

ма, Роберваля, Уоллиса, Гюйгенса, Ньютона, Лейбница и их научных преемников.

2.3. Механика Г. Галилея

Научные заслуги Г. Галилея больше связаны с проблемами «земной» механики, с развитием идей Архимеда, Буридана, Орема, Тарталья, Бенедетти, Дель Монте, Стевина. Хотя широкую популярность в научных кругах XVII в. он приобрел как изобретатель телескопа и первооткрыватель лунных гор, звездного строения Млечного Пути, четырех спутников Юпитера, фаз Венеры, пятен на Солнце и других небесных чудес. За истекшие с той поры столетия имя Галилея стало еще более популярным в связи с современной оценкой его вклада в формирование нового научного мировоззрения, в фундамент многих разделов современной теоретической физики и механики. Творчеству Галилея, вкладу в механику, влиянию его результатов на формирование научных интересов ученых следующих поколений посвящены детальные исследования его научных последователей — Гюйгенса, Ньютона, Лейбница, братьев Бернулли, Вариньона, Мопертюи, Эйлера, Даламбера, Лагранжа и историков науки — Койре [211], Цейтлина [88], Кузнецова [50], Григорьяна [22, 23], Дюга [187], Дрейка [185], Кирсанова [44] и других. С позиции предлагаемой периодизации истории механики Галилея можно считать типичным представителем механики начального периода. Но исторически сложилось так, что разделы механики, привлечение его внимание, оказались основными в дальнейшем строительстве теоретической механики. Таким образом, он является одним из основоположников механики переходного периода.

Для ясной оценки вклада Галилея в механику кратко остановимся на позициях (понятия, взгляды) его ближайших предшественников. В статике — это понятие тела, механизма (рычаги, наклонные плоскости, блоки, винты), условий равновесия (центр тяжести подвешенного тела находится на вертикали, проведенной через точку подвеса; равенство моментов сил, равенство работ¹ сил; силовой треугольник), правила сложения и разложения сил, принципы отвердевания и «невозможности вечного движения» («невозможности самостоятельного наруше-

¹Понятия *момента работы силы* существовали еще раньше, но они не имели общепринятого названия и разными авторами назывались по-разному.



Галилео Галилей

ния равновесия»), гидростатический закон Архимеда и правила определения давления воды на дно и стенки сосуда, закон сообщающихся сосудов. В динамике — это критическое комментирование физических концепций Аристотеля (с одной стороны, привычных и казавшихся незыблемыми, а с другой — устаревших и сомнительных, с точки зрения накопившихся за истекшие двадцать веков наблюдений и экспериментальных результатов); это идея «импетуса» во всех ее вариантах, это понятие равномерного и равноускоренного движения, это задача о движении тяжелого тела. И всегда речь шла не о построении общей теории равновесия или движения тел, а о решении конкретных, иногда практически важных, иногда надуманных задач механики.

Статическая концепция Галилея была вполне традиционной: понятие *тяжести, момента силы*, принцип виртуальных скоростей, принцип равенства моментов. Но для него покой — это состояние, предшествующее началу движения, которое определяется «отменой» статической силы, освобождением импетуса тяжелого тела. *Ускорение* начавшегося *движения пропорционально* «отменяемой» статической силе, которую Галилей определяет по величине скорости в конечный момент времени. «В такой, весьма смутной, форме подходит Галилей к фундаментальному закону механики», — говорит Р. Дюга [187, с. 73]. Им получены условия равновесия тела на наклонной плоскости, высказано утверждение о равенстве действия и противодействия.

Принято считать, что в начальный период творчества¹ Галилей находился под влиянием идей своего старшего современника Джамбаттисты Бенедетти — ученика Тартальи. Напомним, что Бенедетти развивал свои представления о движении в духе теоретиков Парижской школы: отстаивал представления об импетусе как о «вложенной силе», помещенной в движущееся тело, имеющей и величину, и направление, отвергал возможность вечного движения, считал скорость падения тела зависящей от соотношения между его весом и плотностью среды (точнее, от того, на сколько вес тела превышает вес равного ему объема окружающей среды, — идея, навеянная сочинениями Архимеда по гидростатике).

Итоги динамических воззрений Галилея, изложенных им в «Диалоге» (1632) и «Беседах» (1638), убедительно подведены исследователями его творчества и сводятся к следующему. В природе существует

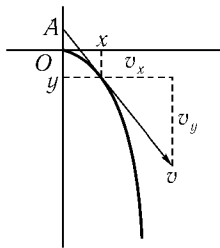
¹ «О движении» — так назывался ранний трактат Галилея, написанный в Пизе около 1590 года.

фундаментальное единство материи и движения, «земные» движения аналогичны космическим, и законы их едины. Приобретенное круговое движение «будет продолжаться непрерывно и с равномерной скоростью» [18, Т. 1, с. 125–126]. Среда не может быть причиной движения брошенного тела, она может только препятствовать движению. Тела на вращающейся Земле удерживаются тяготением. Принцип независимости движений (при падении камня, его движение складывается из вертикального свободного падения и кругового движения вместе с Землей). Принцип относительности движения: физические законы инвариантны относительно систем отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно. «Ускорение¹ движения свободно падающего тела растет постоянно с мгновения на мгновение» и изменение пройденных путей «... совершается соответственно ряду нечетных чисел², начиная с единицы..., иначе говоря, ... пройденные пространства относятся друг к другу как квадраты времен»³ [18, Т. 1, с. 322]. Скорость падения не зависит от веса тела и пропорциональна времени. Время (период) колебаний маятника не зависит от амплитуды (изохронность) и пропор-

¹В смысле изменения скорости.

²Еще Н. Орем установил, что при равноускоренном движении (речь не шла о свободном падении тел) проходимые в равные времена отрезки составляют прогрессию: 1, 3, 5, 7, ... Отсюда можно заключить, что пути пропорциональны квадратам времен: $s_1 = 1 = 1^2$; $s_2 = 1 + 3 = 2^2$; $s_3 = 1 + 3 + 5 = 3^2$; $s_4 = 1 + 3 + 5 + 7 = 4^2$; ...; $s_t = t^2$.

³Рассматривая падение тела из точки O , Галилей считал, что его траекторией будет парабола, скорость направлена по касательной к параболе и складывается



из горизонтальной $v_x = \text{const}$ и вертикальной $v_y (\sim t)$ составляющих. Из подобия получающихся треугольников,

$$y + OA = \frac{x \cdot v_y}{v_x} = \frac{v_x t \cdot v_y}{v_x} \sim t^2.$$

В «Беседах» [19] приводится доказательство «мертвого правила», близкое к доказательству Орема [55, с. 138].

ционально корню квадратному из его длины. Снаряд движется по параболической траектории. Сила удара складывается из скорости и веса тела, и эффект ее действия многократно превосходит давление «мертвого груза».

Динамические концепции Галилея значительно отличались от традиционных и поэтому привлекли внимание научных кругов. А их широкому распространению способствовал судебный процесс 1633 г., привлечший внимание к имени Галилея, переводы его трудов на французский язык и их популяризация Мерсенном и Гассенди, издание «Бесед» в Голландии. Следующим революционным шагом в формировании не только новой механики, но и нового мировоззрения стало творчество французского философа, математика, механика, физиолога — Рене Декарта.

2.4. Механические концепции натуральной философии Р. Декарта

Декарт не был чьим-либо сторонником, скорее он был оппонентом своих предшественников и современников. Оригинальность его мысли, ее математическая стройность и ясность, философская общность и глубина оказали значительное влияние на форму и содержание научных концепций не только XVII, но и последующих веков. Значительную роль в этом сыграла высокая престижность занятий наукой во всех европейских странах, но особенно ярко это проявилось во Франции, где «этот процесс приобрел национальный характер, и ему не в силах были противостоять даже те, кому принадлежала власть в стране» [44, с. 212]. Инициаторами и участниками многочисленных научных сообществ¹, как правило, были просвещенные священники, государственные чиновники, профессора колледжей и университетов, ученые-любители.

Существенное влияние на формирование научных интересов Декарта оказали Мерсенн и Бекман². Декарт писал, что физические идеи

¹Кружки в Лиможе, Каоре, Дижоне, Провансе (кружок Пейреска — одного из наиболее известных просветителей Европы, в доме которого нашел убежище Кампанелла), Париже (кружки де Ту и братьев дю Пюи, монаха Мерсенна и герцога де Монмора).

²Исаак Бекман (Веескман) — голландский математик и механик, независимо от Галилея открывший законы скоростей падающих тел и проходимых ими расстояний, предвосхитивший некоторые принципы философии Декарта.