

**ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ**

**КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
Б. Ю. ЛЕВИН**

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ и ПЛАНЕТ

**Стенограмма публичной лекции,
прочитанной в Центральной лектории
Общества в Москве**

●

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРАВДА“

МОСКВА

1948 г.

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Кандидат физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ

Стенограмма публичной лекции,
прочитанной в Центральном
лектории Общества в Москве

ЛИТЕРАТУРА К ЛЕКЦИИ

1. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ Б. А. Происхождение небесных тел, 32 стр. Гостехиздат. 1945.
2. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ Б. А. Вселенная, 488 стр. Гостехиздат. 1947.
3. ЛЕВИН Б. Ю. Космогоническая теория академика О. Ю. Шмидта. «Наука и жизнь» № 12, стр. 2—6. 1947.
4. СУББОТИН М. Ф. Происхождение и возраст Земли, 40 стр. Гостехиздат. 1945.
5. ЭЙГЕНСОН М. С. Ленинградская конференция по космогонии акад. О. Ю. Шмидта (10—15 марта 1947 г.). «Природа» № 10, стр. 90—93. 1947.
6. ФЕСЕНКОВ В. Г. Космогония солнечной системы, 112 стр. Академия наук СССР. 1944. Изд. 1-е; 153 стр. Издательство Казахского филиала Академии наук. Алма-Ата. 1945. Изд. 2-е.
7. ШМИДТ О. Ю. Новая теория происхождения Земли. «Природа» № 7, стр. 6—18. 1946.
8. ШМИДТ О. Ю. Новая теория происхождения Земли и планет. Известия Всесоюзного географического общества, вып. 3, стр. 265—274. 1947.

Редактор — доктор физико-математических наук **П. П. ПАРЕНАГО.**

А 04568

Тираж — 50 000 экз.

Заказ 708

Типография газеты «Правда» имени Сталина. Москва, улица «Правды», 24.

Два столетия отделяют нас от первых попыток объяснить возникновение солнечной системы. Середина XVIII века была важной эпохой в развитии естествознания, когда старые взгляды, согласно которым окружающая нас природа считалась неизменной от «сотворения мира», начали сменяться новыми, предполагавшими непрерывную эволюцию, непрерывное развитие.

В предшествовавшем периоде развития естествознания, когда главная задача заключалась в том, чтобы разобраться в огромном количестве материала о разнообразнейших явлениях природы, у естествоиспытателей выработалось своеобразное общее мировоззрение, «...центром которого является представление об абсолютной неизменности природы ...если не говорить о том, что изменено или перемещено рукой человека... В природе отрицали всякое изменение, всякое развитие»¹.

Осудив это в основе своей реакционное мировоззрение и противопоставив ему единственно прогрессивное мировоззрение диалектического материализма, Энгельс говорит о вечном круговороте, в котором движется материя, круговороте, «...в котором каждая конечная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов её движения и изменения»².

Астрономия принадлежит к числу тех отраслей естествознания, которые первые начали ломку того окаменелого мировоззрения, против которого выступает Энгельс. Идея развития вошла в астрономию в самом конце XVIII века. Ею мы обязаны Лапласу, который нарисовал картину образования Солнца и планет из огромной газовой туманности.

В ту эпоху астрономы могли изучать преимущественно тела, входящие в состав солнечной системы. Но в дальнейшем, по мере накопления знаний о более далёких от нас телах — звёздах, звёздных системах и туманностях, — перед наукой вставали вопросы и об их происхождении и развитии. Так возникла космогония — чрезвычайно важный отдел астрономии, занимающийся изучением происхождения и развития всевозможных небесных тел. Однако среди всех вопросов космогонии наибольшее историче-

¹ Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 8. Госполитиздат. 1948.

² Там же, стр. 20.

ское и идеологическое значение имеет вопрос о происхождении солнечной системы — той системы, в состав которой в качестве одной из планет входит и наша Земля. Изучая происхождение солнечной системы, мы тем самым изучаем происхождение нашей Земли.

Изучение современного строения небесных тел, их химического состава, физических условий на них является очень трудной задачей. Эти тела находятся от нас на расстоянии миллионов, миллиардов и даже миллиардов миллиардов километров, и потому единственным способом их изучения является тщательный анализ всех свойств тех слабых световых лучей, которые доходят до нас от этих тел. Астрономы рассматривают и фотографируют небесные тела с помощью огромных телескопов, измеряют количество приходящего от них света, подвергают этот свет тончайшему спектральному анализу. При истолковании данных, полученных путём наблюдений, астрономы опираются на физические законы — законы, описывающие различные взаимодействия и превращения материи и энергии.

Однако лишь в редких случаях удаётся сразу же надёжно установить строение изучаемого небесного тела или правильно описать сущность того или иного небесного явления, т. е. построить научную теорию. Обычно удаётся сделать лишь некоторое предположение, гипотезу о строении изучаемого объекта. Бывает и так, что разные астрономы одновременно высказывают различные гипотезы и только по мере накопления дальнейших знаний оказывается возможным сделать выбор между ними.

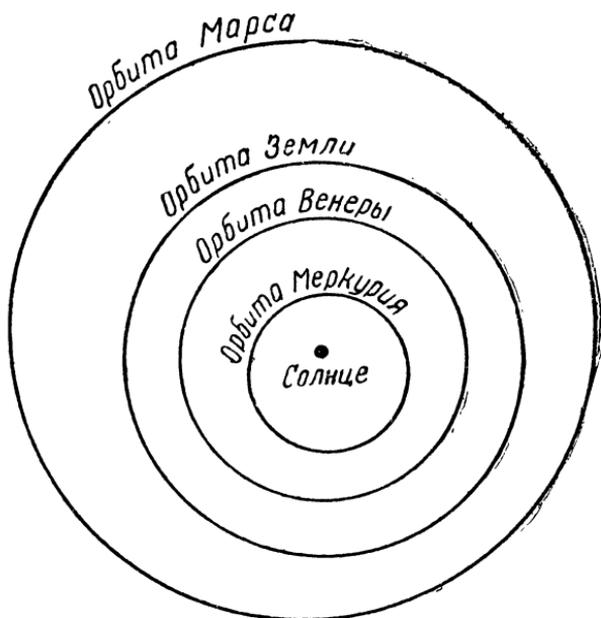
Важная роль гипотез в развитии науки была прекрасно обрисована Ф. Энгельсом. Энгельс писал: «Формой развития естествознания, поскольку оно мыслит, является гипотеза. Наблюдение открывает какой-нибудь новый факт, делающий невозможным прежний способ объяснения фактов, относящихся к той же самой группе. С этого момента возникает потребность в новых способах объяснения, опирающегося сперва только на ограниченное количество фактов и наблюдений. Дальнейший опытный материал приводит к очищению этих гипотез, устраняет одни из них, исправляет другие, пока, наконец, не будет установлен в чистом виде закон. Если бы мы захотели ждать, пока материал будет готов в чистом виде для закона, то это значило бы приостановить до тех пор мыслящее исследование, и уже по одному этому мы никогда не получили бы закона»¹.

Изучение происхождения и развития небесных тел является задачей ещё более трудной, чем изучение их строения. Опираясь на далеко не полные данные о современном строении тел, исследователь стремится восстановить их прошлую историю, восстановить события, которые протекали миллиарды и десятки миллиардов лет назад. Поэтому естественно, что в космогонии гипотезы встречаются

¹ Ф. Энгельс. *Диалектика природы*, стр. 193.

ся чаще, чем в других областях астрономии, а хорошо разработанные теории почти полностью отсутствуют.

За два века существования космогонии солнечной системы различными авторами было высказано множество разнообразнейших гипотез. Большинство из них не оставило никакого следа в развитии науки. Некоторые приобрели известность и подверглись обсуждению, после которого были отвергнуты как неспособные объяснить какие-либо важные факты или как основывающиеся на неверных предположениях.

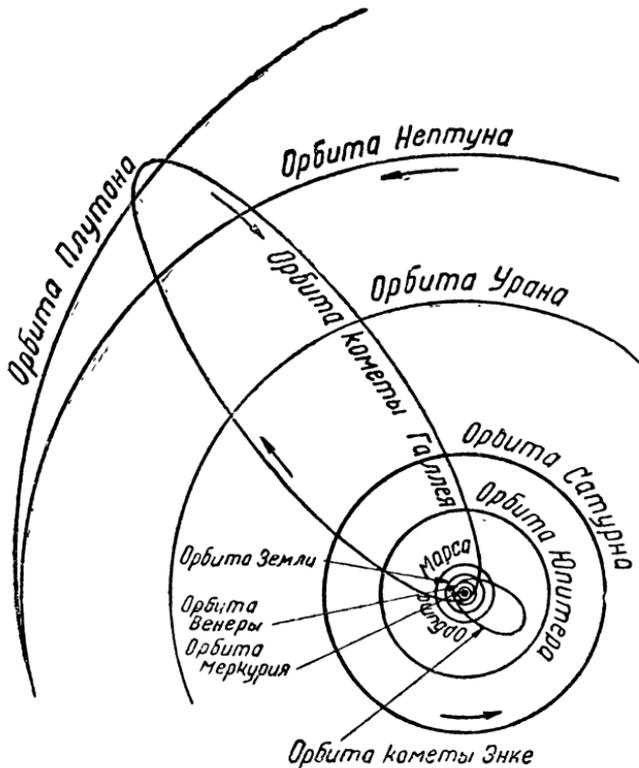


Фиг. 1. Орбиты ближайших к Солнцу планет — Меркурия, Венеры, Земли и Марса.

Среди всех ныне отвергнутых гипотез необходимо отметить две, получившие широчайшую известность и оказавшие наибольшее влияние на развитие космогонии солнечной системы. Это уже упомянутая выше гипотеза Лапласа и гипотеза Джинса.

Прежде чем остановиться на этих гипотезах, следует напомнить те основные черты строения солнечной системы, которые в первую очередь должны быть объяснены любой космогонической гипотезой. Необходимо подчеркнуть, что речь должна идти именно об основных, характернейших чертах, потому что, несмотря на неполноту наших знаний, нам тем не менее известно множество мелких фактов, которые, вероятно, объясняются второстепенными или даже случайными причинами, а не главными закономер-

стями образования солнечной системы. Было бы неразумным требовать от космогонических гипотез объяснения второстепенных фактов, в то время как ещё не объяснены основные закономерности.

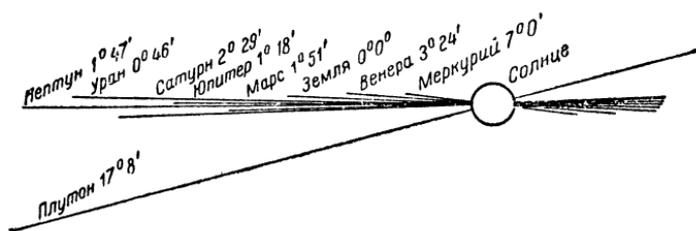


Фиг. 2. План солнечной системы. Кроме орбит планет показаны также орбиты кометы Галлея и кометы Энке.

Солнечная система состоит из центрального тела — Солнца, — вокруг которого, подчиняясь, главным образом, его притяжению, обращается множество мелких спутников. Наибольшими из спутников Солнца являются планеты, к числу которых относится и наша Земля. Если посмотреть на план солнечной системы, то мы увидим, что пути планет вокруг Солнца (орбиты планет) очень близки к круговым. На фиг. 1 изображены орбиты ближайших к Солнцу планет — Меркурия, Венеры, Земли и Марса, а на фиг. 2 показаны и орбиты остальных, более далёких от Солнца планет — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона. Из механики известно, если одно тело кружится вокруг другого тела, притягиваясь к нему по закону всемирного тяготения Ньютона, то орбита

этого тела может быть как угодно вытянута: может обладать каким угодно эксцентриситетом. И действительно, в движении небесных тел, даже в движении тел солнечной системы, мы встречаемся с орбитами, обладающими самыми разнообразными эксцентриситетами. На фиг. 2 изображены также орбиты кометы Энке и кометы Галлея. Обе эти орбиты вытянуты; подобную же вытянутую форму имеют орбиты и других комет. Орбиты же планет близки к круговым, их эксцентриситет близок к нулю, и это является характерной чертой движения планет.

Другой характерной чертой движения планет является общность направления их движения — все без исключения планеты движутся вокруг Солнца против часовой стрелки (если смотреть на солнечную систему, поднявшись высоко над Северным полюсом Земли). Больше того, в том же направлении — против часовой стрелки — происходит вращение вокруг собственной оси самих



Фиг. 3. Наклоны планетных орбит к плоскости земной орбиты.

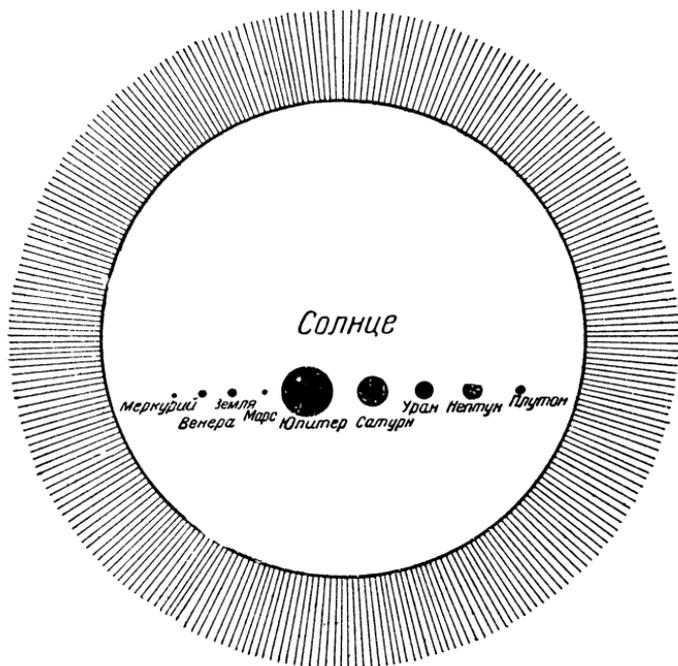
планет, а также и Солнца; спутники вращаются вокруг планет так же против часовой стрелки. Ближайшие к Солнцу планеты — Меркурий и Венера — не имеют спутников. Земля имеет одного спутника — Луну, Марс — двух, а Юпитер — одиннадцать спутников. У более далёких от Солнца планет (исключение составляет лишь Плутон) также обнаружены спутники. Подавляющее большинство их (22 из 27) обращается вокруг своих планет в том же направлении, как и сами планеты вокруг своих осей. Между орбитами Марса и Юпитера движутся вокруг Солнца тысячи малых планет (астероидов), обладающих крохотными размерами; все они движутся в том же направлении, что и большие планеты.

Третьей характерной чертой движения планет является то, что орбиты всех планет расположены почти в одной плоскости. Если изобразить углы наклона планетных орбит к плоскости земной орбиты (плоскость эклиптики), то получится следующая картина (фиг. 3). Для большинства планет углы наклона составляют всего несколько градусов, и только для Плутона — самой далёкой от Солнца планеты — этот угол достигает 17°. Планетная система является очень плоским образованием.

В то же время кометы в отличие от планет обладают орбита-

ми не только вытянутыми, но вдобавок и как угодно расположенными по отношению к плоскости эклиптики. В результате некоторые кометы движутся вокруг Солнца в направлении, противоположном направлению движения планет.

Хотя большие планеты являются самыми крупными из спутников Солнца, по сравнению с самим Солнцем они очень малы. Солнце в 109 раз больше Земли по поперечнику и, следовательно, в 1 300 000 раз больше Земли по объёму. Среди планет наибольшей является планета Юпитер — её поперечник в 11 раз больше зем-



Фиг. 4. Сравнительные массы Солнца и планет. Солнце и планеты изображены в виде шариков одинаковой плотности.

ного поперечника. Поперечник Марса в 2 раза меньше земного, а поперечник Меркурия в $2\frac{1}{2}$ раза меньше.

Обладая малыми размерами (по сравнению с Солнцем), планеты, естественно, обладают очень малыми массами. На фиг. 4 приведены сравнительные массы Солнца и планет. Масса самой большой планеты — Юпитера — в 1000 раз меньше массы Солнца, Земли — в 300 000 раз, а Меркурия — в 3 000 000 раз. Поэтому масса всех планет, вместе взятых, составляет всего $\frac{1}{750}$ массы Солнца. В Солнце сосредоточено 99,87% массы всего вещества солнечной системы.

Но для суждения о происхождении солнечной системы важно не только распределение массы, но и распределение так называемого момента количества движения. Количесством движения в механике называют произведение массы движущегося тела — m на его скорость v .

В случае вращательного движения интерес представляет момент количества движения, т. е. произведение массы тела на его скорость и на его расстояние от оси вращения $mv r$.

Когда речь идёт о теле, вращающемся вокруг своей оси, для разных его точек скорости и расстояния от оси различны. В этом случае следует мысленно разбить тело на малые элементы, для каждого из них подсчитать момент количества движения и затем просуммировать результаты.

Подсчёт моментов количества движения Солнца и планет привёл к удивительному заключению: оказалось, что Солнце, обладающее «львиной долей» общей массы, несёт на себе всего лишь 2% общего момента количества движения всей солнечной системы, а остальные 98% сосредоточены в орбитальном движении планет. Это связано с тем, что хотя массы планет малы, но их расстояния от Солнца (т. е. от оси вращения) очень велики.

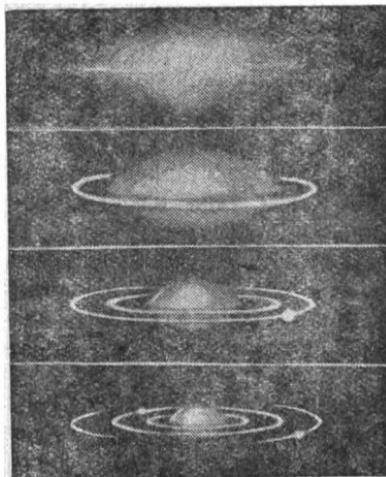
Следует отметить, что чем дальше планета от Солнца, тем медленнее движется она по своей орбите. Однако уменьшение v происходит медленнее, чем возрастание r , и последнее пересиливает. В результате удельный момент количества движения (момент на единицу массы) возрастает пропорционально корню квадратному из радиуса орбиты (\sqrt{r}). Следовательно, Солнце могло бы обладать большей долей общего момента количества движения или в том случае, если бы оно быстрее вращалось вокруг своей оси, или в том случае, если бы орбиты планет были значительно меньшими, чем они есть в действительности.

Итак, мы выделили четыре характерные черты солнечной системы, относящиеся к движению планет, которые подлежат объяснению в первую очередь. Сформулируем их в виде четырёх вопросов:

- 1) Почему форма планетных орбит близка к круговой?
- 2) Почему все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении?
- 3) Почему движения планет происходят почти в одной и той же плоскости?
- 4) Почему планеты, масса которых ничтожно мала, несут на себе 98% общего момента количества движения?

Ответы на эти четыре вопроса должны быть даны одновременно с ответом на вопрос: откуда взялись сами планеты? Как они образовались?

В 1796 году знаменитый французский астроном Лаплас в примечании к своей популярной книге «Изложение системы мира» сформулировал гипотезу о происхождении солнечной системы, которой суждено было пользоваться широчайшей известностью



Фиг. 5. Схема образования планет по гипотезе Лапласа.

Сжатие туманности означает уменьшение расстояния частиц от оси вращения (уменьшение r), а потому скорость их движения (v) должна возрасти, т. е. вращение должно ускориться.

Сжимаясь и вместе с тем ускоряя своё вращение, туманность приобретала всё более и более сплюснутую форму (фиг. 5). В конце концов на экваторе центробежная сила уравновесила силу притяжения, и туманность приняла чечевицеобразную форму с острым ребром по экватору. При дальнейшем сжатии и ускорении вращения от туманности стали отделяться кольца газовой материи. Постепенно эти кольца разорвались, и составляющая их материя образовала планеты, а центральный сгусток туманности превратился в Солнце.

Образовавшиеся таким образом планеты должны были бы двигаться по круговым орбитам всё в одном направлении — в направлении вращения первичной туманности, — и все орбиты должны были бы лежать в одной плоскости — плоскости экватора первичной туманности.

Исключительная наглядность картины, нарисованной Лапласом, простота объяснения основных внешних черт солнечной системы привели к тому, что даже 10—20 лет назад появлялись ещё книги, в которых говорилось, что Лаплас объяснил происхождение Земли и планет. Однако на самом деле это не так, и гипотеза Лапласа давно признана неверной.

Хотя большинство других исследований Лапласа имеет сугубо математический характер, свою космогоническую гипотезу он высказал в чисто качественной описательной форме. Он опирался при этом на гершельевские наблюдения туманностей, об-

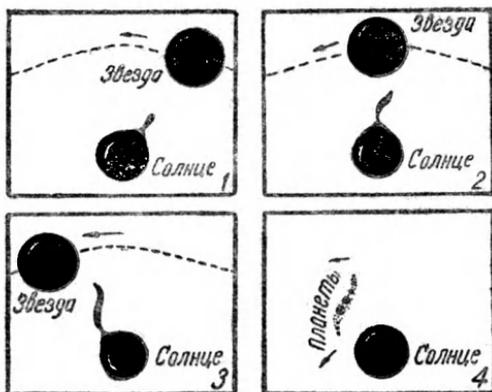
в продолжение полутора столетий. Это объясняется тем, что гипотеза Лапласа просто и наглядно даёт ответ на первые три вопроса, приведённые выше. Согласно Лапласу, солнечная система образовалась из огромной вращающейся газовой туманности, первоначальные размеры которой превосходили поперечник солнечной системы. Эта туманность была горячей и постепенно остывала и сжималась. Следствием этого сжатия явилось ускорение её вращения. В теоретической механике доказывается, что у системы, находящейся под действием только внутренних сил, общий момент количества движения остаётся неизменным.

ладающих различными степенями сжатия. Однако теперь хорошо известно, что эти туманности вовсе не являются газовыми облаками, постепенно сгущающимися в звёзды, как это предполагалось во времена Лапласа, а являются гигантскими звёздными системами, находящимися на огромных расстояниях от нас.

Математические исследования уже давно выявили в гипотезе Лапласа ряд слабых мест. Главное возражение состоит в необъяснимо медленном вращении Солнца. Исходя из того, что первоначальная туманность вращалась так быстро, что происходило отделение колец, можно подсчитать, с какой скоростью должно вращаться Солнце, сгустившееся из центральных частей этой туманности. Оказывается, что скорость вращения была бы в сотни раз больше той, которая наблюдается в действительности. Наоборот, если представить себе Солнце расширившимся до размеров всей планетной системы, то оно вращалось бы столь медленно, что ни о каком отделении колец не могло бы быть и речи. Итак, гипотеза Лапласа, просто и наглядно отвечая на первые три вопроса, сформулированные выше, совершенно бессильна ответить на четвёртый вопрос.

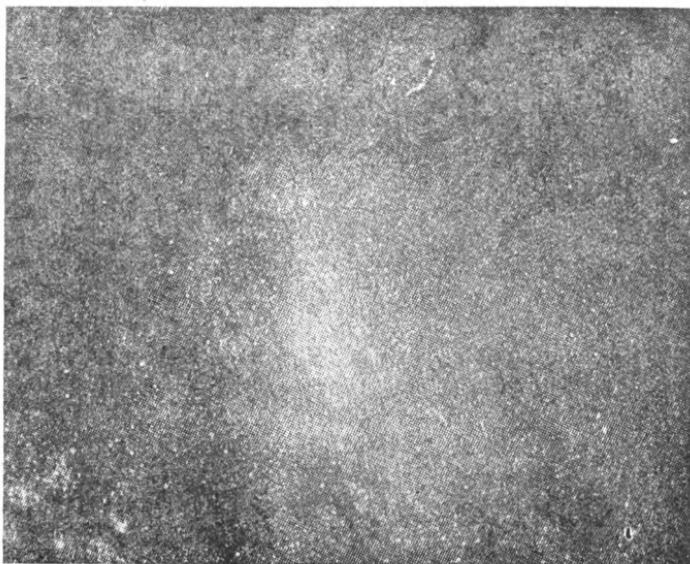
Более того, если внимательнее разобраться в предполагаемом процессе образования планет из газовых колец, то окажется, что такого процесса вообще не могло быть. Кольца были столь разрежёнными, и притяжение между их частицами было столь слабым, что вместо того, чтобы сгуститься в планеты, они должны были рассеяться в пространстве. Приведённые возражения далеко не исчерпывают всех тех, которые можно было бы привести против гипотезы Лапласа, но и их достаточно для того, чтобы признать эту гипотезу несостоятельной.

Однако роль гипотезы Лапласа не ограничивается её огромным историческим значением, связанным с тем, что она впервые внесла в астрономию идею эволюции. Основная идея Лапласа — мысль о том, что планетная система образовалась без воздействия внешних сил, в результате внутреннего развития солнечной матери, — продолжает до настоящего времени привлекать умы астрономов. Советский астрофизик академик В. Г. Фесенков предпринимает всё новые и новые попытки объяснить образование солнечной системы именно таким путём — без участия внешних сил.



Фиг. 6. Схема образования планет по гипотезе Джинса.

Последняя гипотеза академика Фесенкова состоит в следующем: по современным взглядам, излучение Солнца и звёзд поддерживается атомной энергией, выделяющейся в результате ядерных реакций, происходящих в их недрах. Академик Фесенков предполагает, что в жизни Солнца была эпоха, когда происходил



Фиг. 7. Фотография звёздных облаков Млечного Пути.

переход от одного типа ядерных реакций к другому. Солнце в это время быстро сжималось, а его вращение ускорялось. В результате быстрого вращения на его экваторе появился длинный выступ, который в дальнейшем совсем отделился и из которого затем образовались планеты.

Возможность подобного разделения быстро вращающейся звезды уже давно интересует астрономов в связи с вопросом об образовании двойных звёзд. Предполагается (хотя это вовсе не доказано), что подобное деление может происходить у вращающихся жидких тел. Звёзды же и Солнце, как недавно было доказано,



Фиг. 8. Схема строения Галактики — звёздной системы Млечного Пути (вид с ребра). Кружком показано место, занимаемое Солнцем.

даже приближённо не могут рассматриваться как жидкие тела. Они являются газовыми шарами, у которых очень быстрое вращение должно приводить к истечению материи с экватора так, как это описывается в гипотезе Лапласа.

Но даже если допустить, что планеты могли образоваться из солнечного выступа, встаёт новое непреодолимое затруднение — не существует такой силы, которая могла бы отодвинуть планеты, возникшие в непосредственной близости Солнца, на те огромные расстояния от него, на которых они теперь находятся.

Таким образом, нельзя считать, что гипотеза Фесенкова правильно описывает процесс образования планет.

В течение последних 20 лет широкой известностью пользовалась гипотеза английского астронома Джинса — гипотеза совершенно иного типа, чем лапласовская или фесенковская. Джинс пытался обойти затруднение с распределением момента количества движения, предположив, что материя, образовавшая планеты, была вырвана из Солнца притяжением пролетевшей поблизости звезды (фиг. 6). Казалось, что звезда может оттянуть эту вырванную материю далеко от Солнца и закрутить её в направлении своего движения. Однако детальный анализ гипотезы Джинса показал, что и она неспособна объяснить огромные расстояния планет от Солнца. Чтобы суметь вырвать материю из Солнца, звезда должна была пролететь очень близко от него, а в таком случае она не могла сообщить этой материи и возникшим из неё планетам движений по тем орбитам, по которым они фактически движутся. Этот недостаток гипотезы Джинса был доказан московским астрономом Н. Н. Парийским.

Сам Джинс не проделал никаких расчётов, относящихся к ступени вырванной материи в планеты. Когда же эти расчёты были



Фиг. 9. Фотография далёкой галактики (спиральной туманности) в созвездии Большой Медведицы.

проведены, оказалось, что температура вырванной материи должна была бы достигать миллиона градусов и потому она не сконденсировалась бы в планеты, а рассеялась бы в пространстве.

Итак, гипотеза Джинса тоже потерпела крушение!

Все гипотезы, о которых мы упоминали, удачно давали ответ на первые три вопроса, но вопрос распределения момента количе-

ства движения и самый механизм образования планет оставались для них камнем преткновения. Это обстоятельство не случайно: мы упоминали лишь о важнейших гипотезах, а ответ на эти три вопроса — это то минимальное требование, которому должна удовлетворять всякая гипотеза, подвергающаяся серьёзному обсуждению.

Четыре года назад, в 1944 году, академик О. Ю. Шмидт начал публиковать серию работ, в которых развивает новые взгляды на происхождение Земли и планет. Он опирается при этом на современные данные о строении той гигантской звёздной системы (си-



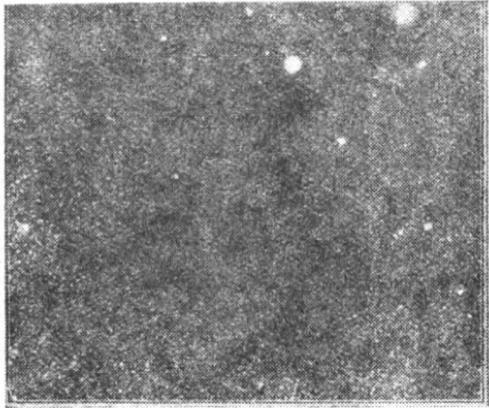
Фиг. 10. Фотография спиральной туманности в созвездии Андромеды.

стемы Млечного Пути), членом которой является наше Солнце.

В ясную безлунную ночь мы всегда можем увидеть на небе светлый пояс Млечного Пути. Особенно яркие части его бывают видны в летние ночи. На фотографии, снятой с крупным телескопом (фиг. 7), видно, что Млечный Путь — это соединённое сияние бесчисленного множества слабых звёзд. Анализ распределения этих звёзд в пространстве показал, что они образуют очень плоское звёздное облако, внутри которого находится и наше Солнце (фиг. 8). Когда мы смотрим в плоскости этого облака, наш взор встречает множество звёзд, и мы видим светлую полосу Млечного Пути, опоясывающую всё небо. Когда же мы смотрим по другим направлениям, наш взор встречает значительно меньшее

количество звёзд. Эта огромная звёздная система называется системой Млечного Пути, или Галактикой. Её поперечник столь велик, что от одного края до другого свет, двигаясь со скоростью в 300 000 км/сек., идёт около 100 000 лет.

При изучении структуры Галактики нам помогает то обстоятельство, что далеко за её пределами существуют другие, подобные ей звёздные системы. На фиг. 9 показана фотография далёкой галактики, которая видна в созвездии Большой Медведицы. Мы её видим плашмя и замечаем, что наиболее яркие звёзды располагаются в ней



Фиг. 11. Тёмная пылевая туманность, видимая на фоне звёзд Млечного Пути.

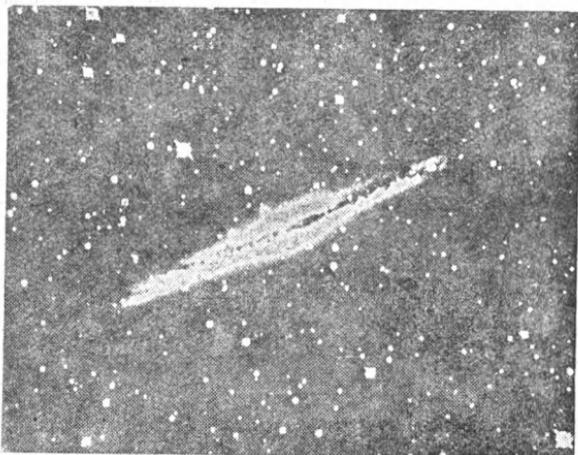
вдоль спиральных ветвей. Поэтому эти далёкие галактики часто называют спиральными туманностями. Туманность Андромеды (фиг. 10) видна нам несколько сбоку, и потому она имеет вытянутую форму. На обычной фотографии её центральные области выглядят действительно туманными, но с помощью особых ухищрений недавно удалось сфотографировать здесь отдельные звёзды. На любой фотографии туманности Андромеды (в частности на фиг. 10) видны отдельные тёмные места. Это не просветы в звёздном облаке, как может показаться с первого взгляда, а тёмные туманности — скопления холодных пылевых частиц, загораживающих свет расположенных позади них звёзд. Множество подобных тёмных туманностей имеется в нашей звёздной системе — Галактике. Яснее всего они видны в тех случаях, когда они проектируются на фоне светлой полосы Млечного Пути (фиг. 11). Протяжённость этих туманностей иногда в несколько раз превосходит средние расстояния между звёздами, а масса пылевой материи, образующей отдельную туманность, может в десятки раз превосходить массу Солнца.

Тёмные туманности распределены в пространстве Галактики неравномерно, они резко концентрируются к её центральной плоскости. То же явление наблюдается и в далёких галактиках, и потому те из них, которые мы видим с ребра, имеют посередине тёмную полосу (фиг. 12). Эта полоса и есть слой пылевых облаков.

И наша Галактика и другие далёкие галактики вращаются вокруг оси, перпендикулярной к их центральной плоскости. Каждая звезда описывает свою собственную орбиту, и поэтому движение звёзд относительно друг друга носит довольно беспорядочный

характер, но в общем почти все движения происходят в одном направлении, что и создаёт вращение всей звёздной системы.

Орбита, по которой движется в Галактике наше Солнце, имеет несколько вытянутую форму, и полный оборот Солнце завершает приблизительно за 200 миллионов лет. Орбита Солнца



Фиг. 12. Другая спиральная туманность в созвездии Андромеды, видимая нам с ребра. Тёмная полоса вдоль ребра — это слой пылевых облаков.

слегка наклонена к центральной плоскости Галактики, и потому оно не всё время движется в самой гуще пылевых облаков, а только периодически пересекает их слой — дважды за время одного оборота в Галактике, т. е. через каждые 100 миллионов лет.

Согласно теории академика Шмидта, Солнце при одном из пересечений слоя тёмной материи захватило рой частиц, и они стали обращаться вокруг него по замкнутым орбитам (фиг. 13). Так как частиц было колоссальное количество, они сталкивались и слипались друг с другом, меньшие падали на большие, и в рое возникли небольшие «зародыши» планет. Присоединяя всё новые и новые частицы, эти зародыши быстро росли и превратились, в конце концов, в те большие планеты, которые существуют в наше время и на одной из которых существуем мы сами.

Таким образом, согласно теории академика Шмидта, материя, из которой образовались планеты, не отделилась от Солнца, а была захвачена им в виде роя частиц — частиц межзвёздной материи. Авторы прежних гипотез всегда отмечали сходство химического состава поверхностных слоёв Солнца и химического состава Земли. Они видели в этом подтверждение своих взглядов об отделении планет от Солнца. Однако за последние годы удалось получить данные о количественном химическом составе многих звёзд и туманностей. Оказалось, что разнообразнейшие

небесные тела обладают сходным химическим составом. Это — одно из проявлений единства материи во всей Вселенной. Поэтому сходство состава Земли и Солнца не может теперь рассматриваться как довод в пользу отделения планет от Солнца.

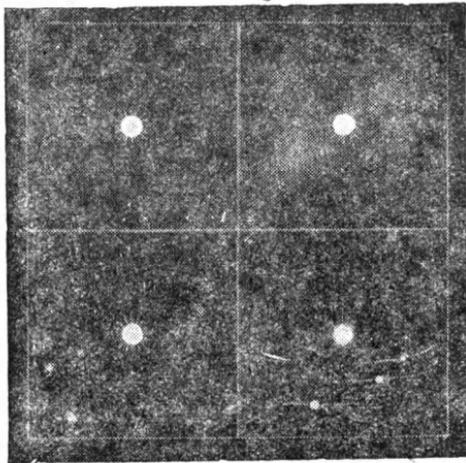
Мы говорим, что материя, образовавшая затем планеты, была захвачена Солнцем. Но что такое захват?

В астрономии захватом называют такое явление, когда при сближении двух тел, двигавшихся первоначально независимо друг от друга, в результате воздействия каких-то внешних причин эти тела объединяются в одну систему и под действием взаимного притяжения начинают обращаться одно вокруг другого по замкнутой орбите.

При наличии только двух притягивающих друг друга тел захват невозможен. Если эти тела двигались одно относительно другого по незамкнутой орбите, то они и после сближения будут двигаться по той же самой незамкнутой орбите.

В случае трёх тел исследование их движения представляет огромные математические трудности. В общем виде проблема захвата в задаче трёх тел не была исследована. Были рассмотрены только отдельные частные случаи, и для нескольких из них было совершенно строго доказано, что захват невозможен. Некоторые астрономы без должных оснований распространяли этот вывод на все случаи движения и считали, что захват принципиально невозможен. Другие не отвергали захват полностью, но считали, что для его осуществления нужно такое исключительное стечение обстоятельств, что вероятность захвата равна нулю, т. е. реально захваты не происходят, и потому не стоит их принимать во внимание.

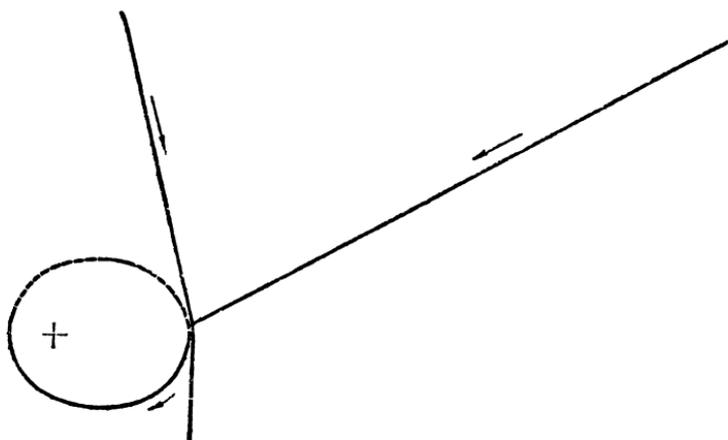
В процессе разработки своей теории академику Шмидту пришлось бороться с этим необоснованным предубеждением против явления захвата. Мнение о принципиальной невозможности захва-



Фиг. 13. Схема образования планет по теории академика О. Ю. Шмидта (1—Солнце движется среди звёзд Галактики; 2—Солнце пролетает сквозь облако мелких частиц и захватывает часть его; 3—из частиц захваченного роя постепенно образуются планеты; 4—современный вид солнечной системы; процесс образования планет в основном закончился).

та академик Шмидт опроверг тем, что численно рассчитал пример захвата в задаче трёх тел. При этом он воспользовался чрезвычайно остроумным приёмом.

Уравнения механики обладают таким свойством: если мы рассмотрим движение системы тел, далее остановим эти тела в некоторый момент времени и затем толкнём их с прежней скоростью, но в обратном направлении, то все тела опишут в обратном порядке те же самые пути. Движение получится такое, как будто мы смотрим на пущенный назад кинофильм. Благодаря этому свойству уравнений механики в задаче трёх тел каждому случаю захвата однозначно соответствует случай разрыва системы из двух тел под влиянием притяжения третьего тела, пролетевшего мимо. Подобрать начальные условия движения этого третьего тела так, чтобы оно разорвало систему, несравненно легче, чем по-



Фиг. 14. Пример захвата, рассчитанный академиком О. Ю. Шмидтом.

добрать начальные условия движения трёх независимых тел так, чтобы они, сблизившись, дали явление захвата.

Не только Солнце при своём движении в Галактике может захватывать частицы межзвёздной материи: захваты могут происходить и между звёздами. Когда одна звезда захватывает другую, образуется двойная звезда — система из двух звёзд, обращающихся одна около другой по эллипсам. Около четверти всех звёзд на небе являются двойными, но все попытки объяснить их происхождение наталкивались на многочисленные трудности. Согласно теории академика Шмидта, двойные звёзды образуются путём захвата. Академик Шмидт одновременно разрабатывает две теории: теорию происхождения Земли и планет и теорию происхождения двойных звёзд. Изучение двойных звёзд позволяет проверить некоторые закономерности захвата, которые трудно проверить на основании данных о нашей солнечной системе. С точки зрения исследования происхождения Земли теория образования

двойных звёзд носит вспомогательный характер, но для астрономии она представляет большой самостоятельный интерес.

Пример захвата, численно рассчитанный академиком Шмидтом, относится именно к случаю образования двойной звезды (фиг. 14). В соответствии с принципом обратимости академик Шмидт вёл расчёт в обратном направлении, т. е. рассматривал разрыв в двойной звезде под влиянием пролетающей третьей звезды. На фигуре 14 одна из звёзд пары предположена неподвижной и всё движение изображено относительно неё. Звезда, разрывающая пару, пролетает очень близко от отрываемой звезды, последняя резко изменяет своё движение и улетает прочь. Если рассматривать всю картину в обратном порядке, то получится, что к звезде, которую мы предположили неподвижной, с разных сторон и с разными скоростями подлетают две другие звезды (см. стрелки на фиг. 14). Под влиянием взаимного притяжения их пути и скорости изменяются, и в результате одна из звёзд начинает двигаться по эллипсу вокруг неподвижной звезды, а другая улетает прочь. Произошёл захват, и образовалась двойная звезда. Принципиальная возможность захвата этим доказана. Но можно пойти дальше и доказать, что вероятность захвата хотя и мала, но вовсе не равна нулю. Галактика существует многие миллиарды лет, содержит сотни миллиардов звёзд и миллиарды тёмных облаков и поэтому, несмотря на малую вероятность, захваты в ней должны происходить довольно часто. Ими нельзя пренебрегать, их необходимо принимать во внимание.

Посмотрим теперь, как происходит, по теории академика Шмидта, образование Земли и планет.

Со скоростью около 250 км/сек. мчится Солнце по своей орбите вокруг центра нашей Галактики. В своём движении Солнце пролетает мимо других звёзд и тёмных пылевых облаков. Звёзды и тёмные облака участвуют в общем вращении Галактики, и поэтому относительно них скорость Солнца значительно меньше — 10, 20, 30 км/сек. Обычно Солнце, проносясь мимо тёмных облаков, лишь больше или меньше искажает их движение. Но однажды обстоятельства оказываются благоприятными, происходит захват, и Солнце уносится дальше, окружённое целым роем частиц, обращающихся вокруг него по замкнутым орбитам. Поперечники этих орбит могут быть очень велики — в этом можно легко убедиться, взглянув на орбиты, которые описывают одна относительно другой двойные звёзды. Поэтому, когда частицы путём постепенного слипания и падения меньших частиц на большие образуют планеты, орбиты этих планет тоже будут очень большими.

Таким образом, если материя, из которой образуется планета, приобретает Солнцем путём захвата, то все трудности с ответом на последний из 4 вопросов, сформулированных вначале, сами собой отпадают. Момент количества движения планет, зависящий от размеров их орбит, оказывается теперь совершенно не зависимым от момента количества движения самого Солнца. Напомним, что

в гипотезе Лапласа, согласно которой планеты и Солнце образовались из одной и той же первичной материи, и в гипотезах Фесенкова и Джинса, согласно которым планеты отделились от уже сформировавшегося Солнца, моменты количества движения Солнца и планет были тесно связаны друг с другом. Поэтому эти гипотезы никак не могли объяснить, почему момент количества движения Солнца так мал по сравнению с моментом планет.

Теория академика Шмидта даёт, конечно, ответы и на первые три вопроса. В рое частиц, захваченных Солнцем, первоначально могли существовать движения в разных направлениях. Но существовало какое-то направление, в котором двигалось большинство частиц. Частицы главенствующего направления сталкивались с частицами, двигавшимися навстречу, причём последние теряли свой момент и постепенно выпадали на Солнце. Поэтому вскоре получился сплюснутый рой с резко выраженным преобладающим направлением движения частиц. При объединении частиц роя в крупные тела получались планеты, движущиеся все в одном направлении, а именно в том направлении, куда двигалось большинство частиц роя. Их орбиты все получились близкими к центральной плоскости роя, т. е. мало наклонёнными друг к другу, а форма этих орбит получилась почти круговой. Последнее обстоятельство требует пояснения. Частицы роя двигались по вытянутым орбитам, но у разных частиц эти орбиты были вытянуты в разные стороны. При объединении частиц в планеты свойства индивидуальных орбит всё более и более сглаживались, и в конце концов должны были получиться круговые орбиты.

Так отвечает теория академика Шмидта на четыре вопроса, поставленные вначале.

Рассмотрим теперь другие результаты этой теории. До сих пор мы говорили только о механических силах, о силах тяготения. В явлении захвата именно эти силы играют решающую роль. Но после того как захват роя произошёл, в дальнейшей его эволюции важную роль начинает играть световое давление Солнца. На неподвижную частицу световое давление Солнца действует строго радиально в направлении от Солнца. Оно несколько ослабляет действие силы притяжения Солнца. Для крохотных пылинок световое отталкивание может даже превзойти притяжение.

Сложнее обстоит дело в случае движущихся частиц. На них лучи Солнца падают слегка спереди (из-за эффекта абберации света). Поэтому наряду с силой отталкивания появляется сила, направленная навстречу движению частицы, т. е. сила, тормозящая её движение. Вследствие этого торможения частица постепенно по спирали приближается к Солнцу и в конце концов испаряется под действием его тепла.

Вдали от Солнца действие этого эффекта протекает крайне медленно, но вблизи Солнца он сыграл важную роль. Вследствие «отсасывания» частиц Солнцем внутренние части роя оказались обеднёнными: они лишились подавляющего большинства частиц.

Поэтому ближайшие к Солнцу планеты — Меркурий, Венера, Земля и Марс — получились небольшими. В то же время вдали от Солнца, там, где лучевое давление не успело оказать своего действия, образовались огромные планеты — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

Девять больших планет — это не единственные тела, образовавшиеся из первоначального роя. Продуктом эволюции того же роя являются и кометы, и метеориты, и те тысячи астероидов («малых планет»), которые мы наблюдаем в районе между орбитами Марса и Юпитера. Размеры астероидов несравненно меньше размеров планет, и орбиты их обладают бóльшей вытянутостью и бóльшими наклонами, чем орбиты планет. Это объясняется тем, что при образовании астероидов процесс сглаживания индивидуальных черт орбит отдельных частиц зашёл не так далеко, как у планет.

Вначале, когда было ещё много частиц, рост планетных зародышей происходил быстро. Но по мере исчерпания частиц скорость роста убывала, и сейчас она протекает крайне медленно. Вещество из межпланетного пространства попадает сейчас на Землю в виде метеоритов и более мелких метеорных тел, испаряющихся высоко в атмосфере в виде «падающих звёзд». За сутки на всю Землю падает около 10 т метеорного вещества — это количество совершенно ничтожно. Нужны сотни миллионов лет для того, чтобы покрыть Землю слоем в 1 мм толщины. Но раньше темп роста был несравненно больше. Как показывает подсчёт академика Шмидта, на образование Земли потребовалось около 7 миллиардов лет. Этот результат подсчёта прекрасно согласуется с измерениями возраста земной коры. В древнейших горных породах было измерено содержание радиоактивных элементов и продуктов их распада. Зная темп их распада, можно найти возраст этих горных пород, а тем самым и всей земной коры. Новейшие определения дают 3—3½ миллиарда лет. Совершенно естественно, что Земля в целом на несколько миллиардов лет старше, чем земная кора.

На первых этапах эволюции роя частиц в нём могло образоваться множество «планетных зародышей». Только немногие из них смогли развиться в крупные планеты. Академик Шмидт, проанализировав, на каких расстояниях друг от друга должны были находиться наиболее устойчивые, наиболее жизнеспособные зародыши, пришёл к одному из крутейших достижений своей теории — к новому закону планетных расстояний.

Уже давно было подмечено, что промежутки между орбитами планет закономерно возрастают по мере удаления от Солнца. В результате анализа академик Шмидт пришёл к заключению, что при переходе от одной планеты к следующей, более далёкой, удельный момент количества движения должен возрастать на одну и ту же величину. Как уже говорилось выше, удельный момент количества движения планеты пропорционален корню квадратному из радиуса её орбиты. Следовательно, закон планетных расстояний

может быть сформулирован так: корни квадратные из радиусов планетных орбит возрастают в арифметической прогрессии.

Следующая таблица показывает, насколько хорошо выполняется этот закон для больших планет:

	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
\sqrt{R}	2,28	3,28	4,28	5,28	6,28
R вычисления	5,20	10,8	18,3	27,9	39,4
R истинные	5,20	9,5	19,2	30,1	39,5

Для четырёх внутренних ближайших к Солнцу планет, формирование которых происходило, как мы видели, в отличных условиях, результаты даются следующей таблицей:

	Меркурий	Венера	Земля	Марс
\sqrt{R}	0,62	0,82	1,02	1,22
R вычисления	0,38	0,67	1,04	1,49
R истинные	0,38	0,72	1,00	1,52

У больших планет \sqrt{R} возрастает на 1 при переходе от одной планеты к следующей, а у ближайших к Солнцу планет — на 0,20. Но самый закон возрастания планетных расстояний получается в обеих группах одинаковый — это закон \sqrt{R} .

При объединении частиц в планеты должны были соблюдаться два хорошо известных закона: закон сохранения момента количества движения и закон сохранения энергии. Первый закон должен был соблюдаться совершенно точно, а в отношении второго закона следует сделать небольшую оговорку — энергия планеты не может быть больше, чем сумма энергий составивших её частиц, но может быть несколько меньше этой суммы. При соударениях часть механической энергии могла затратиться на нагревание, т. е. превратиться в тепловую энергию. Эта оговорка не меняет, однако, сути дела. Расчёт показывает, что выполнение закона сохранения энергии требует чуть меньших размеров орбиты, чем это необходимо для выполнения закона сохранения моментов. Когда планета начинает двигаться по орбите, соответствующей закону сохранения энергии, некоторая часть момента количества движения остаётся «неиспользованной» в её орбитальном движении. Эта неиспользованная часть момента, которая не может исчезнуть из-за закона сохранения момента, создаёт вращение планеты вокруг оси. Скорость вращения оказывается зависящей от массы и размеров планеты, что и наблюдается в действительности.

Теория академика Шмидта позволяет по-новому смотреть на тепловую историю Земли. Согласно прежним гипотезам, Земля так или иначе конденсировалась из раскалённого солнечного вещества, и потому её история начиналась с огненно-жидкой стадии. Наглядным подтверждением этого считали вулканы, при извержениях которых на поверхность Земли вытекает раскалённая жидкая лава. Однако впоследствии выяснилось, что вулканы связаны лишь с

отдельными расплавленными очагами. Оказалось, что ни геология, ни геофизика не дают никаких указаний на огненно-жидкую стадию в жизни Земли. Вера в то, что такая стадия всё-таки была, базировалась только на космогонических соображениях.

При образовании Земли путём объединения частиц огненно-жидкой стадии, очевидно, вовсе не было. Нагревание от соударений едва ли могло расплавить всю массу. Разогрев земных недр начался тогда, когда размеры Земли стали достаточно велики. Вещество Земли содержит небольшую примесь радиоактивных элементов. Когда Земля стала большой, тепло, выделяющееся при радиоактивном распаде, начало накапливаться в недрах Земли и в некоторых местах довело её температуру до 1500—2000°.

Современные данные о внутреннем строении Земли говорят о том, что в середине её находится железное ядро, масса которого составляет около $\frac{1}{3}$ массы всей Земли. Метеориты, падающие теперь на Землю, также содержат $\frac{1}{2}$ железа и $\frac{2}{3}$ каменистого вещества. Это совершенно естественно, так как и Земля и метеориты произошли из одного и того же первоначального роя. Другие небесные тела — Меркурий, Венера, Марс, Луна — также содержат приблизительно $\frac{1}{3}$ железа.

При образовании Земли каменистые и железные частички сперва были перемешаны между собой. Когда вследствие разогрева железо стало пластичным, а затем текучим, начался процесс расслоения земных недр. Железо, как более тяжёлое, стало опускаться (стекать) вниз, а более лёгкие каменистые частицы стали всплывать вверх. Так возникло современное строение земных недр.

Если бы вся Земля содержала радиоактивные элементы в таком же количестве, как горные породы, доступные нашим измерениям, то поток тепла из недр к поверхности был бы во много раз больше того, который наблюдается в действительности. Отсюда геофизики сделали вывод, что радиоактивные элементы сосредоточены в самых наружных слоях Земли, а в глубоких недрах их должно быть ничтожно мало.

Химические анализы показали, что железные метеориты содержат радиоактивных элементов много меньше, чем каменные метеориты. Следовательно, неравномерное распределение радиоактивных элементов внутри Земли создалось в процессе её расслоения: радиоактивные элементы всплыли вверх вместе с каменными метеоритами, в которых они содержались.

Несмотря на наличие у Земли резко выраженного ядра, есть основания думать, что процесс расслоения всё-таки не вполне закончен. Геологи тщательно изучили историю земной коры. На много миллионов лет назад проследили они историю подъёмов и опусканий земной поверхности, возникновение и исчезновение огромных горных хребтов. Однако силы, которые вызывали эти гигантские преобразования лица Земли, оставались до сих пор неразгаданными. Вероятнее всего, эти силы возникали при рас-

слоении земных недр. Подъёмы и опускания земной поверхности продолжаются и поныне — это указывает на то, что процесс расслоения и сейчас происходит под нашими ногами.

Если бы история Земли начиналась с огненно-жидкой стадии, то процесс расслоения должен был бы закончиться ещё в течение этой стадии, когда земная кора ещё не успела образоваться. Если же Земля образовалась так, как это рисует в своей теории О. Ю. Шмидт, то этот процесс может тянуться и поныне.

Изучение происхождения Земли важно не только для построения законченного материалистического мировоззрения, но и для познания современного строения и жизни земных недр.

Разработка теории академика Шмидта фактически ещё только начинается. Многие вопросы в ней ещё совсем не подвергнуты исследованию, другие рассмотрены лишь в самых общих чертах.

Теория академика Шмидта была с интересом встречена как специалистами — астрономами и геофизиками, — так и широкими кругами советской интеллигенции, живо интересующейся актуальными вопросами науки. Эта теория продолжает вызывать оживлённые споры и дискуссии и не является общепризнанной. Как и всякая научная теория, теория происхождения Земли и планет будет развиваться и видоизменяться в процессе своей разработки. Но результаты, уже полученные ныне, позволяют считать теорию академика Шмидта крупным достижением советской науки. Это — достижение, которым можно гордиться, на которое можно опираться при проведении дальнейших исследований.

Советские астрономы не ограничиваются изучением космической солнечной системы. Их исследования устремляются далеко за её пределы и охватывают вопросы происхождения и эволюции звёзд, звёздных систем и туманностей. В этом проявляется внимание к вопросам, имеющим принципиальное, идеологическое значение, — внимание, свойственное не только советской астрономии, но и всей советской науке.

Вопросы эволюции разнообразнейших небесных тел тесно связаны друг с другом, ибо всё это лишь отдельные звенья того вечного круговорота, в котором движется вся материя вселенной. Мы твёрдо знаем, что научные исследования будут продвигать нас всё дальше и дальше вперёд, ко всё более полному и правильному пониманию происхождения и эволюции Земли, планет и других небесных тел.

«...Марксистский философский материализм исходит из того, что мир и его закономерности вполне познаваемы, что наши знания о законах природы, проверенные опытом, практикой, являются достоверными знаниями, имеющими значение объективных истин, что нет в мире непознаваемых вещей, а есть только вещи, ещё не познанные, которые будут раскрыты и познаны силами науки и практики»¹.

¹ «История ВКП(б). Краткий курс», стр. 108.

Цена 60 коп.