

**Г. Галилей**

**Избранные труды в двух томах**

**Том 2**

Г11 **Г. Галилей**  
Избранные труды в двух томах: Том 2 / Г. Галилей – М.: Книга по Требованию, 2023. – 574 с.

**ISBN 978-5-458-31727-6**

Издание настоящего собрания сочинений Галилео Галилея осуществлено в год четырехсотлетия со дня рождения великого ученого. В издании использованы переводы главных произведений Галилея, «Диалога» и «Бесед», а также «Рассуждения о телах, пребывающих в воде», выполненные при участии и под редакцией А. И. Долгова. Их литературные достоинства несомненны, но в них допущен ряд неточностей и отклонений от оригинала, не всегда последовательно выдержана терминология, она отчасти модернизирована в ущерб точности. Это относится особенно к первым трем дням «Бесед». При подготовке настоящего собрания сочинений Галилео Галилея все переводы были сверены с оригиналом и отредактированы И. Б. Погребыским. Новым является почти весь аппарат комментариев и примечаний. Некоторые комментарии оказались целесообразным дать в виде отдельных статей, и они включены в отдел Приложений, дополнительно к биографической статье, написанной Б. Г. Кузнецовым, и библиографией изданий трудов Галилея и работ о нем. Мы надеемся, что это первое собрание трудов Галилея на русском языке даст возможность читателям познакомиться с творчеством великого итальянца, которое многими нитями связано с современной наукой и запечатлено в образцово написанных произведениях. Издание настоящего собрания сочинений Галилео Галилея осуществлено в год четырехсотлетия со дня рождения великого ученого. В т.2 вошли: Механика Рассуждение о телах, пребывающих в воде. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки. Комментарии ПРИЛОЖЕНИЯ: Б. Г. Кузнецов. Галилео Галилей (Очерк жизни и научного творчества) Л. Е. Майстров. Галилей и теория вероятностей И. Б. Погребыский, У. И. Франкфурт. Галилей и Декарт И. Б. Погребыский, У. И. Франкфурт. Галилей и Гюйгенс Л. В. Жигалова. Первые упоминания о Галилее в русской научной литературе

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



# МЕХАНИКА



ПЕРЕВОД  
*Н. М. ТЕЛЕВНОЙ*

*О пользе, которая извлекается  
из науки механики и ее орудий*

**М**не думается, что прежде чем переходить к рассуждениям по поводу механических орудий, было бы чрезвычайно важно рассмотреть их в общем и уяснить себе, каковы те выгоды, которые получают от этих орудий; по-моему, это тем более следует сделать потому, что, насколько я наблюдал (если не ошибаюсь), механики часто заблуждаются, желая применить машины ко многим действиям, невозможным по самой своей природе, а в результате и сами оказываются обманутыми и в равной степени обманывают тех, кто исходил в своих надеждах из их обещаний<sup>1</sup>. Как мне кажется, я понял: главная причина подобных заблуждений — это уверенность, что такими приспособлениями всегда можно поднять и передвинуть при помощи незначительной силы громадные грузы, обманывая таким образом природу, стремление которой, я сказал бы даже: основа ее устройства, состоит в том, что никакое сопротивление нельзя преодолеть силой менее мощной, чем оно само. Я надеюсь, что те точные и необходимые доказательства, которые мы получим в дальнейшем, сделают очевидным, насколько ошибочна такая уверенность.

Поскольку было отмечено, что польза, извлекаемая из машин, состоит вовсе не в том, чтобы при помощи машины перемещать малой силой такие грузы, которые мы не были бы в состоянии переместить одной только силой, считаю уместным объяснить, какие же собственно выгоды получают

от машин, так как, если нет надежды на какую-либо выгоду, то напрасно затрачивать труд на создание самих машин.

И вот, чтобы начать наши рассмотрения, надо принять во внимание четыре предмета <sup>2</sup>: первый — это груз, который нужно перенести с места на место; второй — это сила или мощь <sup>3</sup>, которая должна его перенести; третий — это расстояние между начальной и конечной точками перемещения; четвертый — это время, в течение которого должно произойти перемещение; но время сводится к тому же, что и скорость, быстрота (*velocita*) движения, ибо из двух движений за более быстрое принимается то движение, при котором то же расстояние проходят за меньшее время. Теперь, когда задано любое сопротивление, определена сила и указано любое расстояние, нет сомнения в том, что заданная сила переместит заданный груз на указанное расстояние. Ибо, даже если сила весьма мала, то, разделив груз на множество частей, из которых ни одна не превосходит силу, и, перенося эти части одну за другой, мы переместим в конце концов весь груз на установленное расстояние; но по окончании действия следует сказать, что больший груз был сдвинут и перемещен не силой меньшей, чем он сам, а силой, несколько раз повторившей то движение и прошедшей пространство, которое, один только раз было пройдено всем грузом. Отсюда вытекает, что скорость силы во столько раз превосходит сопротивление груза, во сколько раз сам груз превосходит силу; однако из того, что за время, пока движущая сила несколько раз преодолевала расстояние между крайними точками движения, само перемещаемое тело прошло его только один раз, не следует все-таки делать вывод, что большое сопротивление оказалось преодоленным, вопреки устройству природы, малой силой. О преодолении установления природы можно было бы говорить только в случае, если бы меньшая сила переместила большее сопротивление с той же скоростью движения, с которой перемещается она сама; чего, что это мы с полной уверенностью утверждаем, невозможно добиться при помощи какой бы то ни было машины, как изобретенной, так и такой, какую вообще возможно изобрести <sup>4</sup>. Но поскольку иногда бывает необходимо, имея малую силу, переместить большой груз целиком, не разделяя его на части, то в таком случае приходится прибегать к машине, с помощью которой и перемещают предложенный груз на установленное расстояние; но при этом той же самой силе неизбежно придется преодолевать то же самое расстояние или другое, равное ему, столько раз, во сколько раз сам груз превосходит силу; так что в конце действия не получим от машины никакой пользы, кроме того, что она переместит данной силой на данное расстояние зараз весь тот груз, который, будучи разделен на части, был бы перенесен той же самой силой в течение того же самого времени на то же расстояние и без помощи машины. А именно это и должно расцениваться

как одна из выгод, получаемая от механики, потому что действительно часто оказывается необходимым при недостатке силы, но не времени, перемещать целиком большие грузы. Но кто понадеется и попытается добиться при помощи машины того же результата, не замедляя движения перемещаемого тела, тот неизбежно окажется обманутым в своих надеждах и обнаружит непонимание как природы механических орудий, так и принципов их действия.

Другая выгода, получаемая от механических орудий, зависит от места, где их применяют, ибо не все механические орудия применяются с одинаковым удобством в любом месте.

Объясним нашу мысль примером: беря воду из колодца, мы пользуемся простой веревкой с привязанным к ней сосудом, который принимает и сохраняет то количество воды, какое мы можем вычерпать за определенное время нашими ограниченными силами; но кто воображает, что можно какой-либо машиной за то же самое время при помощи той же самой силы вычерпать большее количество воды, тот глубочайшим образом заблуждается. И тем чаще и глубже он будет заблуждаться, чем более разнообразные и многочисленные приспособления он будет измышлять. Но тем не менее мы видим, что воду извлекают и другими орудиями: так, например, для высушивания корабельного трюма используют помпы. Но здесь следует заметить, что помпы применяются с той же целью вовсе не потому, что они извлекают больше воды, чем это можно сделать за то же самое время и той же самой силой простым ведром, а только потому, что применение ведра или другого какого-либо подобного сосуда в этом месте не дало бы желаемого результата, т. е. полного освобождения трюма от любого незначительного количества воды. Это вообще невозможно сделать ведром, так как оно погружается и черпает воду только там, где она стоит на достаточно высоком уровне. Мы видим, что при помощи той же помпы высушивают и погреба, откуда воду нельзя вычерпать иначе, как только наклонно, а действовать так обычным ведром, которое поднимается и опускается на своей веревке перпендикулярно, невозможно.

Третья и, вероятно, наибольшая выгода среди других выгод, получаемых от механических орудий, связана с тем, что движет; движение может быть вызвано или какой-либо неодушевленной силой, например течением реки, или же одушевленной силой, расходы на содержание которой окажутся, однако, значительно меньше расходов, необходимых для поддержания силы человека. Так, например, используя для вращения жернова течение реки или силу лошади, добиваются такого же результата, для которого оказалось бы недостаточной мощью (*il potere*) четырех или шести человек. Именно поэтому и удается нам извлекать выгоду при подъеме воды, а также совершать другие действия, которые

люди выполняют и без специальных устройств. Так, ведь уже простым сосудом можно брать воду, поднимать ее и выливать там, где это необходимо; но поскольку лошадь или другой подобный двигатель обладает только избытком сил, но не умеет рассуждать и при нем нет приспособлений, устроенных для того, чтобы подхватывать сосуд, вовремя его опоражнивать, а затем снова возвращать для наполнения, то механику необходимо восполнить этот естественный недостаток двигателя, придумывая такие приспособления, при помощи которых удавалось бы добиться желаемого результата приложением только силы. В этом-то и заключается величайшая выгода: она не в том, что колеса или другие машины меньшей силой и с большей скоростью и на большем пространстве перенесут тот самый груз, который могла бы перенести без применения орудий равная, но разумно и хорошо организованная сила, а в том, что падение воды ничего не стоит или стоит очень мало, а содержание лошади или другого какого-либо животного, сила которого превосходит силу восьми, а то и более человек, потребует гораздо меньше расходов, чем те, что необходимы для содержания такого количества людей<sup>5</sup>.

Итак, вот в чем выгода, которую получают от механических орудий; она не в том вовсе, о чем мечтают неразумные инженеры, думающие обмануть природу и только посрамляющие себя, стремясь применять машины для невыполнимых предприятий.

И из немногого, до сих пор сказанного, и из того, что будет в этом трактате доказано в дальнейшем, мы придем к тому же убеждению, если будем внимательно воспринимать все, что следует.

### *Определения*

В нашем трактате мы должны следовать тому, что необходимо во всех точных науках, а именно: предложить определения подходящих терминов и сделать первоначальные допущения, из которых, как из плодотворнейшего семени, возьмут свое начало и последовательно развернутся причины и точные доказательства свойств всех механических орудий. А так как последние используются главным образом в связи с движением тяжелых тел, то прежде всего определим, что такое тяжесть (*gravita*).

И вот: *тяжестью* мы называем естественное стремление к движению вниз, вызываемое в тяжелых телах большим или меньшим количеством материи, из которой они состоят.

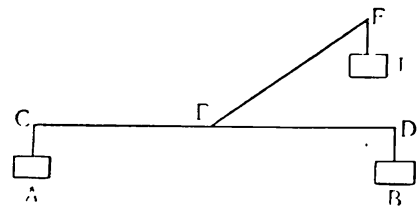
*Момент* (*momento*) — это стремление двигаться вниз, вызванное не столько тяжестью движущегося тела, сколько тем, как различные тяжелые тела размещаются относительно друг друга; при этом часто наблюдается, что благодаря моменту более тяжелые тела перевешиваются более легкими; например, в безмене, где крошечный противовес поднимает

огромный груз не из-за избытка тяжести, а из-за удаленности от точки, где безмен поддерживается, из-за удаленности, которая, в сочетании с тяжестью меньшего груза, увеличивает ему момент и импето (*impeto*) опускаться вниз, которым он может превысить момент другого, более тяжелого тела. Итак, момент — это импето опускаться вниз, состоящее из тяжести, положения и всего остального, что может вызвать такое стремление <sup>6</sup>.

За центр тяжести в каждом тяжелом теле принимается такая точка, вокруг которой расположены части с одинаковыми моментами; так что, если представим себе, что тяжелое тело подвешено и удерживается за эту точку, то части справа будут уравниваться частями слева, части спереди — частями сзади, части снизу — частями сверху, и тяжелое тело, будучи поддерживаемо таким образом, никуда не отклонится, а помещенное в какое угодно положение, будет в нем оставаться, если только оно подвешено за центр. Но это ведь именно та точка, которая стремилась бы соединиться с общим центром всех тяжелых вещей, т. е. с центром Земли, если бы она могла опускаться в какой-либо свободной среде.

На этом основании принимаем такое допущение: тяжелое тело опускается вниз таким образом, чтобы его центр тяжести никогда не сходил с прямой линии, проведенной из центра тела в его начальном положении, к общему центру тяжелых предметов.

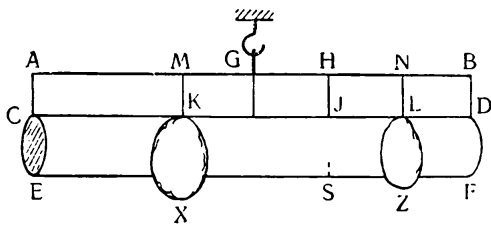
Это допущение вполне обосновано, ибо, если отдельный центр должен стремиться соединиться с общим центром, необходимо, чтобы он соединился с ним при отсутствии препятствий по кратчайшей линии, а таковой всегда является прямая. Во-вторых, можем допустить следующее: каждое тело тяготеет больше всего над центром своей тяжести, и в этом центре собственно сосредотачиваются все импето, вся тяжесть и все моменты. И, наконец, допустим, что центр тяжести двух тел с одинаковым весом находится посередине прямой линии, которая соединяет эти центры; или у двух грузов, подвешенных на равных расстояниях, точка равновесия находится на общей, соединяющей их прямой, на одинаковом расстоянии от обоих; например, если расстояние  $CE$  равно расстоянию  $ED$  и на них подвешены два равных груза  $A$  и  $B$ , то точка равновесия находится в  $E$ , так как нет основания отклонять ее как от первого, так и от второго груза <sup>7</sup>. Но здесь следует обратить внимание, что эти расстояния должны измеряться перпендикулярами, опущенными из точки опоры грузов на прямые, проведенные из центров тяжести обоих грузов до общего центра тяжелых предметов. Однако если переместить  $ED$  в поло-



жение  $EF$ , то груз  $B$  не уравновесит груз  $A$ , потому что из двух линий, проведенных из центров тяжести грузов к центру Земли, та линия, которую провели бы из центра  $J$ , оказалась бы ближе к точке  $E$ , чем линия, проведенная из центра  $A$ . Теперь понятно, почему равные грузы, будучи подвешены на равных расстояниях, каждый раз, когда из их центров проводятся прямые линии к общему центру вещей, оказываются одинаково удаленными от той прямой линии, которая проводится из конечной точки их расстояний, т. е. из точки подвеса, к тому же самому центру Земли.

После этих определений и допущений перейдем к объяснению самого общего, главного принципа 'большой части механических орудий и докажем, что неравные грузы, подвешенные на неравных расстояниях, уравниваются каждый раз, когда эти расстояния обратно пропорциональны грузам. Убежденные в истинности ранее изложенного принципа, что равные грузы, будучи подвешены на равных расстояниях, уравниваются, мы докажем не только то, что неравные грузы, подвешенные на неравных расстояниях, действительно уравниваются, если эти расстояния обратно пропорциональны самим грузам, но также и то, что подвешивание неравных грузов на обратно пропорциональных расстояниях является, по существу, тем же самым что и подвешивание равных грузов на равных расстояниях<sup>8</sup>.

Итак, представим себе однородное по весу и одинаковое по толщине твердое тело  $CDFE$ , цилиндрической или другой, сходной формы, подвешенное за крайние точки  $C$  и  $D$  к ли-



нии  $AB$ , проходящей над телом на одинаковой высоте. Теперь, если разделить самую линию  $AB$  точкой  $G$  пополам и подвесить к этой точке тело, то точка  $G$  несомненно станет точкой равновесия, так как линия, проведенная из этой точки прямо к цент-

ру Земли, прошла бы через центр тяжести твердого тела  $CF$ , а вокруг нее (линии) сосредоточились бы части с одинаковыми моментами, а это то же, как если бы к точкам  $A$  и  $B$  подвесить две половинки тяжелого тела  $CF$ . Допустим теперь, что это тяжелое тело разрезано по линии  $JS$  на две неравные части; ясно, что часть  $CS$ , а также и другая часть  $SD$  не будут больше оставаться в прежнем положении, не имея других опор, кроме двух связей  $AC$  и  $BD$ . Поэтому, переходя к точке  $J$ , допустим, что добавилась новая связь (legame), которая, будучи укреплена в точке  $H$ , лежащей на перпендикуляре к отрезку  $JD$ , поддерживает в первоначальном состоянии первую и вторую части твердого тела; отсюда вытекает: если не произошло никаких изменений ни в тяжести, ни в положении

частей твердого тела относительно линии  $AB$ , точка равновесия останется в той же точке  $G$ , где она была сначала. Кроме того, поскольку часть твердого тела  $CS$  прикрепляется к весам посредством двух связей  $CA$  и  $JH$ , то нет сомнения в том, что если отрезать эти две связи и добавить одну только связь  $MK$ , равноотстоящую от первых двух, то, поскольку под ней и находится центр тяжести твердого тела  $CS$ , последнее не сдвинется с места и не переместится, а сохранит то же самое положение относительно линии  $AH$ , а если сделать то же самое относительно другой части  $JF$ , т. е. обрезать связи  $HJ$  и  $BD$  и добавить посередине единственный крючок  $NL$ , это не приведет, очевидно, ни к каким изменениям положения относительно весов  $AB$ ; а так как обе части твердого тела  $CF$  — часть  $CS$ , подвешенная в  $M$ , и часть  $SD$ , подвешенная в  $N$ , — сохраняют то же положение относительно весов  $AB$ , какое было всегда, то равновесие несомненно установится в той же самой точке  $G$ . Теперь, когда станет понятным, каким образом возникают одинаковые моменты и в точке  $G$  устанавливается равновесие, если два тела — более тяжелое  $CS$  и менее тяжелое  $SD$  — подвесить к крайним точкам линии  $M$ , для успешного завершения поставленной задачи остается только доказать, что груз  $CS$  так относится к грузу  $SD$ , как расстояние  $NG$  относится к расстоянию  $GM$ , а последнее не составит труда сделать. Из того, что линия  $MN$  является половиной линии  $HA$ , а линия  $NH$  — половиной линии  $HB$ , следует, что вся линия  $MN$  есть половина всей линии  $AB$ ; половиной последней является также линия  $BG$ ; а из этого очевидно, что обе линии  $MN$  и  $GB$  равны между собой, и отсюда вытекает, что, если исключить отрезок  $GN$ , остаток  $MG$  будет равен остатку  $NB$ ; но линия  $NH$  также равна последнему, отсюда: линии  $MG$  и  $NH$  равны; а если к ним обоим добавить отрезок  $GH$ , то окажется, что  $MH$  равно  $GN$ . Но, как уже было доказано, линия  $MG$  равна линии  $HN$ ; поэтому линия  $MH$  так относится к линии  $HM$ , как расстояние  $NG$  к расстоянию  $GM$ , а  $MH$  так относится к  $HN$ , как  $KJ$  к  $JL$ , и двойная  $CJ$  к двойной  $JD$ , т. е., как твердое тело  $CS$  относится к твердому телу  $SD$  (линии  $CJ$  и  $JD$  являются высотами твердых тел). Итак, расстояние  $NC$  так относится к расстоянию  $GM$ , как величина твердого тела  $CS$  к величине твердого тела  $SD$ , а это, очевидно, то же отношение, которое существует между тяжестями тех же тел.

Мне думается, что из всего сказанного становится совершенно ясно каким образом два неравных тяжелых тела  $CS$  и  $SD$ , будучи подвешены на расстояниях, обратно пропорциональных их тяжестим, не только уравновешиваются но, более того, *in rei natura*\* это оказывается тем же, что подвесить на равных расстояниях два равных груза, поскольку тяжесть

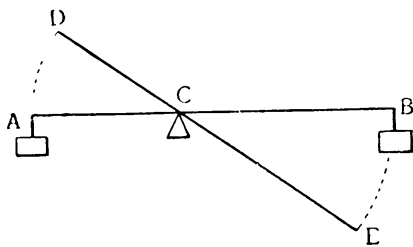
\* По природе вещей (лат.)

груза  $CS$  некоторым образом, мы скажем—виртуально распространяется за опору  $G$ , а тяжесть груза  $SD$  от той же самой опоры  $G$  оттягивается, что может понять любой рассуждающий человек, внимательно изучив все сказанное по поводу данной фигуры. И если тяжести грузов и расстояния, на которых они подвешены, остаются теми же, пусть даже изменятся формы фигур, став сферическими, подобными  $X$  и  $Z$ , нет сомнения в том, что равновесие сохранится, потому что форма — случайное качество, не могущее изменить тяжесть, которая проистекает скорее от количества. Отсюда делаем общий вывод: оказывается совершенно верным то, что неравные грузы уравниваются, будучи подвешены на неравных расстояниях, обратно пропорциональных самим грузам.

### *Некоторые замечания по поводу сказанного*

Показав, как уравниваются моменты неравных грузов, подвешенных на расстояниях, обратно пропорциональных отношению их весов, мне кажется, не следует обходить молчанием и другое сходное и вероятное положение, из которого логически вытекает подтверждение той же истины<sup>9</sup>.

Рассмотрим весы  $AB$ , разделенные на неравные части в точке  $C$ , и грузы, подвешенные к точкам  $A$  и  $B$ , и относящиеся друг к другу, как расстояния  $BC$  и  $AC$ ; из уже сказанного очевидно, что один груз уравнивает другой, но если к одному из грузов добавить минимальный момент тяжести, он станет опускаться вниз, поднимая второй груз; так, например, если мы



добавим неощутимый вес к  $B$ , весы придут в движение — точка  $B$  опустится в  $E$ , а другой конец весов  $A$  поднимется в  $D$ . А поскольку, для того чтобы заставить груз  $B$  опускаться, достаточно минимально увеличить его вес, то, не принимая в расчет это минимальное увеличение, мы не сможем отличать способность одного груза удерживать дру-

гой груз от способности его перемещать. Теперь рассмотрим движение, совершаемое тяжелым телом  $B$ , которое опускается в точку  $E$ , а также движение, совершаемое другим телом  $A$ , которое поднимается в  $D$ ; при этом мы, без сомнения, обнаружим, что путь  $BE$  во столько раз больше пути  $AD$ , во сколько раз расстояние  $BC$  больше расстояния  $CA$ <sup>10</sup>. Образовавшиеся у центра  $C$  два угла  $DCA$  и  $ECB$  равны, как углы противолежащие, а в результате этого дуги  $BE$  и  $AD$  подобны и относятся друг к другу, как описывающие их радиусы  $BC$  и  $CA$ . Итак, оказывается, что скорость опускающегося тяжелого тела  $B$  во столько раз больше скорости