

та, хотя Ньютон и не называет его имени. Он пишет, что «планеты не могут быть переносимы материальными вихрями»¹⁾.

Третья книга посвящена вопросу тяготения и небесной механике и называется «О системе мира».

§ 15. ОТКРЫТИЕ ЗАКОНА ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ, СПОР О ПОНИМАНИИ ЭТОГО ЗАКОНА

Проблема тяготения возникла в связи с гелиоцентрической теорией строения Вселенной. Для Аристотеля и его последователей — перипатетиков — проблема тяготения не существовала. В соответствии с их теорией небесные тела движутся естественно, для их движения не требуется никакая материальная сила. Другое дело тяжесть. Тяжесть есть «стремление» тела к центру мира. Ничего общего между этим стремлением и движением небесных тел перипатетики не видели.

Коперник, изменивший взгляд на строение Вселенной и затронувший механику Аристотеля, должен был прийти к обобщению понятия тяжести. И, действительно, он высказал точку зрения, что тяжесть существует не только на Земле, но и на других небесных телах. Он писал:

«...я полагаю, что тяготение есть не что иное, как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением творца Вселенной, чтобы они стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара. Вполне вероятно, что это свойство присуще также Солнцу, Луне и остальным блуждающим светилам...»²⁾

Таким образом, по Копернику, уже существует не только тяжесть на Земле, но и, если можно так сказать, своя тяжесть на других небесных телах.

Следующий шаг был сделан Кеплером, который высказал идею, что тяготение существует между любыми материальными телами и выражается в их стремлении слиться друг с другом. Небесные тела также тяготеют друг к другу. Планеты тяготеют к Солнцу, и они соединились бы с ним, если бы особые силы не удерживали их на своих орбитах. При этом Кеплер считал, что сила тяготения между небесными телами обратно пропорциональна расстоянию между ними. К этой идее он пришел, руководствуясь гипотетической аналогией между распространением света и «распространением» силы тяжести. Эта аналогия могла бы привести Кеплера к правильному выводу о наличии обратно пропорциональной зависимости между силой тяготения и квадратом расстояния. Однако он полагал, что сила тяжести (в отличие от распространения света) распространяется не в пространстве, а в плоскости орбиты планет. Отсюда и следовала обратно пропорциональная зависимость.

¹⁾ Ньютон И. Математические начала натуральной философии, с. 446.

²⁾ Коперник Николай. О вращении небесных сфер, с. 30.

В середине XVII в., после того как закон инерции стал известен, представление о силе тяготения, под действием которой приходит движение небесных тел, уже созрело. Итальянец Борелли рассматривал движение планет как результат действия силы, направленной к Солнцу (тяготения), и стремлением удалиться от него. Это движение подобно движению камня, вращающегося в праче. В 1666 г. Борелли писал:

«...Предположим, что планета стремится к Солнцу и в то же время своим круговым движением удаляется от этого центрального тела, лежащего в середине круга. Если обе противоположные силы равны между собой, то они должны уравновесиваться. Планета не будет в состоянии ни приблизиться к Солнцу, ни отойти от него дальше известных пределов, и в таком равновесии будет продолжать свое обращение около Солнца»¹⁾.

Проблемой тяготения много занимался Гук. Он, догадываясь, что планеты движутся вокруг Солнца под действием силы тяготения, высказал идею об идентичности сил тяготения и тяжести на Земле и даже гипотезу о том, что в связи с этим сила тяжести на Земле должна уменьшаться с высотой. Постепенно Гук приходит к мысли, что сила тяготения между телами должна быть обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Наконец, в письмах к Ньютону от 1680 г. он сообщал о своих предположениях, что эта сила обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами. С. И. Вавилов писал:

«Если связать в одно все предположения и мысли Гука о движении планет и тяготении, высказанные им в течение почти 20 лет, то мы встретим почти все главные выводы «Начал» Ньютона, только высказанные в неуверенной и мало доступной форме»²⁾.

К середине XVII в. относятся и первые высказывания о природе силы тяготения, послужившие началом горячей полемики. Декарт и картезианцы рассматривали силу тяготения как результат вихревых движений особой невесомой материи — эфира, заполняющего все свободное от обычных тел пространство. Но уже в 1644 г. французский ученый Роберваль утверждает, что эта сила действует на расстоянии. Он считал, что этой силе подвержены все частицы материи. По поводу этой гипотезы отрицательно отозвался Декарт. Он писал:

«...чтобы понять это, нужно признать не только то, что каждая частица материи в природе одушевлена, но что в ней содержится множество душ, одаренных сознанием, что эти души поистине божественны, ибо они могут знать, что происходит в отдаленнейших от них местах, и там производить действие без посредства какой-либо среды»³⁾.

По-видимому, основные идеи теории тяготения возникли у Ньютона к 1667 г. Однако, возможно, он полагал их недостаточно обоснованными и развитыми для опубликования. Во всяком случае, только в начале 80-х годов Ньютон считает, что привел теорию тя-

¹⁾ Розенбергер Ф. История физики. Ч. II. М. — Л., ОНТИ, 1933, с. 174.

²⁾ Вавилов С. И. Исаак Ньютон, с. 119.

³⁾ Descartes R. Oeuvres, t. IV, ed Adam et Tannery, Paris, 1901, p. 401.

готения и небесную механику в такое состояние, что их можно обнародовать. К этому времени он уже знал о законах Кеплера, решил задачу определения поля сил тяготения шара и рассмотрел ряд других вопросов, относящихся к небесной механике.

В «Началах» вопрос о тяготении Ньютон излагает последовательно и доказательно. Прежде всего он доказывает, что сила, удерживающая Луну на орбите, является той же силой, под действием которой тела падают на Землю. Ньютон рассчитывает центростремительное ускорение Луны при обращении ее вокруг Земли и показывает, что его отношение к ускорению падения тел на поверхности Земли равно отношению квадратов радиусов Земли и лунной орбиты. Отсюда он делает заключение, что центростремительная сила, действующая на Луну, если «ее (Луну. — Б. С.) опустить до поверхности Земли, становится равной силе тяжести», значит, «она и есть та самая сила, которую мы называли тяжестью или тяготением»¹⁾. Таким образом, между Землей и Луной действует сила тяготения, обратно пропорциональная квадрату расстояния между их центрами. Обобщая эти результаты, Ньютон приходит к выводу, что для всех планет имеет место притяжение к Солнцу, что все планеты тяготеют друг к другу с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

Дальнейший шаг заключается в том, что Ньютон выдвигает положение, согласно которому тяжесть какого-либо тела пропорциональна заключенному в нем количеству материи. Для подтверждения этого положения Ньютон ссылается на то обстоятельство, что ускорение тел на Земле не зависит от их веса, формы и материала. Это возможно лишь в том случае, если вес тел (т. е. сила тяжести) пропорционален количеству материи (говоря современным языком, массе). Факт пропорциональности силы тяжести и массы Ньютон подтверждает опытом с маятниками, который заключался в сравнении периодов колебаний (они равны) одинаковых по длине маятников, составленных из различных тел. Наконец, проведя дальнейшие обобщения, Ньютон приходит к закону всемирного тяготения в общем виде и с его помощью объясняет движение небесных тел (планет, Луны, комет), а также приливы морей и океанов.

Появление книги Ньютона «Математические начала натуральной философии» было важнейшим событием в научной жизни. Особенно сильное впечатление на современников произвела теория движения небесных тел, основанная на строгих математических доказательствах. Ничего подобного наука до этого не знала. Однако у многих современников возникло чувство неудовлетворенности. Ньютон впервые дал математическую «теорию неба», опираясь при этом на закон всемирного тяготения. Но что это за странное свойство тяготения, что это за сила, действующая, как утверждал Ньютон, между всеми материальными телами на расстоянии? Ньютон не объясняет это свойство, эту силу. Допустимо ли это в науке? Не является ли гипотеза о стремлении тел друг к другу на расстоянии без действия

¹⁾ Ньютон И. Математические начала натуральной философии, с. 459.

промежуточной среды возвращением к старой, отброшенной методологии схоластов?

Мы уже видели, что Декарт расценил идею тяготения как действие на расстоянии. Именно так понимали силу тяготения и его последователи картезианцы. Естественно, что уже вскоре после выхода в свет «Начал» появилась критика теории Ньютона, содержащая более или менее прямые обвинения в использовании скрытых качеств схоластов. Особенно сильной критика была со стороны французских ученых, которые находились под сильным влиянием Декарта и среди которых уже до «Начал» Ньютона велась дискуссия о природе тяготения.

Так, например, французский ученый Сорен в 1709 г. писал, что нельзя признать тяжесть «неотъемлемым свойством тел и возвращаться к осужденным идеям скрытых свойств и тяготения. Не будем обольщаться, что в наших физических изысканиях мы сможем преодолеть все трудности, но надо прекратить философствования насчет ясных принципов механики, ибо, отступив от них, мы потупим всякий свет и снова погрузимся в дебри перипатетизма, от чего да хранит нас небо»¹⁾.

Более осторожно расценивает теорию Ньютона Гюйгенс. Он считает, что гипотезу о тяготении можно использовать в небесной механике. Однако одновременно полагает, что свойство тяготения должно быть объяснено теорией, подобной вихревой теории Декарта, т. е. рассматривающей происхождение сил тяжести как результат скрытых движений особой ненаблюдаемой среды. Одновременно Гюйгенс возражал против того, что закон тяготения действует между мельчайшими частицами, из которых состоят тела. Он полагал, что если и можно объяснить тяготение планет друг к другу и даже силу тяготения между макротелами на основе картезианских принципов, то это уже нельзя сделать для микрочастиц. Гюйгенс писал:

«Причину такого притяжения невозможно объяснить каким бы то ни было механическим принципом или законом движения. Если же предположить, что тяжесть является неотъемлемым свойством материи, то такая гипотеза, которой вряд ли придерживался сам Ньютон, увела бы нас от математических или механических принципов»²⁾.

Появилась и другая, крайняя, точка зрения по вопросу о природе сил тяготения: сила тяготения не объясняется никакими материальными причинами. Больше того, имели место высказывания теологического характера о природе этой силы. Некто Бентли — директор колледжа, выступавший с лекциями против атеизма, истолковал теорию тяготения как теорию, свидетельствующую о невозможности объяснения явлений природы только материальными началами и подтверждающую существование бога.

В 1713 г. под редакцией некоего Котса вышло второе издание «Начал». В предисловии Котса дано теологическое толкование силы тяготения. Он ополчается против картезианцев, которые верили в возможность объяснения всех явлений природы понятными механи-

¹⁾ Исаак Ньютон — Сборник статей к трехсотлетию со дня рождения, с. 369.

²⁾ Там же, с. 368.

ческими, т. е. материальными, причинами. Он называет их безбожниками и отстаивает точку зрения, в соответствии с которой в основе этих явлений лежат нематериальные причины. Основные принципы установлены богом по его свободной воле, полагает Котс. Он писал:

«Из этого источника и происходили все те свойства, которые мы называем законами природы (речь идет о свободной воле божества.— Б. С.), в которых проявлено много величайшей мудрости, но нет и следов необходимости. Поэтому эти законы надо искать не в сомнительных допущениях, а распознавать при помощи наблюдений и опытов. Если кто возомнит, что он может найти истинные начала физики и истинные законы природы единственно силою своего ума и светом своего рассудка, тот должен будет признать или что мир пронзосел в силу необходимости и что существующие законы природы явились следствием той же необходимости, или же, что мирозданье установлено по воле бога, и что он ничтожнейший человечик (hominiculus) сам бы предвидел все то, что так превосходно создано.

Всякая здравая и истинная философия должна основываться на изучении совершающихся явлений, которые, если мы не будем упорствовать, приведут нас к познанию тех начал, в коих с наибольшей ясностью проявляются величайшая мудрость и всемогущество всемоудрейшего и всемогущего творца. Поэтому нельзя отвергать этих начал в силу того, что некоторым людям они не нравятся. Эти начала можно называть или чудесами, или скрытыми свойствами, как кому угодно, — насмешливые названия не обращаются в недостатки самого дела. Или же придется признать, что философия должна основываться на безбожии».

Наконец, заключает Котс, «теперь мы в состоянии ближе рассматривать величие природы и предаваясь сладостному созерцанию, в большей степени преклоняться и почитать Творца и Господа вселенной, а это и есть истинный плод философии. Надо быть слепым, чтобы из прекраснейшего и мудрейшего строения мира не усмотреть величайшей мудрости и благодати всемогущего Творца,— надо быть безумным, чтобы этого не признавать.

Поэтому превосходнейшее сочинение Ньютона представляет вернейшую защиту против нападок безбожников и нигде не найти лучшего оружия против нечестивой шайки, как в этом колчане»¹⁾.

Ньютон внес некоторые изменения во второе издание «Начал». Так, он подчеркнул необходимость признания существования силы тяготения и одновременно отказался от обсуждения ее причин. Ньютон декларировал индуктивный метод познания как основной метод науки и с некоторым пафосом отрекся от использования гипотез, не выводимых из опыта. В конце книги Ньютон писал:

«Тяготение к Солнцу составляет из тяготения к отдельным частицам его и при удалении от Солнца убывает в точности пропорционально квадратам расстояний даже до орбиты Сатурна, что следует из покоя афелиев планет и даже до крайних афелиев комет, если эти афелии находятся в покое. Причину же этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений *гипотез же я не измышляю* (курсив мой.— Б. С.). Все же, что не выводится из явлений, должно называться гипотезою. Гипотезам же метафизическим, физическим и механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии»²⁾.

Выход в свет второго издания «Начал» с предисловием Котса обострил обстановку и вызвал обострение борьбы между картезианцами и последователями Ньютона, которых становилось все больше и больше.

¹⁾ Ньютон И. Математические начала натуральной философии. с. 18—19.

²⁾ Там же, с. 591.