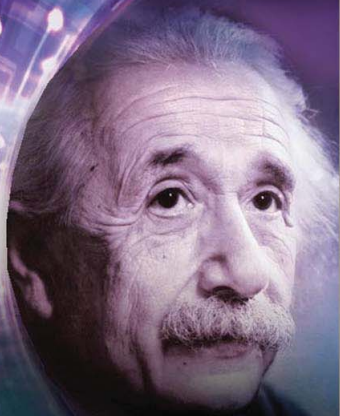
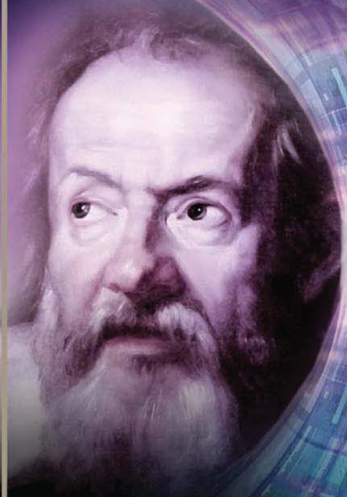


ГЕОРГИЙ ГАМОВ

ВЕЛИКИЕ ФИЗИКИ

ОТ ГАЛИЛЕО
ДО ЭЙНШТЕЙНА

КАК БЫЛИ СДЕЛАНЫ САМЫЕ ЗНАЧИМЫЕ
НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ



УДК 53(091)
ББК 22.3
Г18



Охраняется законодательством РФ
о защите авторских прав.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
воспрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона
будут преследоваться в судебном порядке

*Оформление художника
Е.Ю. Шурлаповой*

Гамов Георгий
Г18 Великие физики от Галилео до Эйнштейна. Как были
сделаны самые значимые научные открытия / Пер. с
англ. Л.А. Игоревского. — М.: Центрполиграф, 2021. —
383 с.

ISBN 978-5-9524-5582-5

Георгий Гамов — физик с мировым именем, блестящий популяризатор науки, на страницах своей книги освещает эволюцию научных представлений от Античности до середины XX века. Автор знакомит читателя с открытиями Архимеда, Кеплера, Галилея и других великих ученых прошлого, наглядно воспроизводит эксперименты Исаака Ньютона и Майкла Фарадея, живым и доступным языком объясняет явления квантовой механики, принципы атомной и ядерной физики, теорию элементарных частиц. Освещая научные открытия XX века, Георгий Гамов делится личными воспоминаниями об Эрнесте Резерфорде, Альберте Эйнштейне, Нильсе Боре и других гениальных физиках, с которыми ему довелось работать и совершать научные открытия.

Книга проиллюстрирована чертежами и рисунками автора.

**УДК 53(091)
ББК 22.3**

ISBN 978-5-9524-5582-5

© Перевод, ЗАО
«Центрполиграф», 2021
© Художественное оформление,
ЗАО «Центрполиграф», 2021

ВЕЛИКИЕ ФИЗИКИ

ОТ ГАЛИЛЕО
ДО ЭЙНШТЕЙНА

Предисловие

Существует два типа книг о физике. Один из них — это учебники, нацеленные на то, чтобы познакомить читателя с фактами и физическими теориями. В таких книгах обычно опущены все исторические аспекты развития науки и единственная информация, касающаяся великих ученых прошлого и настоящего, ограничена годами рождения и смерти (или «—»), указанными в скобках после имени. Книги другого типа носят по большей части исторический характер и посвящены биографическим данным и анализу личности великих ученых и просто перечисляют их открытия, подразумевая, что читатель знаком с самой наукой.

В данной книге я попытался придерживаться золотой середины, обсуждая в равной степени как судебный процесс Галилея, так и открытые им законы механики или делясь личными воспоминаниями о Нильсе Боре вместе с подробным обсуждением его атомной модели. В центре повествования каждой из восьми глав находится одна, максимум две великие личности, а другие физики этого времени и их вклад в науку упоминаются в основном в фоновом режиме. Это объясняет отсутствие множества имен, которые можно встретить в большинстве книг о физике, а также отсутствие многих тем, «обязательных» для обычных учебников физики. Цель этой книги в том, чтобы дать читателю почувствовать, *что такое физика и кто такие физики*, и, таким образом, заинтересовать его настоль-

ко, чтобы он продолжил изучение физики более систематически.

Когда читаешь о великих людях прошлого или настоящего, всегда хочется узнать, как они выглядели или выглядят, поэтому решил поместить портреты физиков. Не будучи художником, я использовал определенные вспомогательные устройства, такие как проектор фотоснимков на рисовальную бумагу, и в результате добился достаточного сходства.

Надеюсь, что эта книга придаст читателям импульс к изучению физики; в этом ее главная цель.

Глава 1

ЗАРОЖДЕНИЕ ФИЗИКИ

Проследить происхождение физической науки очень трудно, так же трудно, как определить истоки многих великих рек. Несколько крошечных родников, журчащих под зеленой сенью тропической растительности или вытекающих из-под покрытых мхом камней в пустынном северном краю; несколько маленьких ручейков, весело сбегających по склонам гор и сливающихся в речушки, которые, в свою очередь, формируют при слиянии поток достаточно большой, чтобы именоваться рекой. Эти реки становятся шире и шире, пополняясь за счет многочисленных притоков, и в конце концов разрастаются в могучие потоки — будь то Миссисипи, Волга, Нил или Амазонка, — несущие свои воды в океан.

В физической науке такие родники, дающие жизнь великим рекам, разбросаны по поверхности земли, где обитает *Homo sapiens*, то есть человек разумный. Однако, судя по всему, они в большинстве своем сосредоточены на южной оконечности Балканского полуострова, который был населен людьми, известными нам как древние греки. По меньшей мере, так кажется нам — тем, кто унаследовал культуру этих ранних интеллектуалов. Интересно заметить, что если другие древние нации, такие как вавилоняне или египтяне, внесли значительный вклад в развитие математики и астрономии, то они не сделали почти ничего для развития физики. Возможное объяснение этого упущения по сравнению с греческой наукой состоит в том, что боги вавилонян и египтян жили высоко среди звезд, тогда как боги древних греков обитали на высоте примерно 10 000 футов на вершине горы

Олимп и, таким образом, были гораздо ближе к земным проблемам. Согласно легенде, термин «магнетизм» произошел от имени греческого пастуха Μάγνης, которого удивило, что конец его окованного железом посоха притягивался к лежащему у дороги камню (куску магнитной железной руды). Аналогичным образом термин «электричество» произошел от греческого слова ἤλεκτρον, обозначающего янтарь, возможно, потому, что какие-то греческие пастухи, пытаясь отполировать куски янтаря, натирали его об овечью шкуру и заметили, что он приобретает загадочное свойство притягивать кусочки дерева.

Пифагорейский закон струн

Если эти легендарные открытия едва ли смогли бы отстоять свой приоритет в судебном разбирательстве, то открытие греческого философа Пифагора, жившего в середине VI века до н. э., хорошо документировано. Убежденный в том, что миром правит число, Пифагор изучал отношения между длинами струн музыкальных инструментов, порождающих гармоничные сочетания звуков. Для этой цели он использовал так называемый монохорд, то есть инструмент с одной струной, которую можно поделить на две с переменными длинами и подвергать различному натяжению с помощью подвесного груза. Используя один и тот же вес и меняя длину струны, он обнаружил, что пары гармоничных звуков получаются в том случае, когда отношения длин струн являются отношениями натуральных чисел. Так, отношение длин 2:1 соответствует тому, что известно как октава, отношение 3:2 — квинта, а отношение 4:3 — кварта. Это открытие, вероятно, стало первой математической формулой, описывающей закон физики, и может также рассматриваться как первый шаг в развитии того, что мы называем теоретической физикой. В современной физической терминологии мы можем переформулировать открытие Пифагора, говоря, что *частота* данной струны — то есть число ее колебаний в секунду — при заданном воздействии обратно пропорциональна ее длине.

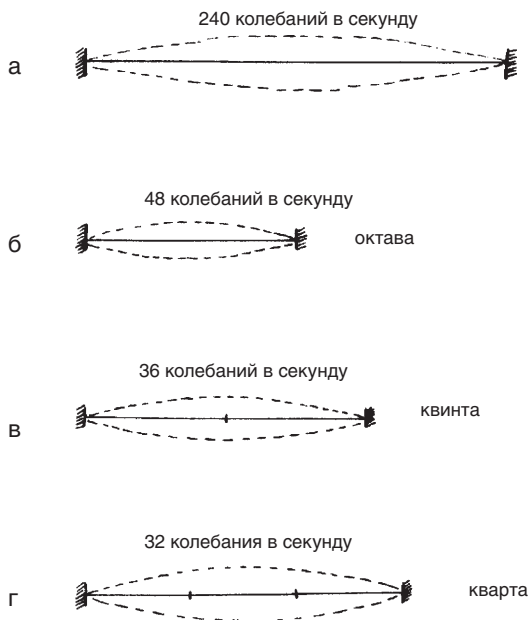


Рис. 1.1. Пифагорейский закон струн

Таким образом, если длина второй струны (рис. 1.1, б) вдвое меньше длины первой (рис. 1.1, а), то частота ее вибраций будет вдвое выше. Если отношение длин двух струн равняется 3:2 или 4:3, то частоты их вибраций находятся в отношении 2:3 или 3:4 (рис. 1.1, в и г). Поскольку часть человеческого мозга, которая получает нервные сигналы от уха, устроена так, что натуральные отношения частот, например 3:4, воспринимаются как «приятные», а более сложные, например 137:171, — как «неприятные» (психологам будущего еще предстоит объяснить этот факт!), длины струн, дающих идеальный аккорд, должны соотноситься между собой как натуральные числа.

Пифагор попытался пройти на шаг дальше, предположив, что, поскольку движение планет «должно быть гармоничным», их расстояния от Земли должны иметь те же соотношения, что и длины струн (при одинаковом воздействии), дающих семь базовых тонов лиры — греческо-

го национального музыкального инструмента. Это предположение, вероятно, является первым примером того, что теперь часто называют патологической теорией* в физике.

Демокрит, атомистическая теория

Другая важная физическая теория, которую в современной терминологии можно было бы называть «теорией без экспериментального обоснования», но которая оказалась «видением, ставшим реальностью», была предложена еще одним древнегреческим философом, Демокритом, жившим около 400 года до н. э. Демокрит полагал, что все материальные тела состоят из бесчисленного множества частиц, настолько маленьких, что их невозможно разглядеть человеческим глазом. Эти частицы он назвал *атомами*, по-гречески неделимые (*ἄτομος*), потому что считал, что они представляют собой конечную стадию деления материальных тел на все более мелкие части. По его мнению, существовало четыре вида атомов: атомы камня сухие и тяжелые; атомы воды тяжелые и мокрые; атомы воздуха холодные и легкие; и атомы огня ускользающие и горячие. Предполагалось, что все известные вещества состоят из атомов этих четырех видов. Растение, выросшее из земли под действием солнечных лучей, состоит из атомов камня и воды, которые оно берет из почвы, и атомов огня, полученных от солнца. Поэтому сухие куски дерева, утратившие все атомы воды, будут гореть, высвобождая атомы огня (пламя) и оставляя после себя атомы камня (пепел). Если определенные виды камня (железную руду) поместить в огонь, атомы камня, соединившись с атомами огня, дадут вещества, известные как металлы. Дешевые металлы, такие как железо, содержат очень мало атомов огня и поэтому выглядят не слишком красиво. Золото содержит максималь-

* Патологическая теория — это область исследований, в которой ученые обманываются, давая ложные результаты, обусловленные принятием желаемого за действительное.

ное количество атомов огня и потому красиво блестит и высоко ценится. Следовательно, если бы удалось к простому железу добавить больше атомов огня, то можно было бы получить драгоценное золото!

Студент, рассказавший все это на вступительном экзамене по химии, получил бы двойку. Но несмотря на то что эти примеры химических превращений определенно ошибочны, фундаментальная идея о получении почти неограниченного количества различных веществ с помощью комбинации всего нескольких базовых химических элементов была, несомненно, верной и по сей день является основанием современной химии. Однако понадобилось двадцать два века со времени Демокрита до времени Дальтона, чтобы представить ее правильно.

Философия Аристотеля

Одним из гигантов древнегреческого мира был человек по имени Аристотель, который стал знаменит по двум причинам: во-первых, потому, что он действительно был гением; во-вторых, потому, что он был воспитателем, а позднее протеже Александра Македонского. Он родился в 384 году до н. э. в греческом городе-колонии Стагира на Эгейском море. Его отец был придворным врачом царствующего семейства Македонии. В возрасте 17 лет Аристотель уехал в Афины, где присоединился к философской школе Платона и оставался его ревностным учеником до самой смерти Платона в 347 году до н. э. После этого он много путешествовал, пока наконец не вернулся в Афины, где основал философскую школу, известную как Перипатетическая, располагавшуюся в Ликее*. Основную часть дошедших до наших дней работ Аристотеля составляют трактаты, вероятно являющиеся текстами лекций по различным областям науки, которые он читал в Ликее. Среди них есть трактаты по логике и философии, которые он создал, трактаты по

* Название Ликей происходит от названия гимназия, расположенного около храма Аполлона Ликейского.

политической науке и различным вопросам биологии, в особенности по классификации растений и животных. Но хотя и здесь он внес огромную лепту, влиявшую на человеческую мысль в течение двух тысяч лет после его смерти, вероятно, наиболее важным стал его вклад в области физики, само название которой было придумано им от греческого слова φύσις, что означает *природа*. Упущения Аристотелевой философии в отношении физических явлений следует приписать тому факту, что великий ум Аристотеля, как было и со многими другими древнегреческими философами, не имел склонности к математике. Его идеи относительно движения земных предметов и небесных тел, вероятно, принесли развитию науки больше вреда, чем пользы. Во времена возрождения научного мышления в эпоху Ренессанса таким людям, как Галилей, пришлось бороться, чтобы сбросить ярмо Аристотелевой философии, которая повсеместно считалась последним словом в области знаний и делала совершенно ненужными дальнейшие исследования природы вещей.

Рычаг Архимеда

Другим великим греком древнего периода, жившим примерно век спустя после Аристотеля, был Архимед (рис. 1.2) — отец науки механики. Он жил в Сиракузах, столице греческой колонии на острове Сицилия. Будучи сыном астронома, он рано начал проявлять интерес и способности к математике и за свою жизнь добился целого ряда очень важных достижений в разных областях этой науки. Самой важной из его работ в области чистой математики стало открытие отношения между площадью поверхности и объемом сферы и описывающего ее цилиндра. Согласно желанию Архимеда на его могиле была установлена сфера, вписанная в цилиндр. В книге под названием Ψαμμίτης («Псаммит») (исчисление песчинок) он предложил метод записи очень больших чисел с помощью приписывания каждой цифре в записи порядка, соответствующего ее позиции (этот метод используется в наши дни в



Рис. 1.2. Архимед и корона

десятеричной системе, то есть столько-то единиц, столько-то десятков, столько-то сотен, столько-то тысяч и т. д.), и применил его к задаче подсчета числа песчинок, содержащихся в сфере размером с Землю.

В своей знаменитой книге «О равновесии плоскостей» (в двух томах) Архимед разработал законы рычага и обсудил задачу нахождения центра тяжести любого заданного тела. Современному читателю стиль Архимеда покажется довольно тяжелым и многословным, во многих

отношениях напомиающим стиль книг Евклида по геометрии.

На самом деле во времена Архимеда греческие математики занимались почти исключительно геометрией. Алгебра была изобретена арабами гораздо позже. Таким образом, доказательства в области механики и других ветвей физики делались скорее с помощью рассмотрения геометрических фигур, чем с использованием алгебраических уравнений, как делаем мы сегодня. Как в «Геометрии» Евклида, над которой в школьные годы пришлось попотеть многим читателям и читательницам, Архимед формулирует основные законы статики (то есть исследования равновесия) с помощью аксиом, а затем выводит из них ряд теорем. Мы воспроизведем здесь начало первого тома.

1. Равные тяжести на равных длинах уравниваются, на неравных же длинах не уравниваются, и перевешивают тяжести на большей длине.

2. Если при равновесии тяжестей на каких-нибудь длинах к одной из тяжестей будет что-нибудь прибавлено, то они не будут уравниваться, но перевесит та тяжесть, к которой было прибавлено.

3. Точно так же, если от одной тяжести будет отнято что-нибудь, то они не будут уравниваться и перевесит та тяжесть, от которой не было отнято.

4. При совмещении друг с другом равных и подобных плоских фигур совместятся друг с другом и их центры тяжести.

5. У неравных же, но подобных фигур центры тяжести будут подобно же расположены. Под подобным расположением точек в подобных фигурах мы подразумеваем такое, в котором прямые, проведенные из этих точек к вершинам равных углов, образуют равные углы с соответствующими сторонами.

6. Если величины уравниваются на каких-нибудь длинах, то на тех же самых длинах будут уравниваться и равные им.

7. Во всякой фигуре, периметр которой везде выпукл в одну и ту же сторону, центр тяжести должен находиться внутри фигуры.

За этими аксиомами следуют пятнадцать теорем, выведенных из них с помощью простых логических аргументов. Ниже приведены первые пять теорем без доказательств и процитировано доказательство шестой теоремы, поскольку она включает в себя основной закон рычага.

Теоремы:

1. Тяжести, находящиеся в равновесии на равных длинах, равны...
2. Неравные тяжести на равных длинах не уравновешиваются, но перевешивает большая...
3. Неравные тяжести будут (или могут) уравновешиваться на неравных длинах, причем большая тяжесть на меньшей длине...
4. Если две равные величины не имеют одного и того же центра тяжести, то для величины, составленной из обеих этих величин, центром тяжести будет середина прямой соединяющей центры тяжести этих величин...
5. Если центры тяжести трех равных величин лежат на одной прямой, и ее отрезки между центрами равны, то для величины, составленной из всех трех величин, центром тяжести будет точка, которая является центром тяжести для средней величины...

Теперь приведем доказательство шестой теоремы, слегка оживив его для простоты восприятия:

6. Две тяжести уравновешиваются на расстояниях, обратно пропорциональных этимтяжестям.

Предположим, что тяжести A , B соизмеримы (то есть отношение этих двух тяжестей представляет собой рациональную дробь, как $5/3$, $117/32$ и т. д.) и их центры тяжести изображены точками (рис. 1.3, a):

Проведем через точки $a\beta$ прямую, разделенную в точке γ так, что

$$A : B = \overline{\beta\gamma} : \overline{\gamma a}.$$

Нужно доказать, что γ является центром тяжести двух тяжестей, вместе взятых. Поскольку A и B соизмеримы, то соизмеримы $\overline{\beta\gamma}$ и $\overline{\gamma a}$. Пусть $\mu\nu$ — это общая мера для $\overline{\beta\gamma}$ и $\overline{\gamma a}$. Отложим $\overline{\beta\delta}$, $\overline{\beta\epsilon}$, равные каждая $a\gamma$, и $a\zeta$, равную $\gamma\beta$. Тогда $\overline{a\delta} = \gamma\beta$, поскольку $\overline{\beta\delta} = \gamma a$. Следовательно, $\zeta\delta$ делит-

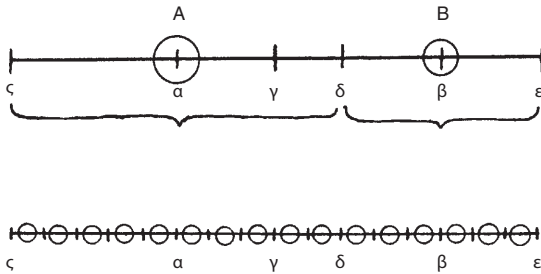


Рис. 1.3. Архимедово доказательство закона рычага

ся пополам в точке α , а $\overline{\delta\epsilon}$ делится пополам в точке β . Таким образом, каждая из $\overline{c\delta}$ и $\overline{\delta\epsilon}$ должна содержать в себе меру $\mu\nu$ четное число раз.

Возьмем такую тяжесть Ω , что она содержится в A столько же раз, сколько $\overline{\mu\nu}$ содержится в $\overline{c\delta}$, тогда:

$$A : \Omega = \overline{c\delta} : \overline{\mu\nu}.$$

Однако

$$B : A = \overline{\gamma\alpha} : \overline{\beta\gamma} = \overline{\delta\epsilon} : \overline{c\delta}.$$

Тогда *ex aequalis** $B : \Omega = \overline{\delta\epsilon} : \overline{\mu\nu}$, или Ω содержится в B столько же раз, сколько $\overline{\mu\nu}$ содержится в $\overline{\delta\epsilon}$. Таким образом, Ω является общей мерой для A и B .

Разделим $\overline{c\delta}$ и $\overline{\delta\epsilon}$ на части, равные $\mu\nu$, а A и B на части, равные Ω . Тогда число частей в A будет равно числу частей в $\overline{c\delta}$, а число частей в B — числу частей в $\overline{\delta\epsilon}$. Поместим одну часть A в среднюю точку каждой части $\overline{\mu\nu}$ отрезка $\overline{c\delta}$, а одну часть B в среднюю точку каждой части $\overline{\mu\nu}$ отрезка $\overline{\delta\epsilon}$ (рис. 1.3, б)

Тогда центр тяжести частей A , помещенных на равных расстояниях отрезка $\overline{c\delta}$, окажется в точке α , расположенной в середине отрезка $\overline{c\gamma}$, а центр тяжести частей B , помещенных на равных расстояниях отрезка $\overline{\delta\epsilon}$, окажется в точке β , расположенной в середине отрезка $\overline{\delta\epsilon}$. Но система тяжестей A и B , вместе взятых, составленная из частей Ω , является системой четного числа равных тяжестей, расположенных на рав-

* По равенству.

ных расстояниях по отрезку $\overline{\zeta\epsilon}$. И поскольку $\overline{\zeta\alpha} = \overline{\gamma\beta}$, $\overline{\alpha\gamma} = \overline{\beta\epsilon}$, $\overline{\zeta\gamma} = \overline{\gamma\epsilon}$, то γ является серединой отрезка $\overline{\zeta\epsilon}$. Следовательно, γ — центр тяжести системы, расположенной на отрезке $\overline{\zeta\epsilon}$. Таким образом, тяжесть A , действующая в точке α , и тяжесть B , действующая в точке β , уравниваются в точке γ .

За этой теоремой следует теорема 7, в которой доказывается то же самое утверждение для случая, когда A и B несоизмеримы (то есть отношение этих двух тяжестей является иррациональным числом, как, например, $\sqrt{2}$).

Открытие принципа рычага и различные его приложения произвели сенсацию в Древнем мире, что мы можем видеть из описания, данного Плутархом в его книге «Жизнь Марцелла» — римского генерала, который захватил Сиракузы во время Второй Пунической войны и который отчасти был ответствен за убийство Архимеда, внесшего большой вклад в оборону города путем строительства хитроумных военных машин. Плутарх пишет: «Архимед как-то раз написал царю Гиерону, с которым был в дружбе и родстве, что данную силу можно сдвинуть любой данный груз; как сообщают, увлеченный убедительностью собственных доказательств, он добавил сгоряча, что, будь в его распоряжении другая Земля, на которую можно было бы встать, он сдвинул бы с места нашу. Гиерон изумился и попросил претворить эту мысль в действие и показать какую-либо тяжесть, перемещаемую малым усилием, и тогда Архимед велел наполнить обычной кладью царское трехмачтовое грузовое судно, недавно с огромным трудом вытасченное на берег целою толпою людей, посадил на него большую команду матросов, а сам сел поодаль и, без всякого напряжения вытягивая конец каната, пропущенного через составной блок, придвинул к себе корабль — так медленно и ровно, точно тот плыл по морю».

Принцип рычага играет очень важную роль для всех слоев общества, от фермера, использующего лом, чтобы передвинуть тяжелый валун, до современного инженера, использующего сложные устройства. Закон рычага, сформулированный Архимедом, дает нам очень важные знания о *работе*, выполняемой под действием силы. Предположим, что нам нужно поднять тяжелый камень (рис. 1.4),

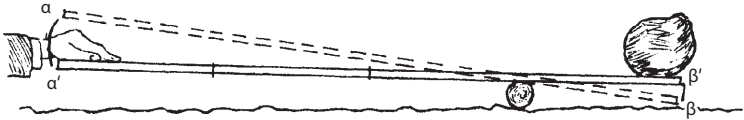


Рис. 1.4. Если левое плечо рычага в три раза длиннее правого плеча, то перемещение его левого конца ($\overline{aa'}$) в три раза больше, чем перемещение правого конца ($\overline{bb'}$)

используя лом с соотношением плеча $\overline{a\gamma} : \overline{\gamma b} = 3 : 1$. Мы можем сделать это, надавив на рукоятку лома с силой, которая в три раза меньше, чем сила тяжести, действующая на камень.

Из рисунка видно, что, когда камень поднимается, скажем, на 1 дюйм от земли ($\overline{bb'}$), рукоятка лома уходит вниз на 3 дюйма ($\overline{aa'}$). Таким образом, получаем, что результат действия силы, с которой мы нажимаем на рукоятку лома, умноженный на величину его перемещения вниз, равен весу камня, умноженному на величину его перемещения вверх. Результат действия силы по перемещению точки ее приложения называется работой этой силы. Таким образом, согласно Архимедову закону рычага *работа, производимая рукой, толкающей вниз длинный конец лома, равна работе по поднятию камня, производимой его коротким концом*. Это утверждение может быть обобщено для любых видов механической работы. Например, работа грузчиков, поднимающих рояль на третий этаж, равна работе по подъему трех роялей на один этаж (профессиональные грузчики могут с этим не согласиться, поскольку в случае трех роялей труднее подогнать стропы и т. д., но мы говорим только о работе по подъему этого тяжелого предмета).

Принцип равенства работ двух концов рычага может применяться и к другому похожему устройству — блоку, который Архимед использовал для перемещения тяжелого корабля к огромному удивлению царя Гиерона. Если для того, чтобы поднять большой груз, протянуть привязанную к ней веревку через колесо, подвешенное на деревянной балке (рис. 1.5, *a*), то груз поднимется на расстояние l равное длине d , на которое была вытянута веревка, а сила Fl будет равна весу груза.

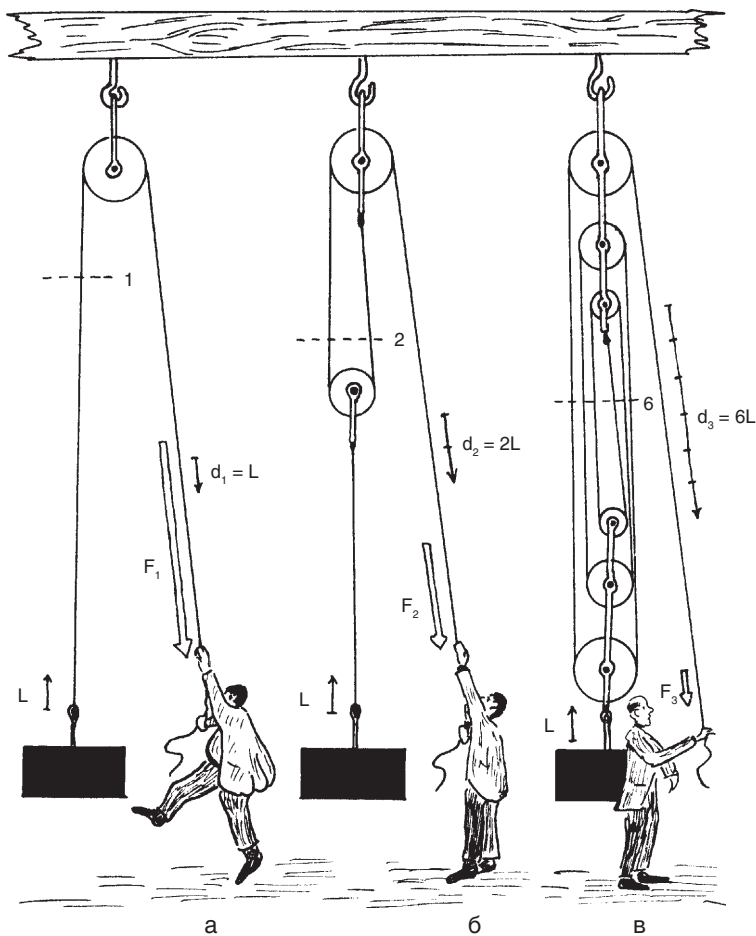


Рис. 1.5. Принцип блока

Однако если использовать два колеса, как показано на рис. 1.5, б, то длина веревки увеличится вдвое, а сила, которую нужно приложить, будет в два раза меньше веса поднимаемого груза. В системе, показанной на рис. 1.5, в, сила, необходимая для поднятия груза, составит всего одну шестую веса груза, а длина веревки d будет в шесть раз больше расстояния, на которое поднимется груз.

Вероятно, самое известное открытие, сделанное Архимедом, — это закон, относящийся к уменьшению веса тел, погруженных в жидкость. Случай, который привел к этому открытию, описан Витрувием в следующих выражениях: «В случае с Архимедом, несмотря на то что он сделал много удивительных открытий разного рода, именно то, о котором я расскажу, видимо, стало результатом его безграничной изобретательности. Гиерон, после того как получил царскую власть в Сиракузах, решил в знак своего успеха передать в некий храм золотую корону, которую поклялся пожертвовать бессмертным богам. Он заказал ювелиру изготовить ее за определенную цену, для чего отвесил ему необходимое для работы количество золота. В назначенное время ювелир принес царю прекрасно выполненную работу, и оказалось, что вес короны в точности соответствует весу переданного ему золота. Однако позднее ювелира обвинили в том, что при изготовлении короны он забрал часть золота, заменив его равным по весу серебром. Гиерон, который считал оскорблением, что его обманули, и в то же время не знал, как изобличить вора, попросил Архимеда придумать способ. Последний, обдумывая эту проблему, отправился в баню и там, погрузившись в ванну, заметил, что чем глубже его тело опускалось в воду, тем больше воды выливалось из ванны. Поскольку это указывало на решение задачи, над которой думал Архимед, он на радостях без промедления выскочил из ванны и голым бросился домой с громким криком, что нашел то, что искал. Он снова и снова выкрикивал на греческом εὑρηκα! («Эврика!» — «нашел!»).

Таково начало истории этого открытия. Дальше говорится, что он сделал два объема одинакового с короной веса, один из золота, другой из серебра. После этого он наполнил большую емкость водой до краев и опустил в нее объем из серебра. Из емкости вылилось ровно столько воды по объему, сколько серебра он погрузил в воду. Затем, вытащив груз, он стал доливать недостающую воду, используя в качестве меры пинту, пока вода снова не дошла до краев. Таким образом, он установил вес серебра, соответствующий этому количеству воды.

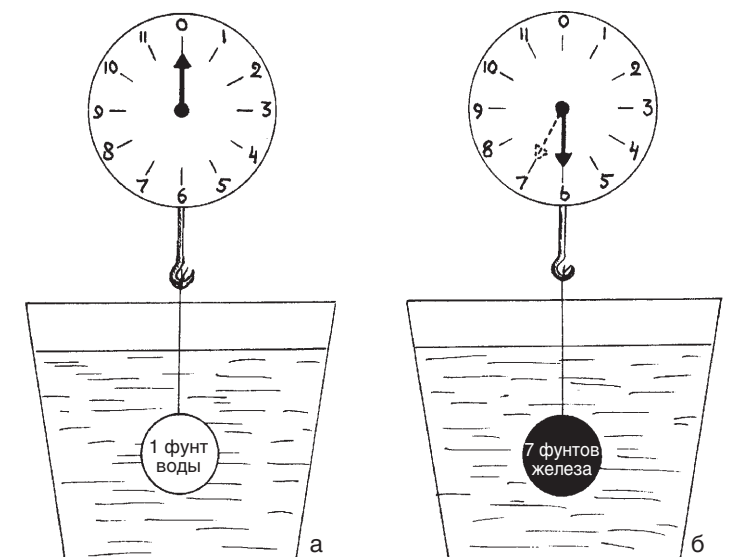


Рис. 1.6. Доказательство закона Архимеда о плавающих телах

Потом Архимед точно так же опустил в емкость объем из золота и определил, что воды вылилось меньше, чем в предыдущем случае, а именно настолько, насколько объем золота был меньше объема серебра того же веса. Наконец, снова наполнив емкость, он погрузил туда саму корону и обнаружил, что в случае короны вылилось больше воды, чем в случае объема золота того же веса. Тогда, учитывая, что в случае короны вылилось больше воды, чем в случае объема золота того же веса, он определил, что в короне к золоту подмешано серебро, и, таким образом, сделал воровство ювелира совершенно очевидным.

Доказательство закона Архимеда, данное им в книге «О плавающих телах», несколько тяжеловато, хотя и совершенно корректно, и мы воспроизведем его здесь более современным языком, рассмотрев, что случится, если погрузить в ведро с водой металлический шар (рис. 1.6).

Сначала предположим, что вместо железного шара у нас тонкий пластиковый шар того же диаметра, наполненный водой (рис. 1.6, а). Поскольку весом пластиковой оболочки

можно пренебречь, ситуация будет такой же, как если бы вода в шаре была просто частью воды в ведре, и весы покажут 0. Теперь заменим воду в шаре железом (рис. 1.6, б), которое в семь раз тяжелее такого же объема воды. Поскольку 1 фунт воды поддерживался остальной водой в ведре и весы показывали 0, замена воды на железо добавит лишь $7 - 1 = 6$ дополнительных фунтов, что и отразится на весах в этом случае. Таким образом, можно сделать вывод, что железный шар, весящий (в воздухе) 7 фунтов, за счет погружения в воду стал легче на 1 фунт, то есть на вес вытесненной им воды. Это закон Архимеда, который гласит, что «любое тело, погруженное в жидкость, становится легче на вес жидкости, которая была им вытеснена».

Архимед — военный советник

Архимед, помимо того, что был великим математиком и основателем науки механики, был, говоря современным языком, «советником по вопросам промышленности и вооруженных сил».

Самым лучшим из его инженерных изобретений, известных нам, является так называемый Архимедов винт, используемый для поднятия воды. Это приспособление, показанное на рис. 1.7, работа которого самоочевидна, явно широко использовалось для орошения и для откачки подземных вод из шахт.

Участие Архимеда в работе для военных, вероятно, началось с демонстрации блока царю Гиерону. Согласно яркому описанию Плутарха в «Жизни Марцелла»:

«Царь был поражен и, осознав все могущество этого искусства, убедил Архимеда построить ему несколько машин, для защиты и для нападения, которые могли бы пригодиться во всякой осаде; самому Гиерону, проведшему большую часть жизни в мире и празднествах, не пришлось воспользоваться ими, но теперь и машины, и их изобретатель со служили сиракузянам верную службу».

Итак, римляне напали с двух сторон, и сиракузяне растерялись и притихли от страха, полагая, что им нечем сдер-

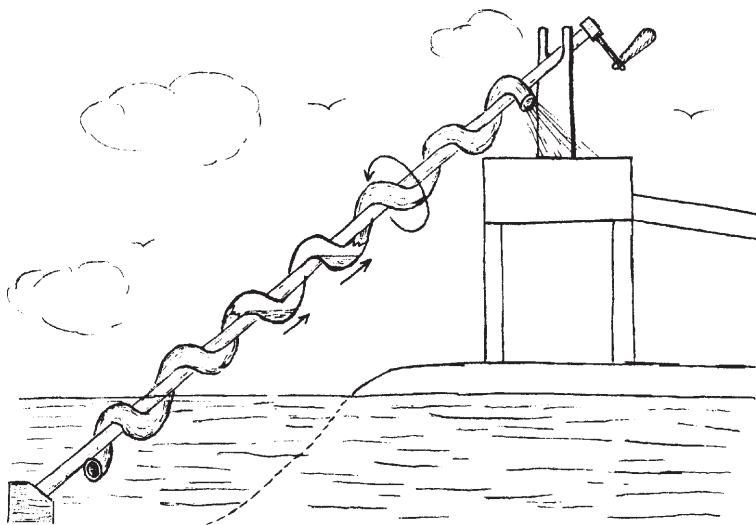


Рис. 1.7. Винт Архимеда перекачивает воду просто за счет своего вращения. Чтобы понять принцип действия, попытайтесь задуматься, что происходит с нижней частью трубы, когда она поворачивается, и вы увидите, что она двигается вверх: то есть не сама труба, а положение ее «минимума», содержащего воду. Может быть полезным сделать спираль, например, из проволоки, и вы увидите, что происходит, когда она вращается вокруг своей оси

жать столь грозную силу. Но тут Архимед пустил в ход свои машины, и в неприятеля, наступающего с суши, понеслись всевозможных размеров стрелы и огромные каменные глыбы, летевшие с невероятным шумом и чудовищной скоростью, — они сокрушали всё и всех на своем пути и приводили в расстройство боевые ряды, — а на вражеские суда вдруг стали опускаться укрепленные на стенах брусья и либо топили их силою толчка, либо, схватив железными руками или клювами вроде журавлиных, вытаскивали носом вверх из воды, а потом, кормюю вперед, пускали ко дну, либо, наконец, приведенные в круговое движение скрытыми внутри оттяжными канатами, увлекали за собою корабль и, раскрутив его, швыряли на скалы и утесы у подножия стены, а моряки погибали мучительной смертью. Нередко взору открывалось ужасное зрелище: поднятый

высоко над морем корабль раскачивался в разные стороны до тех пор, пока все до последнего человека не оказывались сброшенными за борт или разнесенными в клочья, а опустевшее судно разбивалось о стену или снова падало на воду, когда железные челюсти разжимались.

Машина, которую Марцелл поставил на поплавок из восьми судов, называлась самбука, потому что очертаниями несколько напоминала этот музыкальный инструмент; не успела она приблизиться к стене, как в нее полетел камень весом в десять талантов, затем — другой и третий. С огромной силой и оглушительным лязгом они обрушились на машину, разбили ее основание, расшатали скрепы.

Марцелл, не видя иного выхода, и сам поспешно отплыл, и сухопутным войскам приказал отступить. На совете было решено ночью, если удастся, подойти вплотную к стене: сила натяжения канатов, которыми пользуется Архимед, рассуждали римляне, такова, что придает стрелам большую дальность полета, и, стало быть, некоторое пространство вблизи полностью защищено от ударов. Но Архимед, по-видимому заранее все предусмотрев, приготовил машины, разящие на любое расстояние, и короткие стрелы; подле небольших, но часто пробитых отверстий в стенах были расставлены невидимые врагу скорпионы с малым натяжением, бьющие совсем близко.

И вот когда римляне подошли к стене, как они полагали, совершенно незаметно, их снова встретил град стрел, на головы им почти отвесно посыпались камни, а сверху отовсюду полетели дротики; и они отступили. Когда же они оказались в некотором отдалении, сиракузяне опять засыпали их стрелами, поражая бегущих; многие погибли, многие корабли столкнулись, меж тем как отплатить врагу римляне были не в силах: ведь большая часть Архимедовых машин была скрыта за стенами, и римлянам казалось, что они борются с богами — столько бед обрушивалось на них неведомо откуда.

Впрочем, Марцелл вышел из дела невредим и, посмеиваясь над своими мастерами и механиками, сказал: „Не довольно ли нам воевать с этим Бриареем от геометрии, который вычерпывает из моря наши суда, а потом с по-

зором швыряет их прочь, и превзошел сказочных сторуких великанов — столько снарядов он в нас мечет!“ И в самом деле, прочие сиракузяне были как бы телом Архимедовых устройств, душою же, приводяшею все в движение, был он один: лишь его машины обороняли город и отражали натиск неприятеля, тогда как все остальное оружие лежало без движения. В конце концов, видя, что римляне запуганы до крайности и что, едва заметив на стене веревку или кусок дерева, они поднимают отчаянный крик и пускаются наутек в полной уверенности, будто Архимед наводит на них какую-то машину, Марцелл отказался от дальнейших стычек и приступов, решив положиться на время.

Когда после двух лет осады в 212 году до н. э. римские легионы в конце концов захватили Сиракузы, отряд римских солдат ворвался в дом Архимеда, который в это время находился на заднем дворе и был занят рисованием сложных геометрических фигур на песке.

«Noli tangere circulos meos!» («Не трогайте мои рисунки!») — воскликнул Архимед на своей неважной латыни, когда один из солдат подошел к ним. В ответ солдат пронзил философа своим копьем.

Когда Цицерон, будучи квестором, посетил Сицилию в 137 году до н. э., он нашел заросшую терновником и чертополохом могилу Архимеда вблизи Агриджентинских ворот. Цицерон пишет: «Один из самых славных городов Греции, некогда породивший на свет столько ученых, не знал уже даже, где находится гробница самого гениального из его горожан, пока она не была найдена человеком из Арпинума».

Александрийская школа

С упадком политической и экономической мощи Афин центр греческой культуры переместился в Александрию, основанную в 332 году до н. э. Александром Великим на египетском побережье Средиземного моря как ключевой порт для торговли между Европой и Востоком. Со временем Александрия превратилась в красивый город, в котором

было «...4000 дворцов, 4000 бань, 12 000 садов, 40 000 евреев, плативших дань, и 400 театров и других мест развлечения». В ней также находился передовой университет и огромная библиотека, которая позже, к сожалению, была уничтожена огнем в результате большого пожара в городе, возникшего, когда Юлий Цезарь приказал сжечь египетский флот, стоявший в александрийской гавани. Здесь Евклид написал свои «Начала», а молодой студент из Сиракуз Архимед получил основы научных знаний.

В области астрономии Александрия была представлена Гиппархом, жившим в середине II века до н. э. Гиппарх сделал самые точные из всех возможных в то время измерений положения звезд и составил каталог более 1080 звезд, который до сих пор используется астрономами как источник информации о положении звезд в древности. Он также открыл явление прецессии равноденствий, которые являются точками на небесной сфере, где солнце пересекает небесный экватор во время своего ежегодного движения между звезд. Это явление имеет место, потому что земная ось, расположенная под наклоном к плоскости ее орбиты, описывает конус вокруг перпендикуляра к орбите с периодом в 26 000 лет. Причина такого движения была открыта почти на тысячу лет позже сэром Исааком Ньютоном.

Что касается физики, Александрийская школа была представлена Героном, который был больше инженером-изобретателем, чем физиком. Его книга «Механика» содержит много верных утверждений и в то же время множество математических ошибок.

Несмотря на недочеты в математическом представлении основных задач, книга Герона по механике содержит описание большого числа полезных приспособлений, таких как составные блоки, различные шестерни, зубчатые механизмы и т. д. В своей книге по пневматике он описывает принцип сифона (рис. 1.8, *a*), и паровой реактивный двигатель (рис. 1.8, *б*) который, несмотря на свое сходство с обычной машиной для полива газонов, можно рассматривать как предшественник современных реактивных двигателей.

Герон написал также книгу под названием «Катоптрика», в которой содержатся теория зеркал и их практические

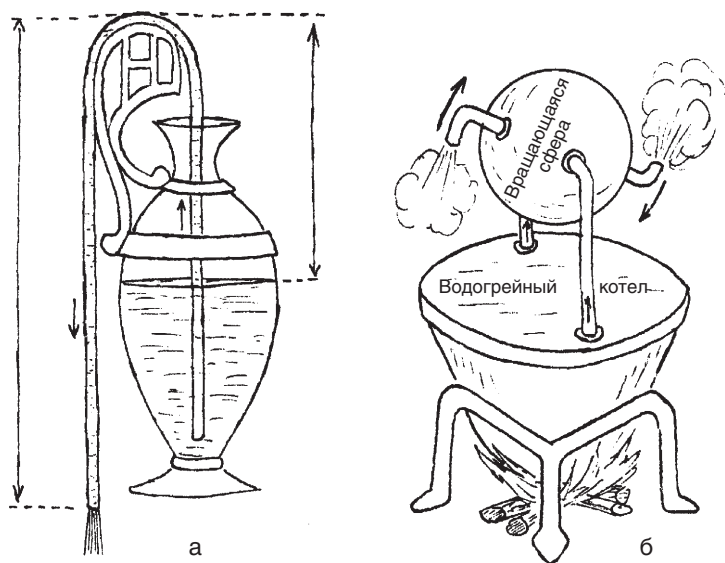


Рис. 1.8. Два устройства, изобретенные Героном: *а* — сифон позволяет воде вытекать из емкости наружу по изогнутой трубке (вода течет по трубке, потому что вес воды в левой длинной части трубки больше, чем вес воды в правой части, которая, по существу, находится только между поверхностью воды в емкости и верхней точкой трубки); *б* — паровой реактивный двигатель Герона, в котором вращение сферы происходит за счет двух струй пара, выходящих из сопел

применения. Читаем: «Катоптрика — это наука, которая определенно достойна изучения и в то же время способна создавать зрелища, вызывающие удивление наблюдателя. С помощью этой науки сделаны зеркала, показывающие правую сторону, как правую, и левую сторону, как левую, в то время как обычные зеркала по своей природе имеют противоположное свойство и показывают стороны наоборот».

Это делается за счет размещения двух зеркал без рамы встык и под прямым углом друг к другу (рис. 1.9).

«С помощью зеркал можно увидеть свою собственную спину [таким же способом, как парикмахер показывает вам стрижку вашего затылка], а также увидеть себя переверну-

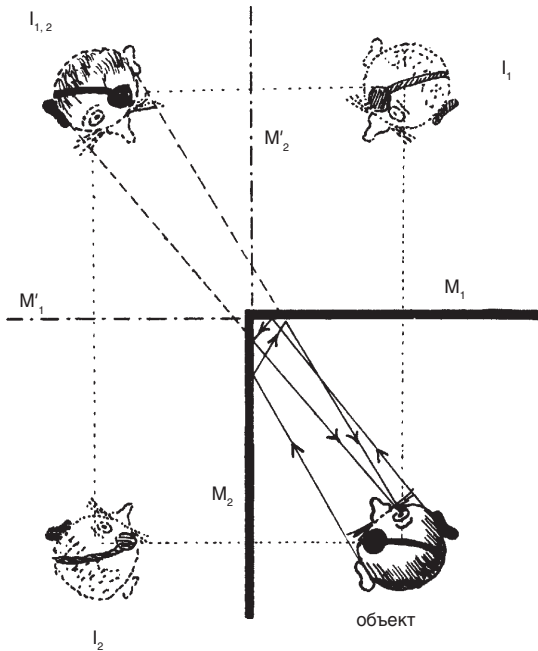


Рис. 1.9. Глядя в составное зеркало, состоящее из двух плоских зеркал M_1 и M_2 без рамы, размещенных встык под прямым углом друг к другу, можно увидеть себя отраженным дважды: сначала в зеркале M_1 , а затем в воображаемом продолжении зеркала M_2 — M'_2 , или сначала в зеркале M_2 , а затем в воображаемом продолжении зеркала M_1 — M'_1 . Из-за двойного отражения правая сторона остается правой, а левая сторона остается левой. Реальные лучи света показаны непрерывными линиями

тым, стоящим на голове, имеющим три глаза и два носа, с искаженным лицом, словно от большого горя [как в зеркалах парка развлечений].

Кто не сочтет полезным возможность, находясь у себя дома, увидеть, сколько людей на улице и что они делают?»

Взгляд Герона на природу света становится очевидным из следующей цитаты: «Практически все, кто писал о диоптрике, пребывали в сомнении относительно того, почему лучи, выходящие из наших глаз, отражаются зеркалами и почему эти отражения находятся под равными углами.

Оглавление

Предисловие	7
<i>Глава 1.</i> Зарождение физики	9
<i>Глава 2.</i> Темные века и Возрождение	37
<i>Глава 3.</i> И сказал Господь: «Да будет Ньютон!»	68
<i>Глава 4.</i> Тепло как энергия	112
<i>Глава 5.</i> Эра электричества	152
<i>Глава 6.</i> Революция относительности	190
<i>Глава 7.</i> Квантовые законы	248
<i>Глава 8.</i> Атомное ядро и элементарные частицы	317