

редь, понятия меры той или иной величины. Открытие законов движения тел в пространстве (в том числе и планет) стало возможным благодаря совершенствованию известных мер расстояния и времени, а также установлению новых измеримых характеристик движения (скорость, ускорение, траектория, радиус кривизны, период), количества вещества (масса) и интенсивности взаимодействия тел (сила). Формирование новых понятий, законов, возникновение общепринятых аббревиатур, буквенно-цифровой символики — это длительный исторический процесс концентрации установленных знаний, создания информационно емкого, формально достаточно простого и эффективного языка науки. Этот процесс шел помимо воли какого-то одного человека, он отражал стремление к поиску иных доказательств известных и познанию новых свойств тел и явлений природы, тенденцию к «экономии мышления» в связи с возрастающим потоком научных знаний и необходимостью их систематизации, осознания и использования. И в этом процессе велика роль ученых средневековья.

## 1.2. Античность и средневековый Восток

Знакомясь с состоянием математики и механики в арабских и европейских странах средневековья, следует иметь в виду, что наука тогда не относилась к важным сферам человеческой деятельности. Всеобщая религиозность общества была залогом его устойчивости, стабильности экономических, политических, культурных и иных сфер человеческой деятельности. Амбиции религиозных государственных деятелей разрешались жестокими силовыми методами, как внутри стран, так и в межгосударственных отношениях. На территории Европы и стран Востока шел болезненный и достаточно стихийный процесс захвата земель, формирования нынешней государственности. Низкий общий уровень образования населения, отсутствие стимулов развития науки даже в основных сферах деятельности — земледелие, животноводство, строительство, ремесло, военное дело — все это на протяжении многих веков сдерживало научный и технический прогресс. Поэтому содержание основных научных и технических достижений человечества (с позиций современности) долгое время совпадало с достижениями греческой, римской и арабской цивилизаций<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Иное объяснение дает А. Т. Фоменко [85].

В области математики было известно понятие числа, существовали различные способы записи целых и дробных чисел, операций (сложение, вычитание, умножение, деление) над ними, процедуры построения и решения линейных, квадратных, некоторых кубических и биквадратных уравнений. Со времен Евклида и Аполлония наиболее развитым разделом математики оставалась геометрия, чьи методы еще долгое время оставались главными и в алгебре, а позднее и в анализе. Определение длин (расстояний), углов, площадей, объемов осуществлялось по известным правилам и с использованием соответствующих мер этих величин, естественно, разных в разных странах.

Из того, что сейчас принято относить к сфере механики, были известны наклонная плоскость, колесо, клин, рычаги I и II рода, винт, полиспаст, законы равновесия (включая гидростатический закон Архимеда) тел для некоторых конкретных случаев, понятия и способы определения центра тяжести простейших тел и их удельного веса. Безусловно, были известны и использовались и более сложные механизмы, такие, как ворот, домкрат, метательные и осадные машины, весло и парус, червячная передача (сочетание зубчатых колес и реек), пневматические автоматы Герона (в том числе и прототип реактивной турбины), рычажный пресс, мельница (водяная, ветряная), но это были достижения изобретательской деятельности человека. Мир техники формировался стихийно, экспериментально, часто без существенного использования научных постулатов.

Законы равновесия тел отражали два различных подхода. Один предполагал изучение равновесия как такового, другой состоял в мысленном выведении тела из равновесия и рассмотрении его дальнейшего поведения. Эти два метода в некоторых книгах по истории механики называются соответственно *геометрической* и *кинематической статикой*. Методы считались независимыми и никак не связывались с основными законами движения тел, сформулированными еще Аристотелем.

Основные механические понятия и принципы философии Аристотеля сформировались как критическое развитие теории его учителя Платона и состояли в следующем. Под движением понималось изменение вообще: возникновение и уничтожение, рост и убывание, качественные перемены, перемещение в пространстве. Природа боится пустоты. Тела имеют различную «сущность» и принадлежат одной из 4-х стихий — земля, вода, воздух, огонь. Каждое тело стихии име-

ет свое естественное место и всегда к нему стремится. Такова причина «естественного» (без вмешательства человека) движения. Причиной «насильственного» движения тел является действие «двигателя» или «сила». Закон «насильственного» движения можно считать состоящим в том, что произведение величины «двигателя» на время движения равно произведению величины «движимого» на пройденный им путь. В современных понятиях это соответствует формуле  $F \cdot t = m \cdot s$  или  $F = m \cdot v$ , хотя возможны и иные интерпретации. Автор знаменитых трактатов «Физика», «О небе», «Метафизика» и других приписывал телам и некоторые скрытые свойства тяжести и трения, считая, что тяжелые тела падают быстрее легких.

Первое определение скорости перемещения встречается у современника Аристотеля — Автолика из Питаны. Это определение касается скорости равномерного движения: «О точке говорится, что она равномерно перемещается, если в равные времена она проходит равные и одинаковые величины» [20, с. 59]. Следует обратить внимание на то, что скорость определяется через путь и время. Отношение же пути ко времени считалось бессмысленным.

Наиболее завершенный вид имела теория прямого рычага, изложенная в трудах Архимеда («О весах», «О равновесии плоских тел и центрах тяжести плоских фигур»), псевдо-Евклида («Книги о весах») и псевдо-Аристотеля<sup>1</sup> («Механические проблемы»), Герона («Механика», «О подъеме тяжелых предметов») и Витрувия («Об архитектуре»). Применение рычагов было весьма разнообразным, но наиболее распространенным примером рычага были весы. Поэтому изучение свойств рычагов связано с «искусством взвешивания», греческое название которого *στατική τέχνη* (латинское — *statiké*) и породило слово «статика».

Общепринятая теория сводилась к следующим, проверенным многолетним опытом, положениям:

1. Равные тяжести на равных длинах уравниваются, на неравных длинах не уравниваются и перетягивает тяжесть на большей длине.
2. Если при равновесии тяжестей к одной из них будет что-нибудь добавлено, то перевесит тяжесть с добавкой.

---

<sup>1</sup>Автор не установлен, но по содержанию и стилю изложения трактата, им может быть последователь Евклида, Аристотеля, живший в I–II вв. до н. э.

3. Аналогично, если от одной из тяжестей что-нибудь отнять, то перевесит другая.

4. Если две величины уравниваются, то будут уравниваться и равные им.

5. Если центр тяжести подвешенного тяжелого тела расположен на отвесной линии, проходящей через точку подвеса, то тело находится в равновесии.

Из собственных семи постулатов, не противоречащих общепринятым положениям, чисто геометрическим способом Архимед доказал ряд теорем, суть одной из которых сводится к тому, что величины уравниваются на длинах, обратно пропорциональныхтяжестям. Под длинами понималось расстояние до точки опоры (длина рычага), поэтому, несмотря на то, что Архимед не ввел понятие статического момента, он пришел к формулировке закона равновесия рычага.

К такому же выводу, но иначе, приходит и псевдо-Евклид. Автор вводит понятия веса<sup>1</sup> и «силы веса». Смысл последнего совпадает с современным понятием статического момента. С помощью умозрительного эксперимента он показывает, что если  $CB = 3AC$  (рис. 1.2), а вес груза  $A$  в три раза больше веса груза  $B$ , то коромысло  $AB$  будет в горизонтальном положении, то есть рычаг  $AB$  в равновесии. Этот результат обобщается на общий случай, приводящий к выводу, полученному Архимедом.

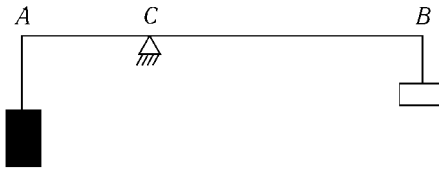


Рис. 1.2

Рассуждения Архимеда и псевдо-Евклида относятся к геометрической статике. Второй подход к изучению равновесия, с позиций кинема-

<sup>1</sup> «Вес есть мера тяжести или легкости предмета, сопоставленного с другим (предметом) с помощью весов» [259, с. 24].

тической статики, предлагается в «Механических проблемах». Автор выводит из равновесия рычаг  $AB$  (весы), у которого длинное плечо  $CB$  описывает дугу большого круга радиуса  $CB$ , а короткое плечо  $AC$  — дугу малого радиуса  $CA$ , и заключает, что «конец  $B$  должен двигаться быстрее конца  $A$ , т. к. большой радиус за то же время описывает больший круг» [34, с. 61]. Далее говорится о том, что малым усилием на длинном плече (в точке  $B$ ) рычаг можно вывести из равновесия, чего иногда нельзя добиться, прикладывая то же усилие на коротком плече (в точке  $A$ ). Отсюда делается вывод, что «одной и той же силы груз, двигаясь, поднимает тем больше, чем дальше он расположен от точки опоры» [34, с. 61]. Полученный вывод позволяет сформулировать условия равновесия прямого неравноплечного рычага через обратную пропорциональность весов и проходимых ими путей, а не расстояний до точки опоры.

Развивая точку зрения псевдо-Аристотеля, Герон отмечает, что выигрыш в силе, прикладываемой к длинному плечу, достигается увеличением не только пути, но и времени. Описывая действие ворота в учебном пособии для учеников александрийской технической школы, он пишет: «В этом инструменте, как и во всех подобных машинах большой мощности, происходит замедление, ибо в той мере, как движущаяся сила оказывается слабее, чем поднимаемый груз, в той же мере мы увеличиваем время. Так, отношение силы к силе обратно отношению времени ко времени» [201]. Время характеризует пройденный путь, поэтому заключение Герона можно, с позиций современной механики, рассматривать как *равенство работ сил*. Этот вывод близок к содержанию принципа возможных перемещений («золотое правило механики»), формировавшемуся на протяжении многих столетий трудами И. Неморария, Г. Галилея, Р. Декарта, И. Бернулли и других ученых и наиболее ясно сформулированному Лагранжем в «Аналитической механике».

Мысль о том, что экспериментальный метод вошел в науку только после работ Р. Бэкона и Г. Галилея не подтверждается историческими фактами. Интуитивно или сознательно ученые всех эпох стремились к практическому, экспериментальному подтверждению теоретических гипотез. Это было характерно еще для творчества Аристотеля, но особенно показательны опыты Архимеда по гидростатике, описанные позднее (в I в. до н. э.) Витрувием. Эти опыты позволили Архимеду

открыть знаменитый закон (всякое тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость), прославивший его имя, и ответить сиракузскому царю Гиерону на вопрос о наличии золота в его короне<sup>1</sup>.

Царские сомнения Архимед разрешил экспериментально. Он просил сделать два слитка (золотой и серебряный) весом равным весу короны и опустил в наполненный до краев водой сосуд золотой слиток. Далее он замерил мерным сосудом вылившийся объем воды, вынул золотой слиток и вновь наполнил сосуд до краев. Повторив этот опыт для серебряного слитка и короны, Архимед увидел, что объем вылившейся воды каждый раз был разным. А это означало, что корона не из чистого золота. Но, по-видимому, Архимед не ограничился описанным полукачественным экспериментом, а по свидетельству греческого механика Менелая (I в.) и его арабского переводчика ал-Хазини («Книга о весах мудрости», XII в.), изобрел «весы Архимеда», позволяющие определить количество золота в короне, не нарушая ее формы.

Следующие поколения ученых выражали сомнения, критически оценивали взгляды предшественников и предлагали свои научные концепции. Одним из наиболее видных критиков учения Аристотеля был Иоанн Грамматик, по прозвищу Филопон (Трудолюб), живший в конце V – начале VI в. В «Комментариях к физике» (517) он подвергает сомнению верность причин движения, названных Аристотелем и более поздними комментаторами его трудов Александром Афродизийским и Темистием. Комментаторы предполагали, что движению тела способствует среда (воздух, вода), в которой происходит движение. Мысленные эксперименты Филопона с брошенным камнем или выпущенной стрелой убеждают его, что причиной движения является «некоторая бестелесная кинетическая мощь», получившая название в латинских сочинениях средневековья *«impetus»*, то есть напор.

Филопон подверг критике и аристотелеву теорию падения тел, утверждая, что отношение их весов не равно отношению времен их движения. Опыты не подтверждали ни увеличение веса по мере приближения к «естественному» месту, ни его потерю в момент достижения этого места, ни увеличения веса пустого тела после его надувания воздухом.

---

<sup>1</sup>Гиерон заподозрил, что ювелир сделал ему корону не из чистого золота, а с примесью серебра.

В результате гонений в христианской Византии на «языческую» науку, ученые Александрии, Афин и других городов в V–VI вв. переезжали на восток в сохранившиеся центры древних (ранее связанных с Вавилоном и Индией) культурных традиций, во вновь создаваемые научные центры. Так политические события (распад Римской империи, возникновение Арабского халифата) привели к угасанию эллинистических научных школ и возникновению в VIII–IX вв. новых научных центров на обширной территории Аравийского полуострова, Ирана, Сирии, Палестины, Северной Африки, Пиренейского полуострова, Сицилии и Южной Италии, Армении, Средней Азии и Северо-Западной Индии. Начальный этап формирования средневековой науки на Востоке был связан с освоением достижений предшественников, чьи труды с древнегреческого переводились на персидский, сирийский, позднее на арабский языки.

В VIII–IX вв. крупнейшим научным центром халифата стал Багдад. Здесь жили многие ученые, переводчики и переписчики. При поддержке халифа ал-Мамуда (813–833) был создан «Дом мудрости» с обсерваторией и библиотекой, непрерывно пополнявшейся новыми научными трудами (в том числе и поступавшими из других стран). Это была своеобразная академия, где не только обучались, но и проводили исследования, вели астрономические наблюдения и расчеты. В этот период в Багдаде и других научных центрах халифата переводятся труды древнегреческих математиков, Аристотеля, Архимеда, Герона, Птолемея.

Следующий этап становления средневековой восточной науки характеризуется появлением в нем специфических, самобытных особенностей. В механике — это математический стиль с присущим ему четкостью, строгостью формулировок и доказательств, полнотой и систематичностью изложения материала, использованием новых вычислительных (арифметических, алгебраических) и геометрических методов; это обилие практических примеров и задач. Заключительный этап связан с адаптацией достижений арабоязычных ученых и их древнегреческих предшественников в странах средневековой Европы. Исключительно важную роль в этом процессе сыграли западные провинции халифата, первыми начавшие его распад<sup>1</sup>. В Кордове, Толедо, Севилье, Гранаде и других научных центрах Пиренейского полуострова не

<sup>1</sup> В 929 г. кордовский эмир Абдуррахман III объявил себя халифом, а Кордовский эмират — независимым от Багдада государством.

только велись исследования по математике, механике и астрономии, но и переводились на латынь наиболее ценные греческие и арабские трактаты.

Из известных ныне арабских сочинений по статике<sup>1</sup> в рукописях сохранились только некоторые: «Книга о механике» (братья Бану Му-са), «Отдельная глава о свойствах тяжести» и «Книга о карастуне» (Сабит ибн Корра), «О естественных весах и действиях с ними» (ар-Рази), «Книга о центрах тяжести» (Ибн ал-Хайсам), «Мерило разума» (Ибн Сина), трактаты ал-Бируни, ал-Хазини, Элиаса бар Шинайи, Омара Хайяма и других авторов. Во многих из названных трактатов обсуждаются и проблемы движения тел. Наиболее детально свойства и причины движения описываются в сочинениях Ибн Сины «Книга знания», «Книга исцеления», «Книга спасения», в его переписке с ал-Бируни, в уже упоминавшейся «Книге о весах мудрости» ал-Хазини, в публикациях известного багдадского ученого XII в. ал-Багдади и его испано-арабских современников Ибн Туфайля, Ибн Рушда (Аверроэса), ал-Битруджи, Ибн Баджжи (Авемпаса).

Среди арабских рукописей Парижской национальной библиотеки в 1851 г. были обнаружены два близких по содержанию и стилю изложения трактата: «Книга Евклида о весах» и «De saconiо»<sup>2</sup>. Их авторы неизвестны, хотя установлено их греческое происхождение<sup>3</sup>. Оба сочинения посвящены условиям равновесия неравноплечих весов (рычагов). В первой книге — невесомых, во второй — весомых (коромысло весов — не линия, а однородная балка с грузом, подвешенным на коротком плече). Судя по содержанию других арабских источников, эти трактаты имели основополагающее значение для статики арабского средневековья.

В основу первого из трактатов положены три аксиомы, которые в современной трактовке сводятся к следующему:

1. Если два равных груза подвешены на концах прямолинейной однородной балки, подвешенной в ее середине, то балка остается параллельной горизонту (в равновесии).

2. Если балка с двумя грузами на концах покоится (горизонтально), то ее равновесие не нарушится при перемещении одного из грузов

<sup>1</sup>Возможно, что это арабский перевод или обработка трудов Евклида [25, с. 52].

<sup>2</sup>По латыни *saconiūm* — коромысло весов.

<sup>3</sup>Авторы более чем 50 трактатов установлены, 11 сочинений анонимны.

вдоль линии, проходящей через точку подвеса груза перпендикулярно балке.

3. Равновесие балки с двумя грузами на концах не изменится, если добавить к ее точке подвеса некоторый груз.

При решении конкретных задач автор опирается на сформулированные аксиомы, пользуется введенным им новым понятием «силы груза» (аналог понятия момента силы) и формулирует закон (условие) равновесия рычага, совпадающий с современным условием равенства моментов сил.

Во втором трактате продолжается изучение условий равновесия весомого рычага-балки с грузом, подвешенным к более короткому плечу. Опираясь на архимедовское учение о центре тяжести, на его же условие равновесия рычага, автор устанавливает правило определения длин плеч рычага или точки подвеса рычага, относительно которой балка-рычаг будет сохранять равновесие.

Известно по крайней мере три «Книги о карастуне», авторами которых были братья Бану Муса, Коста ибн Лука и Ибн Корра. Все они изучают поведение неравноплечих весов (или карастуна). При доказательстве правила равновесия рычага Сабит ибн Корра пользовался подходом кинематической статики (аналогом принципа возможных перемещений). Его понятие «силы движения» близко к современному понятию работы силы тяжести на возможном перемещении<sup>1</sup>. Однако, излагая далее свои собственные результаты, Ибн Корра использовал и геометрические методы Архимеда, в частности, аксиомы, приведенные в «Книге Евклида о весах». Переходя от прямого рычага к коленчатому («ломаному»), он фактически вводит понятие момента силы как произведение веса на кратчайшее расстояние между осью вращения и линией действия силы. При этом рычаг (невесомый) не обязан быть в горизонтальной плоскости.

Обращаясь к изучению равновесия весомого рычага, Ибн Корра устанавливает правило для определения центра системы параллельных сил или центра тяжести тел. Но делает это иначе, чем в «Книге Евклида о весах». Доказательства Ибн Корры очень близки к методам геометрической статики Архимеда, его приемам вычисления центров тяжести тел методом исчерпывания. Сначала он находит равнодействующую двух равных сил, обобщает ее на любое конечное число

---

<sup>1</sup>При заданном грузе «сила движения» пропорциональна перемещению, а при заданном перемещении — весу груза.

равных сил, приложенных на равных расстояниях, а затем и на бесконечное множество равных сил, переходя к равномерно распределенной нагрузке.

Понятие центра тяжести тела, системы тел, впервые появившиеся в работах Архимеда, до сих пор является одним из важнейших в классической механике. Эта точка, именуемая еще центром масс, инерции, параллельных сил (тяжести, веса, инерции), существенно характеризует движение и равновесие тел. Поэтому ее определению, вычислению посвящены многие сочинения античных и средневековых ученых. В их числе и «Книга о весах мудрости», которая содержит не только результаты самого ал-Хазини, но и трактаты ал-Кухи, Ибн ал-Хайсама и ал-Асфизари. Классические результаты Архимеда для плоских тел здесь распространяются на пространственные тела и системы тел. Причиной существования силы тяжести тела, как и у Аристотеля, является стремление тела к своему «естественному месту», которое называется «центром Мира». Рассматривая различные случаи расположения центра тяжести тяжелой балки, системы шаров, авторы получают соответствующие условия равновесия и впервые обсуждают свойства устойчивости и неустойчивости равновесия. Ал-Хазини рассматривает три вида равновесия: *безразличное* (ось вращения балки проходит через центр тяжести системы), *устойчивое*<sup>1</sup> (центр тяжести системы ниже опоры — оси вращения), *неустойчивое* (центр тяжести системы выше опоры — оси вращения балки).

Как и в прежние времена, механика средневекового Востока включала не только работы теоретического (геометрического, физического, вычислительного) характера, но и учения о хитроумных приспособлениях, о машинах для поднятия тяжестей, воды, полива полей, «науку о зеркалах», приемы конструирования военных механизмов, весов, музыкальных инструментов, архитектуру и даже плотницкое дело. Этой «практической» механике, в частности, теории весов и взвешивания, методам определения удельного веса тела посвящена значительная часть «Книги о весах мудрости». Методы определения удельного веса (Менелая, Синда ибн Али, Абу Мансура, Юханны ибн Юсуфа, ар-Рази, ал-Бухари) обсуждаются и в трактате ал-Бируни «Об отно-

<sup>1</sup>Понятие устойчивого равновесия системы тел, его физический смысл и математическая запись в XVII в. использовались Робервалем, Гюйгенсом и другими учеными. Математические условия устойчивости равновесия системы тел впервые были сформулированы Лагранжем.

шениях между металлами и драгоценными камнями в объеме» (XI в.), в трактатах Хайяма, ат-Туси и других арабских ученых. Устройство многих механизмов, автоматов (в том числе новых) описывается в научной энциклопедии «Ключи наук» (ал-Хорезми, IX в.), в трактатах Ибн Сины («Книга знания» и «Мерило разума»), ал-Джезари («Книга, объединяющая науку и практику в искусстве механики»), ал-Караджи («Книга об извлечении скрытых вод», XI в.), написанных в русле античных традиций «Механических проблем»; «Механики» и «Автоматов» Герона Александрийского; «Пневматики» Филона Византийского.

Вопросы сущности, причин и свойств движения тел привлекали внимание многих арабоязычных ученых. Известные комментарии сочинений Платона, Аристотеля, Филопона, Симпликия, выполненные Ибн Синой, ал-Бируни, Ибн Рушдом донесли до нас взгляды древнегреческих ученых и наметили пути появления новых представлений. Так, термин «вес» у арабских ученых имел двойной смысл. Он использовался для обозначения груза, подвешенного к рычагу. А второй смысл этого слова связывался с понятием силы, перемещающей тело к его «естественному» месту — к центру Мира.

В «Книге весов мудрости» ал-Хазини прямо указывает на то, что вес (во втором смысле) зависит от расстояния до центра Мира (в центре он равен нулю). Эта путаница в понятиях веса и «тяжести соответственно положению» (прообразу момента силы) достаточно характерна для работ этого периода. Говоря о движении тел в среде, ал-Хазини считал, что скорость тела зависит от плотности среды, а само движение возможно только тогда, когда «сила», движущая тело, превосходит сопротивление среды.

Комментируя сочинения Платона, Аристотеля, Филопона, Ибн Сина, ал-Бируни и другие арабские ученые излагали свои подходы к теории движения тел. Ибн Сина, следуя Аристотелю, отрицал возможность существования пустоты, делил движения на «естественные» и «насильственные», повторял соотношения между скоростью и путем тела. Ал-Бируни выражал сомнение по поводу некоторых взглядов Аристотеля. Например, утверждал, что тела стремятся не к «естественному» месту, а к центру Земли. В «Книге исцеления» Ибн Сина возражает против аристотелевых причин движения<sup>1</sup> и предлагает считать, что в момент начала движения «двигатель» сообщает телу некоторое

---

<sup>1</sup>По Аристотелю причиной движения является давление воздуха, возникающее сзади тела.

«стремление» («маил» или «склонность»), которое и поддерживает его движение. Этих «стремлений» у тела три: *психическое*, *естественное* (у свободно падающего тела) и *насильственное* (или приложенная сила). Действие «стремления» зависит от величины веса тела. Если приложенная сила действует в пустоте, то движение должно сохраняться, не уничтожаясь и не прерываясь.

Взгляды Ибн Сины получили развитие в трудах его последователей — ал-Багдади и испано-арабских ученых. Не останавливаясь на деталях их концепций движения, заметим, что комментарии Ибн Рушда, Ибн Бадджи, Ибн Туфайля, ал-Багдади к трудам Аристотеля, Филопона, Ибн Сины сыграли важную роль в создании средневековыми европейскими учеными теории импетуса, во введении и изучении характеристик неравномерного движения.

### 1.3. Теория движения тел в философии номиналистов

Проблема движения тел (выяснение его причин и свойств) всегда была одной из основных в учениях греческих, арабских и европейских философов. Концепции Платона и его ученика Аристотеля, Филопона, Ибн Сины, отличаясь одна от другой во многих деталях, все носили умозрительный, оправдательный характер. Каждый мудрец пытался найти ответ на вопрос «почему движется тело?». Безрезультатность, неудовлетворительность попыток ответа на этот вопрос подтверждалась тем, что новые поколения ученых искали все новые и новые объяснения. Но поиск первопричины движения был и оставался обреченным на неуспех.

Более продуктивным оказался поиск ответа на вопрос «как движется тело?». Этот вопрос так или иначе присутствовал во всех философских концепциях движения, но от Аристотеля до Галилея он постепенно превратился в главный вопрос научного естествознания и техники, одновременно приняв не только качественное, философское, но и количественное, математическое выражение.

После Филопона и арабских ученых проблема движения брошенного тела начинает обсуждаться и в христианской Европе. «Ангельский доктор» Фома (Томас) Аквинский в своих комментариях к Аристотелю возражает против возможности передачи телу некоторой мощи