

переместит вес  $P$  со скоростью  $mC$  или вес  $mP$  со скоростью  $C$ . Как бы мы ни оценивали сейчас эти идеи Уоллиса, но это уже были принципы, положенные в основу построения новой науки о движении. Эти принципы позволили автору получить верные законы абсолютно неупругого удара, они давали возможность проводить расчеты характеристик движения. Но главное — сомнительность происхождения этих принципов, их субъективность послужили основой для поиска новых, более совершенных.

Вклад в теорию удара К. Рена и Э. Мариотта является развитием взглядов Гюйгенса и Уоллиса. Работа Рена была участницей того же Лондонского конкурса 1668 г. Сочинение Мариотта «Трактат об ударе или столкновении тел» [245], впервые<sup>1</sup> изданное в 1673 г., не только повторяет результаты Гюйгенса, Марци, Уоллиса и Рена, но и подводит под них обширную экспериментальную базу, связывает изучение удара с колебанием тел<sup>2</sup> (соударяются шары, совершающие колебательное движение), разрешает давний спор Декарта и Роберваля о центре качаний или удара тел (доказав совпадение этих точек для случая треугольника, качающегося около одной из сторон) и, возможно, впервые обращает внимание на то, что *количество движения должно определяться не весом, а количеством вещества* в теле. Он пишет: «Под весом тела здесь понимается не свойство, заставляющее (тело) двигаться к центру Земли, а его объем с определенной плотностью или концентрацией частей его материи, который, очевидно, и является причиной тяжести» [187, с. 298]. Таким образом, Мариотт фактически определяет понятие массы (не вводя этого слова) за пятнадцать лет до его появления в «Началах» Ньютона.

## 2.7. Теория притяжения

Поиски причин тяжести тел, изучение свойств равновесия и движения притягивающихся тел занимали важнейшее место в истории теоретической механики. Без особого преувеличения можно утверждать, что эти вопросы занимали умы всех выдающихся геометров XVII в. Кеплер, установив неравномерность движения планет, естественно, задался вопросом о причинах этого явления. Его идеи объяснения причин

<sup>1</sup>Состоялось еще два издания, второе — в 1684.

<sup>2</sup>Упругость тел поясняется на примере колебаний струны.

движения были традиционными — действие «душ светил», магнитные силы взаимодействия Солнца и планет<sup>1</sup>, распространяющиеся как свет и обратно пропорциональные расстоянию. Движение Луны объясняется («Тайна Вселенной», 1596) земным притяжением, а земные приливы и отливы — притяжением Луны.

Но уже Галилей сменил акцент в проблеме тяготения: от поиска причин к изучению свойств. «Мне думается, что сейчас неподходящее время для занятий вопросом о причинах ускорения естественного движения тел, по поводу которого различными философами было высказано столько различных мнений. Будет достаточно, если мы рассмотрим, как он [Галилей] исследует и излагает свойства ускоренного движения (безотносительно к причинам последнего)» [19, с. 301–302]. Это отношение к задаче тяготения стало определяющим в работах Гюйгенса и Ньютона.

Французский астроном Измаэль Бульо, которого Ньютон называл в «Началах» своим предшественником (как и Борелли), в «Популярной астрономии» (1645) утверждал, что если Солнце и планеты взаимодействуют как свет, то Кеплер ошибается в выражении этой силы. Если бы эта сила, подобно свету, распространялась от одной поверхности сферы к другой, то и менялась бы она по величине обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца<sup>2</sup>. Джованни Альфонсо Борелли в книге «Теория медийских планет, выведенная из физических причин» (1666) утверждал, что планеты стремятся к Солнцу по той же причине, по которой тяжелые тела стремятся к Земле. Он сравнивал движение планет с движением камня на краю пращи и считал, что «инстинкт», заставляющий планету стремиться к Солнцу, уравновешивается тенденцией тела удалиться от центра, говоря современным языком, *центробежной силой*<sup>3</sup>.

Идея всеобщности взаимодействия (притяжения) тел была высказана Робервалем в 1644 г. в трактате «Система мира по Аристарху . . . ». Комментируя этот трактат, Декарт писал, что Роберваль «предполагает, что вся мировая материя и каждая из ее частей имеют определенное свойство, в соответствии с которым вся материя объединяется и группируется в одно протяженное тело, все части которого имеют

---

<sup>1</sup>Кеплер находился под влиянием идей У. Гильберта — основоположника теории магнетизма тел.

<sup>2</sup>Плотность распределения лучей обратно пропорциональна поверхности сферы.

<sup>3</sup>Термин введен Х. Гюйгенсом.

наклонность и делают усилия к соединению одних с другими, притягиваясь взаимно одно к другому для того, чтобы быть связанными так тесно, как только это возможно. Что все и каждая из частей земли, воды и воздуха также имеют очень похожее свойство, в соответствии с которым они также взаимно притягиваются одна к другой и делают усилия для соединения» [187, с. 163]. Позднее, в 1669 г., Роберваль писал: «Я всегда по возможности буду стараться подражать Архимеду, который именно в связи с тяжестью выдвигает в качестве принципа или постулата постоянный и во все минувшие до сей поры столетия засвидетельствованный факт: существуют тяжелые тела, отвечающие условиям, о которых он говорит в начале своего трактата на эту тему. На этом основании я построю, как и он, свои рассуждения о механике, не затрудняя себя вопросом, что же такое в конце концов начала и причины тяжести, и довольствуясь тем, что буду следовать истине, если она пожелает когда-либо предстать ясно и отчетливо передо мною. Вот правило, которого я всегда хочу держаться в сомнительных рассуждениях» [23, с. 168].

В 60–80-х гг. проблема тяготения захватила умы английских ученых и завершилась в 1687 г. блестящим результатом Ньютона — формулировкой *закона всемирного тяготения*. Важным завоеванием этого периода было распространение на тяготение статуса силы, до того рассматриваемой только в статике как *эффективность действия одного тела на другое*. Уже Борелли в названном трактате 1666 г., писал, что каждая планета движется под действием трех сил: силы «естественного» стремления планеты к Солнцу (направлена к Солнцу), силы солнечного света, заставляющая планеты вращаться, и силы отталкивания планеты от Солнца, которая является следствием вращения планет по кругам. Равенство первой и третьей сил обеспечивает планете движение по орбите. Первая сила предполагалась одинаковой для всех планет, а третья — обратно пропорциональной расстоянию Солнце–планета.

Первое выступление Гука в Лондонском Королевском обществе, посвященное притяжению тел, состоялось 21 марта того же 1666 г. Гук утверждал: «Представляется, что тяготение является одним из наиболее общих действующих принципов мира...» [10, с. 126]. Далее Гук произвел ряд экспериментов, стараясь доказать, что движение по кругу состоит из прямолинейного движения по касательной и другого движения, направленного к центру вращения. В первой из «кутлеровских

лекций»<sup>1</sup>, опубликованной в 1674 г. под названием «Движение Земли», Гук предлагает свой взгляд на устройство Вселенной и, в частности, утверждает, что все небесные тела действуют с «тяготительной силой», направленной к их центрам, и степень притяжения уменьшается по мере удаления тел. В 1680 г. Гук уточнил: «... Я предполагаю, что притяжение всегда действует в отношении, обратном квадрату расстояния» [10, с. 131].

Из дневниковых записей Гука (ноябрь 1675) известно, что он изучал «Маятниковые часы» Гюйгенса, где были приведены законы центростремительного движения. С 1679 г. он восстановил переписку с Ньютоном по поводу закона всемирного тяготения, в 80-е гг. этой проблемой активно заинтересовались К. Рен, Э. Галлей, Х. Гюйгенс и многие видные геометры Европы. Появление *теории всемирного притяжения* становилось неизбежным. В 1687 г. «Начала» Ньютона сделали неизбежностью реальностью.

Эта теория важна не только сама по себе (в ее философском, мировоззренческом, физическом, математическом содержании), но для формирования механики чрезвычайно важен и сам исторический процесс ее создания, процесс формирования основных понятий, принципов и свойств движения и равновесия тел на базе идеи унификации природных и технических процессов методами математического моделирования.

Понятие количества движения, до Декарта остававшееся весьма аморфным, в его работах, в названных работах Роберваля, Уоллиса, Гюйгенса приобретает определенность. В «кутлеровских лекциях» 1680–1681 гг. Гук относит к важнейшим параметрам движения количество движения, качество движения и силу. «Под количеством движения, — пишет Гук, — я понимаю только степень скорости, присущей в определенном количестве вещества.

Под качеством движения я понимаю его модификации в теле, простое оно или сложное, преломленное или отраженное, прямое или наклонное и так далее.

Под силой я понимаю действие, или эффект, который она производит на другие тела, вибрируя или двигая их» [10, с. 121].

Эти определения количества движения и силы гораздо ближе к ньютоновским, чем к декартовским. Ближе по годам, ближе по существу.

---

<sup>1</sup>Д. Кутлер пообещал выплачивать Гуку 50 фунтов в год за ежегодное чтение 16 лекций для распространения знаний по искусствам и природе [10, с. 183].



Христиан Гюйгенс