

## К ВОПРОСУ ОБ ОБРАЗОВАНИИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Л. ЭДЬЕД

Геофизическая кафедра Университета им. Этвеша, Будапешт  
(Поступило 29 сентября 1959 г.)

### РЕЗЮМЕ

Автором дается новое и простое объяснение образования солнечной системы на основании данных Дирака — Гильберта.

Изучение вопроса о происхождении Земли приводит к вопросу об образовании солнечной системы. Этот вопрос является одним из наиболее сложных, но одновременно и важнейших вопросов современного естествознания. О важности его, но в то же время и о наличии проблем свидетельствует существование большого количества занимающихся этим вопросом теорий.

К решению вопроса автор желает приблизиться со стороны строения и динамики Земли.

Для солнечной системы характерны определенные закономерности, следовательно, при правильном толковании формирования ее, закономерности должны вытекать из самого толкования.

Гер Хаар отмечает следующие особенности солнечной системы:

1. Закономерности орбиты планет. Орбиты планет солнечной системы имеют почти круговую форму и они располагаются почти в одной и той же плоскости. Направления орбит отдельных планет одинаковы и совпадают с направлением вращения Солнца. Между плоскостью орбит и экваториальной плоскостью Солнца нет значительного расхождения.

2. Закономерность в расстояниях планет от Солнца, сформулированная в прошлом столетии по опытам, известная под названием закона Боден-Титцуса и выражающаяся соотношением

$$R_n = \frac{C}{2^n} + D$$

где  $n$  — порядковый номер планет считая со внешних,  $R_n$  — радиус орбиты, а  $C$  и  $D$  — постоянные. Этот закон точно не справедлив и особенно для внешних планет он не действителен.

3. Разделение планет на внешние и внутренние: внешние характеризуются большой массой, малой средней плотностью, повышенной скоростью осевого вращения и сравнительно большим количеством спутников. Внутренние планеты имеют сравнительно высокую среднюю плотность, малую массу, осевое их вращение несколько медленнее и совсем не имеют, или имеют лишь небольшое количество спутников.

4. Распределение момента импульса и массы солнечной системы: момент импульса Солнца составляет всего 2% от момента импульса всей



системы, а общая масса планет равна лишь 1/700 части всей массы системы.

Рассматривая первую группу закономерностей создается впечатление, что массы образовали когда-то массу Солнца вокруг его экватора. Это послужило основой для теорий об отрыве планет от Солнца.

Относительно закономерностей, наблюдающихся в расстояниях планет от Солнца, большинство теорий не могло дать объяснения. К наиболее логичному объяснению пришел *О. Ю. Шмидт* со своей теорией о захвате, и именно это означало самую положительную сторону его теории. Однако в толковании имелась некоторая самовольность и больше всего подчеркивалась математическая сторона результатов.

Третья группа закономерностей объяснялась большинством теорий при помощи произвольных предположений.

Четвертый вопрос оказался самым сложным и именно им можно было доказать несостоятельность большинства гипотез. Даже теория о захвате, предложенная *О. Ю. Шмидтом*, могла дать объяснение по вопросу момента импульса солнечной системы только путем предположения, что вещество, слагающее планеты, имеет происхождение от посторонних частиц большой скорости, следовательно *О. Ю. Шмидт* по существу высказал гипотезу, что момент импульса планет имеет постороннее происхождение и даже современный момент импульса Солнца обусловлен посторонними причинами.

В сущности теории об образовании солнечной системы полны отдельными предположениями, гипотезами и даже наилучшие из них могут лишь показать, что их предположения не противоречат явлениям, наблюдаемым в галактике.

Попытаемся приблизиться к этой проблеме с использованием опытов и результатов современной физики, начиная именно с наиболее сложного вопроса, вопроса о моменте импульса.

В первом приближении можно предполагать, что момент импульса любой планеты в отдельности, является постоянным, ввиду того, что возмущением остальных планет в первом приближении можно пренебречь.

В этом случае:  $mvR_n = \alpha = \text{const}$

Здесь  $m$  — масса планеты,  $v$  — скорость и  $R_n$  — радиус орбиты. Но существует и равенство между центробежной силой и притяжением:

$$\frac{mv^2}{R_n} = \frac{f m M}{R_n^2}$$

где  $M$  означает массу Солнца, а  $f$  — гравитационный коэффициент.

Из указанных двух равенств выводится соотношение:

$$f R_n = \frac{\alpha^2}{M m^2} = \beta_n = \text{const}$$

А это означает, что при постоянстве и правильном распределении момента импульса, предполагать происхождение планет от Солнца можно только при условии, что гравитационный коэффициент  $f$  был в свое время существенно большим.

И действительно, в конце тридцатых лет *Дирак* [1] пришел к заключению о наличии обратной пропорциональности между гравитационным



коэффициентом и параметром возраста мира, т. е. что  $f = \frac{\kappa}{t}$ , где только значение  $\kappa$  представляет собой универсальную постоянную, а  $t$  является постоянно увеличивающимся параметром времени. Однако физиками в основном этот вывод *Дирака* не был принят. Само доказательство *Дирака* было довольно неубедительно. Среди физиков создалось мнение, что теория гравитационного поля, в котором гравитационный коэффициент считается непостоянным, выходит за пределы теории общей относительности и нельзя ее привести в согласие с последней. Тем не менее в последнее время концепция *Дирака* снова пришла в центр интереса и в 1956 г. *Гильберт* [2] показал, что исходя из рациональных предположений, соотношение  $f = \frac{\kappa}{t}$  можно вывести и из теории общей относительности. Он даже определил современное значение параметра возраста мира и получил его равным  $4,1 \cdot 10^9$  лет. А это значение хорошо совпадает с возрастом Земли, определенным радиоактивными методами и составляющим  $4,2 \cdot 10^9$  лет.

Следовательно результаты *Дирака—Гильберта* позволяют одновременно предполагать происхождение планет от Солнца и постоянство момента импульса.

Однако исследования *Рамзея* привели к заключению, что внутри планет одно и то же вещество находится в разной фазовом состоянии под высоким давлением и каждый переход в другое состояние связан с значительным увеличением плотности. При сравнительно не слишком высокой температуре отдельные фазовые состояния определяются в первую очередь давлением. А ввиду того, что давление связано с ускорением силы тяжести, и следовательно и с гравитационной постоянной, границы фаз изменяются. Таким образом в первое время преобладали фазы, характеризующиеся весьма высоким давлением, т. е. Солнце имело чрезвычайно высокую плотность и очень малый объем. Непосредственным следствием этого является то, что начальная скорость вращения Солнца была, по сравнению с теперешней, весьма большой.

Таким образом нам следует исходить из стадии, когда параметр возраста мира имел весьма малое значение,  $t \ll 1$ , и предполагать лишь, что Солнце содержало по существу массу всей современной солнечной системы.

Вследствие существования равенства  $f = \frac{\kappa}{t}$ , найденного *Дираком* и *Гильбертом*, и на Солнце имело место большое ускорение силы тяжести и в Солнце господствовала вышеуказанная фаза высокого давления. Начальный радиус  $r_0$  Солнца являлся весьма малым, а скорость вращения, т. е. угловая скорость  $\omega_0$  — очень большой.

Однако, учитывая изменение гравитационного коэффициента во времени, границы фаз, характеризующихся высоким давлением, приходились на все большие глубины, в результате чего часть вещества, слагающего Солнце, перешла из высокой фазы в более низкую. Следствием этого было уменьшение плотности, а одновременно с уменьшением плотности снизилась и величина средней плотности и таким образом объем Солнца должен был увеличиться. Ввиду того, что снижение давления пропорционально в первую очередь линейному размеру Солнца, увеличение объема его измеряется также в первую очередь увеличением радиуса.



В первом приближении, при весьма малом значении  $t$  это увеличение можно считать пропорциональным времени. Таким образом радиус Солнца можно написать в виде  $r = r_0 + \alpha t$  где  $\alpha = \text{const}$ .

Однако, в связи с увеличением радиуса, как центробежная сила, так и ускорение силы тяжести на экваторе Солнца находились в положении постоянного уменьшения. Вместе с тем ускорение силы тяжести изменялось и за счет сокращения гравитационного коэффициента со временем, ввиду того, что  $f = \frac{\kappa}{t}$ . Таким образом на экваторе Солнца ускорение силы тяжести должно было иметь значение

$$g_s = \frac{\kappa M}{t (r_0 + \alpha t)^2}$$

Но в отношении момента импульса Солнца, вращающегося вокруг своей оси, действительно уравнение

$$\omega \sum m_i r_i^2 = \gamma = \text{const}$$

и это позволяет вычислить значение центробежного ускорения на экваторе Солнца, поскольку

$$r \omega^2 = \frac{r \gamma^2}{(\sum m_i r_i^2)^2} = \frac{A}{(r_0 + \alpha t)^3}$$

Сопоставляя это значение с ускорением силы тяжести, имеющем место на экваторе Солнца, можно показать, что не обращая внимание на фактор  $\frac{1}{(r_0 + \alpha t)^2}$  ускорение изменяется со временем в виде  $\frac{B}{t}$ , а центробежное ускорение — в виде  $\frac{A}{r_0 + \alpha t}$ . Изменение этих двух функций видно из прилагаемого графика.

Очевидно, что при  $A - \alpha B > 0$  будет иметься определенное время  $t_1$ , когда на экваторе Солнца действующее на массы притяжение и центробежное ускорение будут равняться друг другу и таким образом часть массы Солнца может оторваться от него и начать самостоятельное движение. Однако, после указанного отрыва масс радиус Солнца сокращается и легко понять, что на новом экваторе Солнца центробежная сила становится меньшей, а притяжение большим, чем до отрыва. Вследствие этого указанный процесс может повторяться. Однако из графика видно, что для отрыва масс требуется все более длительный промежуток времени и после определенного отрыва этот процесс больше уже не может повториться.

Из вышеизложенного само по себе вытекает, что орбиты планет совпадают как с экватором Солнца, так и между собой, но и то, что они должны иметь круговой характер.

Оторвавшиеся массы определяются уравнением  $f R_n = \beta_n$ , где, как уже сказано выше,  $\beta_n$  является постоянной.

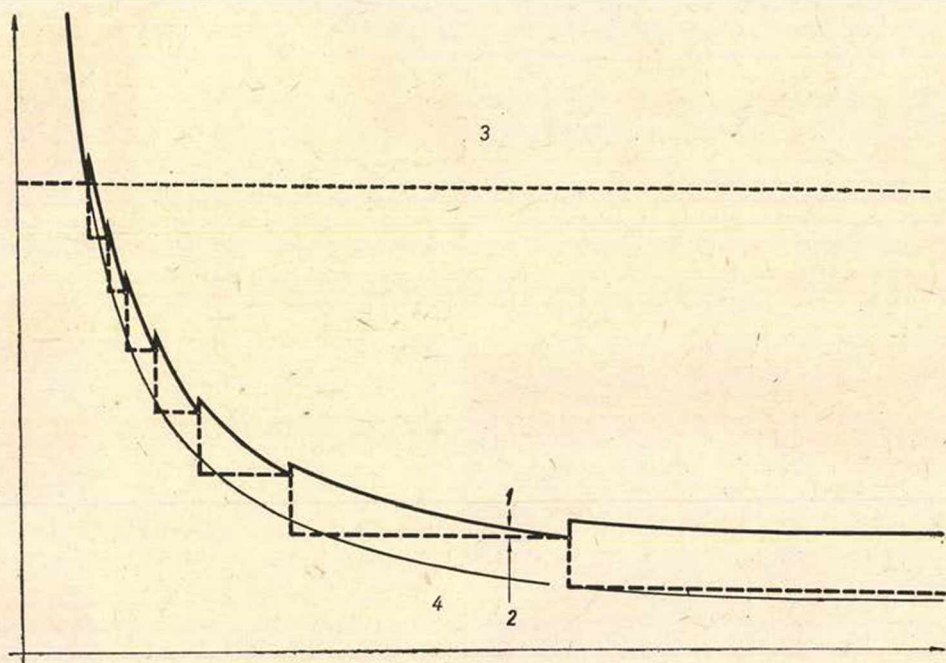
Поскольку  $f = \frac{\kappa}{t}$ , можно написать равенство

$$\frac{r_n}{t_n} = \frac{R_n}{t}$$

где  $R_n$  — радиус современной орбиты планеты, а  $r_n$  — радиус ее в моменте отрыва, т. е. в моменте  $t_n$ . Но ввиду того, что значение  $r_n$  приближенно равняется  $r_0 + \alpha t_n$ , то

$$R_n = \frac{r_0 + \alpha t_n}{t_n} = \left( \frac{r_0}{t_n} + \alpha \right) t$$

Однако, если посмотрим на приведенный график и учтем массу отдельных планет, то увидим, что отдельные значения  $t_n$  (но по крайней мере часть их)



Фиг. 1.

1. Величина притяжения на экваторе Солнца
2. Величина центробежной силы на экваторе Солнца
3.  $\frac{A}{r_0 + \alpha t}$
4.  $\frac{B}{t}$

грубо считая в два раза больше вышеуказанного значения, т. е. приближенно  $t_n = 2^n \cdot t_0$ , следовательно, в согласии с законом *Боден-Титцуса*:

$$R_n = \left( \frac{r_0}{2^n t_0} + \alpha \right) t = \frac{C}{2^n} + D$$

В начале температура Солнца не должна была быть слишком высокой. Пластическая деформация, сопровождавшая увеличение объема, повлекла за собой превращение громадных количеств энергии в теплоту. Высокая температура, представлявшая собой большую тепловую энергию, обеспе-



чила расплавленное состояние солнечной системы. Однако в этом состоянии, благодаря чрезвычайно большому гравитационному притяжению, самые верхние части резко разделились и определенное смешивание могло быть вызвано лишь появлением конвекционных потоков. Итак, очевидно, что планеты, образовавшиеся раньше, должны были иметь более низкую плотность, чем образовавшиеся позже, ввиду того, что на поверхности располагаются наиболее легкие вещества. Следовательно отрывом масс в каждом случае увеличилась и средняя плотность, также как и плотность вещества на поверхности Солнца. Ввиду того, что в соответствии с вышеизложенным механизм внутренние планеты должны были формироваться позже, плотность их также должна быть в среднем большей.

Вследствие повышенной поверхностной напряженности, вызванной повышенным гравитационным воздействием, создавшиеся раньше внешние планеты оторвались от Солнца большими массами. Следовательно в это время в зависимости  $f = \frac{z}{t}$  значение  $t$  было еще довольно малым и так процесс отрыва мог еще несколько раз повторяться. Таким образом из теории логически вытекает, что эти планеты должны иметь значительно больше спутников.

Но Луна, сопровождающая Землю, образовалась из Солнца по всей вероятности одновременно с Землей и они могут рассматриваться как «близнецы». Следовательно Луна является захваченной планетой но не сателлитом.

Открытым остался еще вопрос о распределении момента импульса. Ввиду того, что вся теория основывается на постоянстве момента импульса, здесь нет никакого противоречия. И действительно, при отрыве отдельных планет, от Солнца отделялись всегда массы с наибольшим значением удельного момента импульса. Таким образом вполне естественно, что подавляющая часть момента импульса Солнечной системы приходится на планеты.

Из предлагаемой теории кроме этого вытекает, что в звездной вселенной должно быть больше систем, подобных нашей солнечной системе, чем одинокие звезды. При современном состоянии техники обоснование этого соображения еще весьма трудно, однако несомненно, что сами астрономы приходят к заключению о наличии гораздо большего количества звездочных систем, имеющих планеты, нежели это предполагалось несколько десятилетий тому назад.

Возможно, что в первое время радиоактивному распаду препятствовала чрезвычайно большая величина гравитационного ускорения может быть этим объясняется и хорошее совпадение параметра возраста Земли, вычисленного из радиоактивного распада с параметром возраста мира, полученным из гравитационного коэффициента.

Изложенная теория несомненно имеет еще много недостатков. Открытым остался вопрос о том, почему начались в Солнце ядерные реакции. Необходимо определить численные значения начальных параметров. Решение всех этих вопросов является задачей будущего. Однако автору кажется необходимым представить перед международной общественностью уже и вышеизложенное.

1. Dirac, P. A.: *Proc. Roy. Soc. A.* 165, 199. 1938.

2. Gilbert, C.: *Monthly Notices Roy. Astr. Soc.* 116, 648—690. 1956.