосходит упругость стали в $2\frac{1}{2}$ раза. В настоящее время считают, что наблюдаемое нами повышение температуры с глубиной ограничивается лишь тонким поверхностным слоем и объясняется не тем, что внутренность Земли очень горяча, а тем, что в поверхностном слое находятся радиоактивные элементы (радий, уран, торий и др.), непрерывно выделяющие тепло. Что же касается температуры центрального ядра, то её оценивают теперь всего в $2\,000$ — $4\,000^{\circ}$. Несмотря на высокую температуру, вещество ядра может обладать свойствами твёрдого тела, так как оно находится под очень большим давлением, доходящим до трёх миллионов атмосфер.

Непосредственное определение возраста, не связанное с той или иной космогонической гипотезой, мы можем производить лишь в отношении самых поверхностных слоёв Земли, так как только эти слои доступны для лабораторного исследования.

Первая попытка такого рода была сделана в 1715 году английским астрономом Галлеем, современником Ньютона. Подземные источники, питающие реки, растворяют находя-

щуюся в земле соль. Эта соль, унесённая реками в океан, там и остаётся, после того как унёсшая её вода испарится и в виде дождя вернётся в источники и реки. Благодаря такому круговороту воды содержание соли в океане с течением времени должно увеличиться.

Галлей предложил определить возраст океана по количеству содержащейся в нём соли. Такие подсчёты, повторявшиеся потом многими учёными при помощи более точных данных, дают возраст океана от 90 до 350 миллионов лет. Однако, этот способ, основывающийся на весьма шатких подсчётах того количества соли, которое ежегодно уносится реками в океан, не может дать сколько-нибудь точных результатов.

Более надёжные результаты дал геологический метод, основанный на определении толщины осадков. Дожди непрерывно смывают почву в реки, а реки уносят её в море и там отлагают. Такая небольшая река, как Темза, ежегодно выносит в море более двух миллионов тонн песка и глины. Общую толщину осадочных пород, образовавшихся на поверхности Земли за время её существования, оценивают в 100 км. Очень трудно найти среднюю скорость образования отложений. По одним подсчётам получается, что для образования слоя отложений, толщиной в один метр, требуется около 3 000 лет, по другим — около 10 000 лет. Исходя из этих данных, возраст Земли, считая со времени начала образования осадочных пород, получается между 300 и 1 000 миллионов лет. Но главный недостаток этого метода, не позволяющий надеяться на точные результаты, заключается в том, что у нас нет никаких оснований считать скорость образования отложений неизменной. В давно прошедшие времена, когда только ещё начиналось образование осадочных пород, условия на Земле были совсем иные, а потому и скорость этого процесса могла быть совсем другой.

Лишь после открытия явлений радиоактивности стали возможны действительно надёжные определения возраста Земли. Сущность этих явлений заключается в том, что атомы некоторых химических элементов (получивших название радиоактивных) находятся в неустойчивом состоянии и распадаются, переходя в атомы других элементов. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не получатся устойчивые атомы, образующие элементы, уже не обладающие свойством радиоактивности. Так, например, уран, для которого впервые было открыто (в 1896 г.) это явле-

ние распада атомов. переходит сначала в радий (открыт супругами Кюри в 1898 г.) и в гелий — очень лёгкий газ, впервые открытый на Солнце, а затем и найденный на Земле. Гелий дальнейшим изменениям не подвергается. Радий же, в свою очередь, является радиоактивным элементом, и его атомы продолжают распадаться, пока, наконец, не получатся атомы свинца. Распад атомов радия происходит значительно быстрее, нежели атомов урана. Через 1 500 лет грамм радия превращается в полграмма радия и почти полграмма свинца. Таким образом, конечными продуктами превращения урана являются свинец и гелий. Свинец, образовавшийся из урана, обладает теми же химическими свойствами, что и обычный свинец, но имеет слегка другой атомный вес (206,0 вместо 207,1). Это и даёт возможность отличить его от свинца иного происхождения.

Процесс превращения урана в свинец и гелий происходит крайне медленно. Если мы возьмём килограмм урана, то через 66 миллионов лет один процент, т. е. всего 10 граммов, урана превратится в 8,65 грамма свинца и 1,35 грамма гелия. В течение следующих 66 миллионов лет один процент оставшегося урана, т. е. 9,9 грамма, превратится в 8,564 грамма свинца и 1,336 грамма гелия. В следующие 66 миллионов лет один процент оставшегося урана, т. е. 9,801 грамма, в свою очередь, превратится в 8,478 грамма свинца и 1,323 грамма гелия, и т. д.

Самым замечательным является то, что скорость этого процесса, т. е. скорость распада атомов радиоактивных веществ, не зависит от тех условий, в которых вещество находится. Соответствующие опыты показали, что как при температурах, близких к абсолютному нулю (-273° по Цельсию), так и при температурах в несколько тысяч градусов распад атомов происходит одинаково быстро. Точно так же на быстроту распада атомов не влияет и повышение давления до десятков тысяч атмосфер.

Таким образом, определив в какой-либо горной породе количество свинца, образовавшегося из урана, мы можем высчитать возраст этой породы, т. е. число лет, протекших с того момента, когда она застыла. Такой способ годится, конечно, только для определения возраста твёрдого вещества, так как в жидком и газообразном состоянии свинец, получающийся от распада урана, может покидать место своего образования.

Этот способ определения возраста дал для более молодых горных пород, образующих верхние слои Земли, результаты, прекрасно согласующиеся с теми оценками их относительного возраста, которые делали геологи, исходя совсем из других соображений. Применяя этот способ к самым древним породам, получили для их возраста числа от 1 500 до 3 500 миллионов лет. Мы можем, следовательно, утверждать, что твёрдая оболочка Земли образовалась около трёх миллиардов лет тому назад.

Изучение явлений радиоактивности ещё только начинается. Но мы уже знаем, какую важную роль эти явления играют в природе. Превращение одних химических элементов в другие, сопровождаемое огромным выделением энергии, является одним из основных мировых процессов. Этот процесс даёт то огромное количество света и тепла, которое испускается Солнцем и звёздами на протяжении многих миллиардов лет. Роль радиоактивных веществ в жизни нашей Земли только ещё начинает выясняться, но не подлежит сомнению, что она очень велика.

Во всяком случае, в явлениях радиоактивности, так широко распространённых в природе, что нет уголка Земли, где бы мы не могли открыть следов распадающихся атомов, уже найдены превосходные часы для измерения прошлого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На предыдущих страницах было рассказано, как в различные эпохи люди подходили к решению вопроса о происхождении Земли. Теперь нам остаётся ещё сделать несколько заключительных замечаний, необходимых для того, чтобы правильно оценить достигнутые результаты и вполне уяснить себе, чего мы можем ожидать от науки в будущем.

Прежде всего, надо отдать себе отчёт в том, какую небольшую часть своей жизни прожило человечество и как молода ещё наука. Это можно сделать при помощи следующего расчёта.

Примем возраст Земли, считая его от образования твёрдой коры, равным трём миллиардам, т. е. 3 000 миллионов лет. Геологические изыскания самыми разнообразными путями убеждают нас в том, что жизнь на Земле зародилась около 300 миллионов лет тому назад. Переходя от самых древних пластов земной коры, где впервые

встречаются остатки простейших животных и растений, к более новым, мы видим, как развивалась жизнь, как появились сначала ракушки, потом исполинские раки, рыбы, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие. Наконец, в слоях Земли, возраст которых оценивается примерно в 300 000 лет, впервые встречаются следы существования человека. Понадобилось таким образом всего 300 000 лет, или, иначе говоря — смена примерно 10 000 поколений для того, чтобы первобытный обезьяноподобный человек превратился в современного.

С точки зрения нашей привычной мерки такой промежуток времени представляется очень большим — ведь вся историческая жизнь человечества охватывает лишь несколько тысяч лет. Но в жизни Земли, как прошедшей, так и будущей, время существования людей, время, в течение которого люди занимались наукой, представляет лишь короткое мгновение. Чтобы лучше представить себе положение дела, прибегнем к следующему приёму.

Три миллиарда лет, принятые нами за возраст Земли, назовём «большим годом». Разделим этот «большой год» подобно обычному году на дни, часы, минуты и секунды. В таком случае продолжительность существования жизни составит, как легко рассчитать, $36\frac{1}{2}$ «дней», а время существования человека — всего 52 «минуты» 36 «секунд».

Первые начатки науки мы находим примерно три тысячи лет тому назад. Это значит, что наука существует всего только 31 «секунду»!

Телескоп был впервые направлен на небо 7 января 1610 года и только с этого дня могло начаться действительно успешное изучение окружающего нас мира. Но с тех пор прошло... всего только три «секунды»!

Вот как молода наша наука, если её сравнивать с жизнью Земли!

Посмотрим теперь в другую сторону, в сторону будущего.

Мы имеем все основания думать, что те условия, в которых находится сейчас земной шар и которые делают возможным существование на нём жизни, не изменятся сколько-нибудь значительно в течение нескольких миллиардов лет. За это время не изменится заметно ни количество света и тепла, излучаемого Солнцем, ни расстояние от Земли до Солнца.

Таким образом, человечество, занимавшееся по-настоящему наукой в течение всего лишь нескольких «секунд»,

имеет перед собой для дальнейшего развития науки целые «годы». Что такое все наши познания, все достижения современной науки по сравнению с тем, что люди узнают за столь огромный промежуток времени. Ведь один «год» включает $31\frac{1}{2}$ миллиона «секунд». А таких «годов» человечество имеет перед собой, надо думать, ещё очень много.

Прибавим ещё, что быстрота развития науки, так же как и быстрота развития неотделимой от неё техники, стремительно возрастает. Ведь успехи науки и техники, например, за XIX столетие несравненно превосходят все достижения каждого из предыдущих веков. А по мере того как социальный строй улучшается и всё больше и больше людей получают возможность заниматься наукой, её движение вперёд будет делаться всё более и более быстрым.

Итак, будем помнить, что наука ещё очень молода, что она делает только первые шаги в деле познания природы. Перед ней открывается необозримое, ослепительно блестящее будущее. Поэтому, если наука ещё не разрешила во всех подробностях такую сложную задачу, как вопрос о происхождении Земли, то этому не приходится удивляться. Напротив, мы должны гордиться тем, что уже сейчас наука настолько развилась, что смогла по-настоящему приступить к решению этой большой и сложной задачи.



СЛОВАРИК УПОМИНАЕМЫХ В ТЕКСТЕ ИМЁН

- АНАКСИМАНДР** (ок. 610—547 до нашего летоисчисления) — один из мыслителей древней Греции, уроженец г. Милета. Считал, что первоосновой всего существующего является так называемый апейрон — некое беспредельное, неопределённое, вечное, нерушимое и неисчерпаемое вещество.
- АНАКСИМЕН** (ок. 588—524 до нашего летоисчисления) — один из мыслителей древней Греции, уроженец г. Милета. В отличие от своего учителя Анаксимандра, считал, что первоосновой всего существующего является воздух, который путём разрежения превращается в огонь, а путём сгущения — в облака, воду, землю и камень.
- АРИСТОТЕЛЬ** (384—322 до нашего летоисчисления) — греческий учёный, «величайший мыслитель древности» (К. Маркс). Работал во всех областях современного ему знания, многие из которых он сам разработал и развил, построив из разрозненных, отрывочных сведений стройные научные системы.
- АРХИМЕД** (287—212 до нашего летоисчисления) — величайший математик и физик древности; родился в г. Сиракузы, при защите которого, во время нападения римлян на город, погиб. Ему принадлежит ряд открытий, в том числе основного закона гидростатики: погружённое в жидкость тело теряет в весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость (закон Архимеда).
- БЕЛОПОЛЬСКИЙ**, Аристарх Аполлонович (1854—1934) — выдающийся русский астроном, член Академии Наук СССР.
- БЕРНУЛЛИ**, Иоганн (1667—1748) и Яков (1654—1705) — братья, знаменитые математики, жившие и работавшие в Базеле (Швейцария). Много сделали для разработки идей важнейшей отрасли математики — анализа бесконечно-малых и его приложений к изучению явлений природы.
- ГАЛЛЕЙ**, Эдмунд (1656—1724) — английский астроном. Особенно прославился исследованиями движения комет.
- ГИППАРХ** — греческий астроном, живший во 2-м веке до нашего летоисчисления. Его работы, развитые и завершённые Птолемеем, оказали большое влияние на развитие астрономии.
- ГЮЙГЕНС**, Христиан (1629—1695) — голландский математик, физик и астроном. Известен работами по механике и оптике (создал волновую теорию света), а также многочисленными изобретениями (часы с маятником). Значительно усовершенствовал телескоп, что ему дало возможность сделать много открытий в астрономии (кольцо и спутник Сатурна, туманность Ориона и др.).
- ДАРВИН**, Джордж Гоуард (1845—1912) — английский астроном и геофизик, сын великого естествоиспытателя Чарльза Дарвина. Главнейшие его работы посвящены теории приливов.

- ДЕКАРТ, Рене (1596—1650)** — французский философ, математик и физик. По-латински назывался Картезиум, поэтому его сторонников называют картезианцами. Является одним из создателей аналитической геометрии. Созданной им теорией вихрей пытался объяснить происхождение небесных тел.
- ДЖЕФРЕЙС, Гарольд (род. 1881)** — английский геофизик, опубликовавший много интересных работ по вопросам космогонии.
- ДЖИНС, Джеймс Хопвуд (род. 1877)** — английский физик и астроном. Известен своими работами по космогонии и теории внутреннего строения звёзд. Предложенная им теория происхождения планет одно время считалась наилучшей.
- КАНТ, Иммануил (1724—1804)** — немецкий философ-идеалист. В ранний период своей деятельности занимался вопросами естествознания. Выдвинул смелую для того времени мысль о возможности объяснить образование и развитие солнечной системы законами механики.
- КЕПЛЕР, Иоганн (1571—1630)** — немецкий астроном. Открытые им законы движения планет явились основой современной теоретической астрономии.
- КОПЕРНИК, Николай (1473—1543)** — польский астроном. Обосновал теорию движения Земли вокруг Солнца и вращения её вокруг своей оси, объяснив, тем самым, смену времён года, видимые движения планет и видимое суточное вращение небесного свода. Эта теория, известная под названием гелиоцентрической системы мира (гелиос — солнце), рассматривающая Солнце, как центр, вокруг которого вращаются планеты, вызвала переворот в науке и мировоззрении людей. Она опровергла учение Птолемея (поддерживавшееся церковью) о том, что центром Вселенной является неподвижная Земля.
- КЮРИ (Склодовская), Мария (1867—1934)** — выдающийся физик, по происхождению полячка, жена крупнейшего французского физика Пьера Кюри (1859—1906), совместно с которым открыла радий (1898).
- ЛАПЛАС, Пьер Симон (1749—1827)** — знаменитый французский математик, астроном и физик, оказавший большое влияние на развитие небесной механики, математической физики и теории вероятностей. Большую роль в развитии взглядов на происхождение и строение солнечной системы сыграла его гипотеза о происхождении последней из первоначальной туманности.
- ЛЕЙБНИЦ, Готфрид Вильгельм (1646—1716)** — немецкий философ-идеалист и математик. Наряду с Ньютоном и независимо от него открыл дифференциальное и интегральное исчисления, являющиеся важнейшим математическим оружием исследования природы.
- ЛЯПУНОВ, Александр Михайлович (1857—1918)** — выдающийся русский математик, академик. Его основные работы относятся к важнейшим вопросам естествознания — устойчивости движения и теории фигур равновесия жидкости.
- НЬЮТОН, Исаак (1642—1727)** — великий английский физик и математик. Основатель механики, основные законы которой названы его именем. Открыл закон всемирного тяготения, т. е. взаимного притяжения всех тел природы, в том числе и небесных. Это открытие дало возможность объяснить движения небесных тел, явления приливов и отливов, на нём основана современная астрономия.

- ПИФАГОР** (ок. 571—497 до нашего летоисчисления) — древнегреческий философ-идеалист и математик, считавший, что в основе мира лежит число. Его сторонники назывались пифагорейцами.
- ПТОЛЕМЕИ, Клавий** (ок. 100—178) — греческий астроном. Автор сочинения «Альмагест» или «Великое построение», в котором содержится сводка астрономических знаний того времени и обоснование геоцентрической системы мира, согласно которой Земля (по греч. — *ге*) неподвижна и находится в центре мироздания.
- РОШ, Эдуард-Альберт** (1820—1883) — французский астроном, давший математическую обработку гипотезы Лапласа.
- ФАЛЕС (Милетский)** (конец 7 — начало 6 века до нашего летоисчисления) — один из мыслителей древней Греции, уроженец г. Милета. Родоначальник древнегреческой материалистической философии. Считал, что вода есть начало всего. Из неё возникла вся природа и в неё всё, в конце концов, переходит.
- ФЕСЕНКОВ, Василий Григорьевич** (род. 1889) — известный советский астроном, член Академии Наук СССР.
- ЦЕЛЬСИЙ, Андерс** (1701—1744) — шведский астроном. Широкую известность приобрело предложенное им деление шкалы термометра на 100 градусов.
- ШМИДТ, Отто Юльевич** (род. 1891) — советский математик, известный полярный исследователь, член Академии Наук СССР. Герой Советского Союза, депутат Верховного Совета СССР.
- ЭЙНШТЕЙН, Альберт** (род. 1879) — выдающийся современный физик. Работал в Германии, которую покинул и вышел из германского подданства в 1933 г. в знак протеста против фашистского террора. Создал теорию относительности, совершенно изменившую представление физики о пространстве, времени и тяготении.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Представление о мире на заре сознательной жизни человека	4
2. Зарождение науки	5
3. Освобождение от предрассудков, преграждавших путь науке .	8
4. Возникновение научной космогонии	14
5. Дальнейшее развитие космогонических гипотез	19
6. Что же можно сказать в настоящее время о происхождении Земли?	23
7. Возраст Земли	30
Заключение	34
Словарик упоминаемых в тексте имён	37

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ГОСТЕХИЗДАТА

1. Проф. И. Ф. ПОЛАК, Как устроена вселенная.
 2. Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ, Происхождение небесных тел.
 3. Проф. М. Ф. СУББОТИН, Происхождение и возраст Земли.
 4. Проф. А. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ, В мире звёзд.
 5. Чл.-корр. А. А. МИХАЙЛОВ, Солнечные и лунные затмения.
 6. Проф. В. Г. БОГОРОВ, Подводный мир.
 7. А. А. МАЛИНОВСКИЙ, Строение и жизнь человеческого тела.
 8. Проф. В. В. ЕФИМОВ, Сон и сновидения.
 9. Проф. И. С. СТЕКОЛЬНИКОВ, Молния и гром.
 10. Акад. В. А. ОБРУЧЕВ, Происхождение гор и материков.
- И другие.