

В. Ф. Миткевич

Электрическая энергия

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
В11

В11 **В. Ф. Миткевич**
Электрическая энергия / В. Ф. Миткевич – М.: Книга по Требованию, 2023. – 296 с.

ISBN 978-5-458-57836-3

ISBN 978-5-458-57836-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

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.

ность. Поэтому в современном энергетическом хозяйстве передача и распределение энергии обычно полностью осуществляются при помощи электрического тока, а тепловые и гидравлические первичные двигатели служат только в качестве необходимых основных устройств в общем ходе преобразований природных запасов энергии в электрическую энергию. Итак, развитие электротехники в известном смысле увенчало долголетние усилия человечества, направленные к использованию этих природных запасов энергии и к подаче их в наиболее удобной форме в места потребления, как угодно расположенные. Совершенно очевидно, таким образом, что применение электрической энергии производит полную революцию в промышленности и вообще в материальной обстановке, в которой мы существуем.

Исключительно важное значение того обстоятельства, что электрическая энергия может легко передаваться на большие расстояния и удобно распределяться по местам потребления, в свое время было отмечено Марксом и Энгельсом. В связи с замечательными опытами Марселя Дебре, Карл Маркс писал Фридриху Энгельсу (8 ноября 1882 г.):

«Дорогой Фред. Что скажешь ты об опыте Дебре на Мюнхенской электрической выставке? Уже около года Лонге обещал мне достать работы Дебре (специально для доказательства, что электричество допускает передачу силы на большие расстояния при посредстве простой телеграфной проволоки). Близкий к Дебре человек, д-р д'Арсонваль, состоит сотрудником «Justice» и напечатал несколько статей об исследованиях Дебре...»¹

11 ноября 1882 г. Энгельс отвечает Марксу:

«Меня очень интересуют подробности о произведенных в Мюнхене опытах Дебре... Открытие делает возможным использование всей колоссальной массы водяной силы, пропадавшей до сих пор даром».²

В 1883 г. Энгельс писал Бернштейну:

«Новейшее открытие Дебре, состоящее в том, что электрический ток очень высокого напряжения при сравнительно малой потере энергии можно передавать по простому телеграфному проводу на такие расстояния, о каких до сих пор и мечтать не смели, и использовать в конечном пункте, — дело это еще только в зародыше, — это открытие окончательно освобождает промышленность почти от всяких границ, полагаемых местными условиями, делает возможным использование также и самой отдаленной водяной энергии, и если вначале оно будет полезно только для городов, то в конце концов оно станет самым мощным рычагом для устранения противоположности между городом и деревней. Совершенно ясно, что благодаря этому производительные силы

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XXIV, стр. 584. М. 1931 г.

² Там же, стр. 587.

настолько вырастут, что управление ими будет все более и более не под силу буржуазии.¹

Когда после Великой Октябрьской Социалистической Революции встал вопрос об индустриализации нашей страны, бывшей раньше весьма отсталой в техническом отношении, В. И. Ленин устремил свое внимание на такой прогрессивный фактор, как широкое использование наших природных запасов энергии путем сооружения крупных центральных электрических станций, которые питали бы соответственным образом развитую сеть линий передачи электрической энергии. Во исполнение указаний Владимира Ильича в 1920 г. была создана Государственная комиссия электрификации России (Гоэлпро), которая под руководством Г. М. Кржижановского разработала научно обоснованный общий план снабжения нашей страны электрической энергией. Этот план является ценнейшим и первым в мире образцом того, как надо организовывать энергетическое хозяйство страны. Многие из намеченного Государственной комиссией электрификации России выполнено за истекшее время героической стройки: сооружены крупные гидроэлектрические станции на Волхове, Свири, Днепре и т. д., ряд тепловых электрических станций значительной мощности (Шатурская, Каширская, Зуевская и т. д.), и наша страна покрылась сетью электропередач высокого напряжения. Многие необходимо еще выполнить в ближайшие пятилетки. План грандиозен и превосходит все, что когда-либо и где-либо предпринималось. С течением времени этот план, конечно, развивается по мере того, как намечаются новые промышленные районы и выявляются новые запасы минерального топлива и гидравлической энергии. В переживаемую нами сталинскую эпоху дело, начатое В. И. Лениным, продолжается. Наша страна под руководством Всесоюзной Коммунистической партии (большевиков), возглавляемой великим Сталиным, успешно завершит намеченный план электрификации СССР.

Эта книга предназначена для читателей, которые не обладают специальными знаниями в области электротехники, но в то же время стремятся понять, что представляет собою электрическая энергия, как она добывается, как она передается и распределяется и как она потребляется. Первые четыре главы по существу являются введением и служат для предварительного ознакомления с некоторыми основными физическими явлениями. Для чтения данной книги не требуется особых сведений по математике и физике. Она доступна, следовательно, самому широкому кругу читателей.

В заключение считаю долгом отметить большую помощь, оказанную мне Е. С. Лихтенштейном при окончательном оформлении книги. Приношу ему за это мою глубокую признательность.

14 марта 1938 г.

В. Миткевич

¹ Маркс и Энгельс, Сочинения, т. XXVII, стр. 289. М. 1935 г.

Г Л А В А . I

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

§ 1. *Механическая работа*

Когда паровоз тянет поезд, совершается работа. Работа эта производится паровозом, который силою своей тяги преодолевает разного рода сопротивления, противодействующие движению поезда. Среди таких сопротивлений одно из главных мест обычно занимает сопротивление, испытываемое при передвижении колес по рельсам, а также трение осей в подшипниках. Кроме того, при больших скоростях движения поезда значительное сопротивление этому движению оказывает воздух. Наконец, если поезд еще не достиг установленной для него наибольшей скорости, сила тяги паровоза отчасти идет на увеличение скорости движения поезда, или, как говорят, на преодоление инерции¹ поезда, т. е. на преодоление его стремления сохранять неизменной ту скорость, с которой он уже движется. Мы ведь знаем из повседневного опыта, что всякое тело, например какой-либо камень, стремится сохранять свое состояние покоя или движения и для того, чтобы привести тело в движение или изменить уже существующую скорость его движения, необходимо подействовать на него какою-либо внешнею силой. При изложении законов движения силу, могущую привести тело в движение или изменить скорость его движения, называют *механическою силой*, а работу, которая совершается под действием этой силы, — *механическою работою*.² В тех случаях, когда вполне ясно, о чем идет речь, мы можем иногда просто говорить о силе и о работе. Однако, если оказывается необходимым особенно отчетливо подчеркнуть, что мы говорим не о чем другом, а именно о силе, стремящейся произвести какое-либо перемещение, мы будем пользоваться выражением *механическая сила*.

Итак, мы можем сказать, что паровоз, передвигая поезд, совершает механическую работу благодаря своей силе тяги, которая и является механическою силой, приложенной к поезду, т. е.

¹ Латинское слово «инерция» обозначает «лень», «неподатливость».

² Слово «механический» происходит от греческого слова «меканэ», что значит «машина».

действующей со стороны паровоза на поезд. Здесь необходимо обратить особое внимание на то обстоятельство, что совершающая работу механическая сила действует в направлении передвижения поезда. Всегда, вообще, когда под влиянием каких-либо механических сил совершается работа, в совершении этой работы принимает участие только та часть данных сил, которая действует в направлении движения перемещаемого тела.

Величину механической силы обычно выражают в каких-либо общепринятых единицах. В настоящее время в технике весьма часто пользуются единицей силы, называемой к и л о г р а м м - с и л о й, или сокращенно, хотя и не совсем точно, просто к и л о г р а м м о м. Это есть та сила, с которой притягивается к земле гири в один килограмм или, вообще, тело, весящее один килограмм.¹ Таким образом говорят о механической силе в один килограмм, в десять килограммов, в двадцать килограммов, в тысячу килограммов и т. п. Во многих случаях для измерения механической силы применяют также единицы, во много раз меньшие килограмма-силы (например, сила, называемая д и н о й и приблизительно в миллион раз меньшая килограмма-силы), а также единицы значительно большие, чем килограмм-сила. Но мы здесь этого касаться не будем, так как существо дела от этого не зависит.

Работа, производимая какой-либо механической силой, действующей в направлениях передвижения тела, к которому она приложена, — тем больше, чем больше сама механическая сила и чем больше путь, пройденный движущимся телом. В связи с этим работа измеряется произведением механической силы на величину перемещения тела, на которое действует данная сила в направлении его движения. Поэтому можно написать:

$$\text{Работа} = \text{Сила} \times \text{Перемещение.}$$

Если перемещение, т. е. путь, пройденный телом, выражается в м е т р а х, а механическая сила — в к и л о г р а м м а х, то работа выразится в единицах, которые называются к и л о г р а м м о м е т р а м и.

Один килограммометр есть работа, которая совершается механической силой в один килограмм при перемещении точки приложения этой силы на один метр в направлении действия силы.

Мы можем, следовательно, так выразить определение единицы механической работы:

$$1 \text{ килограммометр} = 1 \text{ килограмм} \times 1 \text{ метр.}$$

Если, например, мы переместим некоторый груз по поверхности пола на 4 метра и при этом приходится тянуть груз с силою

¹ Вообще говоря, сила, с которой притягивается к земле какое-либо тело, несколько зависит от того, в каком именно месте земной поверхности расположено данное тело и на какой высоте. Поэтому при точном определении килограмм-силы условились иметь в виду вес гири в 1 килограмм в строго определенных условиях.

в 15 килограммов, то совершенная механическая работа будет равна:

$$15 \text{ килограммов} \times 4 \text{ метра} = 60 \text{ килограммометров.}$$

Если паровоз при силе тяги в 2000 килограммов продвинет поезд на 25 километров, т. е. на 25 000 метров, то паровоз совершит при этом работу:

$$2000 \text{ килограммов} \times 25\,000 \text{ метров} = 50\,000\,000 \text{ килограммометров.}$$

Подобных примеров можно привести бесчисленное множество. Всегда в этих случаях, умножая силу, выраженную в килограммах, на число метров, получим величину произведенной механической работы, выраженную в килограммометрах.

§ 2. Энергия

В разобранный выше примере паровоза, выполняющего работу передвижения поезда, имеет большое значение вопрос о том, за счет чего производится работа. Совершенно очевидно, что в паровозе есть что-то, позволяющее ему производить работу. Очевидно, паровоз обладает каким-то запасом, за счет которого выполняется работа. Внешним признаком этого запаса, делающего паровоз способным производить работу, является топливо, которым снабжен данный паровоз. Топливо сжигается в топке паровоза при притоке внешнего воздуха, и образующееся тепло идет на испарение воды в котле. При этом водяной пар скопляется в котле и сжимается там до более или менее высокого давления. Затем сжатый пар, переходя в цилиндры и расширяясь в них, приводит в движение поршни и другие части паровой машины, сообщающие вращение ведущим колесам паровоза. Строгое обследование указанных обстоятельств позволяет нам утверждать, что непосредственным источником работы паровоза является сжатый водяной пар, скопляющийся в котле паровоза. Именно сжатый пар обладает способностью производить механическую работу. То, благодаря чему сжатый пар обладает этой способностью, мы называем *э н е р г и е й*.¹ Мы обычно говорим: сжатый пар обладает запасом энергии, которая при наличии надлежащих условий превращается в механическую работу. Но не только сжатый пар обладает энергией, т. е. способностью производить механическую работу. Можно привести бесчисленное количество других примеров, когда какое-либо тело или несколько тел, вместе взятых, являются носителями энергии.

Вообще в природе имеются неисчерпаемые запасы энергии разного рода, о чем кратко скажем дальше. Иногда самопроизвольно, иногда при посредстве создаваемых человеком специальных приспособлений и механизмов за счет этих запасов энергии

¹ Греческое слово «энергея» обозначает «деятельность», «работоспособность».

совершается механическая работа. Одним словом, запасы энергии могут превращаться в механическую работу. Возможность подобного превращения является одним из самых главных свойств энергии. Если нет никаких запасов энергии, не может быть произведена никакая механическая работа.

Так как энергия может превращаться в механическую работу, то запасы энергии принято выражать в тех же единицах, которыми измеряется работа. Мы можем, следовательно, выражать запасы энергии в указанных выше единицах работы, т. е. в килограммометрах. Например, в некотором частном случае запас энергии сжатого пара в паровозе может равняться 200 000 килограммометров и т. п.

§ 3. Закон сохранения энергии

Рассматривая работу паровоза, мы указали, что непосредственным источником этой работы необходимо считать энергию сжатого пара, скопляющегося в котле паровоза. Для дальнейшего выяснения вопроса об энергии вообще полезно остановиться еще на ряде случаев, в которых мы встречаемся с различными видами энергии.

Вместе с тем необходимо иметь в виду следующее весьма важное обстоятельство. Различные виды энергии могут превращаться друг в друга. Энергия одного вида может превращаться в энергию другого вида. Но никогда энергия какого бы то ни было вида не может возникнуть из ничего или совершенно исчезнуть, превратившись в ничто. При разного рода преобразованиях энергии определенное начальное количество килограммометров энергии данного вида может превратиться в другие виды энергии и в механическую работу только таким образом, что сумма килограммометров других видов энергии и килограммометров полученной работы оказывается равной начальному количеству килограммометров. Это есть так называемый закон сохранения энергии.

§ 4. Энергия движения или кинетическая энергия

Всякое движущееся тело обладает запасом энергии именно вследствие того, что оно движется. Этот вид энергии принято называть энергией движения, или кинетической энергией.¹ Так, брошенный и движущийся с некоторою скоростью камень обладает кинетической энергией, за счет которой может совершаться механическая работа в случае встречи летящего камня с каким-либо другим телом. Если, например, летящий камень столкнется с другим — неподвижным — камнем, силою удара этот последний может быть передвинут на

¹ Греческое слово «кинема» значит «движение».

некоторое расстояние, причем совершится механическая работа за счет кинетической энергии летящего камня. Допустим, что летящий камень весит 1 килограмм и движется со скоростью 15 метров в секунду. Подсчет показывает, что в этом случае кинетическая энергия летящего камня равна приблизительно $11\frac{1}{2}$ килограмметрам. В случае, если бы кинетическая энергия данного летящего камня полностью израсходовалась на совершение механической работы, эта работа была бы равна тем же $11\frac{1}{2}$ килограмметрам. Пуля весом в 20 граммов, вылетающая из дула винтовки со скоростью в 800 метров в секунду, обладает кинетической энергией около 650 килограмметров. Наличием столь значительной кинетической энергии летящей пули объясняется ее большое разрушительное действие. Всем хорошо известны ветровые двигатели. Механическая работа в них получается за счет именно кинетической энергии воздуха, движущегося с достаточно большой скоростью. При сильном ветре кинетическая энергия воздуха бывает иногда столь велика, что происходят огромные разрушения, причем ветром производится механическая работа при переносе различных тяжелых предметов (срываемых крыш зданий и т. п.).

Как показывает опыт, при столкновении движущегося тела с другим телом не вся кинетическая энергия движущегося тела превращается в механическую работу. Часть кинетической энергии превращается в тепло, причем обычно температура сталкивающихся тел повышается.

§ 5. Тепловая энергия

Т е п л о есть весьма распространенный в природе вид энергии. Вместо слова «тепло» иногда говорят тепловая энергия.

Современная наука с достоверностью установила, что тепловое состояние всякого вещества связано с непрерывным движением мельчайших частиц, скопление которых образует различные вещества. Частицы эти столь малы, что их нельзя увидеть даже в самые сильные микроскопы,¹ но их существование совершенно несомненно доказано.

Сравнительно простыми движениями обладают частицы газов и паров, например частицы воздуха или водяного пара. Всякий газ или пар состоит из огромного количества ничтожных по своим размерам частиц, которые беспорядочно движутся по всевозможным направлениям, почти всегда прямолинейно, с большими скоростями, достигающими сотен и тысяч метров в секунду. Газовые частицы непрерывно сталкиваются одна с другою и после каждого столкновения разбегаются в разные стороны, до некоторой сте-

¹ Микроскопом (от греческих слов «микрос» — «малый, очень малый» и «σκοπέω» — «смотрю») называется прибор, главную часть которого составляет несколько надлежащим образом расположенных увеличительных стекол, позволяющих видеть рассматриваемый предмет увеличенным во много раз.

пени подобно упругим мячам. Чем более нагрет газ, тем больше скорости его частиц. И наоборот: чем холоднее газ, тем меньше скорости его частиц. Если газ или пар заключен в какой-либо сосуд, движущиеся частицы все время ударяются также о стенки сосуда и, таким образом, оказывают на них давление. Часто мы этого не замечаем, потому что давление газа оказывается одинаковым с обеих сторон стенки. Но если при некоторой одинаковой густоте частиц с одной стороны стенки газ более нагрет; т. е. скорость движения его частиц больше, чем у газа с другой стороны стенки, или если с одной стороны стенки газ более сжат, т. е. частицы в нем образуют более густое скопление, чем с другой стороны, — то общее давление на стенку, происходящее от ударов частиц газа (или пара), будет больше с той стороны, где находится нагретый или сжатый газ (или пар). Например, мы не замечаем давления воздуха на наши щеки, так как оно обычно бывает одинаково снаружи и изнутри. Но если мы, закрыв рот, наберем в него побольше воздуха из легких, то наши щеки надуваются благодаря тому, что давление воздуха изнутри станет больше, чем снаружи. Подобным же образом горячий и сжатый водяной пар, поступая из котла паровоза в цилиндр его паровой машины, с большою силою давит на поршень и, передвигая его, совершает механическую работу за счет кинетической энергии частиц пара. Непосредственным опытом доказано, что после совершения механической работы расширяющимся газом или паром температура его понижается, т. е. уменьшается скорость движения его частиц, уменьшается их кинетическая энергия. Иными словами, совершение механической работы расширяющимся газом или паром сопровождается соответствующим уменьшением запаса их тепловой энергии.

В веществах, находящихся в газообразном состоянии, т. е. в газах и парах, частицы в общем очень слабо притягиваются одна к другой. Поэтому они стремятся разбежаться во все стороны, и удержать газ или пар в некотором определенном объеме можно, только заключив его в соответствующий сосуд. В телах же жидких и твердых, каковы, например, вода и лед, благодаря значительно более густому скоплению частиц и уменьшению среднего расстояния между ними, берут верх силы взаимного притяжения или сцепления между ними, препятствующие им свободно разбежаться во все стороны. Необходимо при этом отметить, что силы сцепления между частицами твердых тел значительно больше, чем у жидких тел. Поэтому твердые тела стремятся сохранять свою форму, в то время как тела жидкие обладают текучестью и легко изменяют свою форму. В связи со всем сказанным выше, движение частиц, из которых состоят жидкие и твердые тела, имеет более сложный характер, чем у тел газообразных, но всегда тепловое состояние и запас тепловой энергии жидких и твердых тел также полностью определяются кинетической энергией составляющих их частиц, т. е. зависят от скоростей движения этих частиц.

Как было указано выше, тепло есть очень распространенный в природе вид энергии. Всякие другие виды энергии весьма легко превращаются в тепловую энергию, т. е. в энергию беспорядочного движения мельчайших частиц, образующих различные тела, с которыми мы обычно имеем дело в нашем повседневном опыте. Кроме того, необходимо отметить, что при всяком совершении механической работы, благодаря существованию разного рода трений, большая или меньшая часть этой работы превращается в тепло. Примеры подобного превращения механической работы в тепло мы встречаем на каждом шагу. При трении двух кусков дерева друг о друга они нагреваются. Когда мы движем куски дерева просто руками, то механическая работа, совершаемая нашей мускульной силой, превращается в тепло трения. В случае, если дерево взято очень сухое, то образование тепла при трении может довести дерево до загорания. На этом именно основан распространенный среди некоторых первобытных народов способ добывания огня. Мы знаем далее, что во всякой машине трущиеся части нагреваются. Это бывает особенно заметно в подшипниках, и приходится применять надлежащую смазку для уменьшения в них трения и нагревания. Когда мы снимаем на станке стружку с обрабатываемого металлического предмета, то эта стружка и самый резец весьма сильно нагреваются. Нагревается и обрабатываемый предмет.

§ 6. Химическая энергия

Когда дерево или какое-либо иное топливо горит, образуется тепло. За счет чего образуется это тепло? Изучение этого случая и многих других, ему подобных, приводит к заключению, что мы здесь имеем дело с проявлением так называемой химической энергии, которая в скрытом виде заключается во многих телах природы и которая обнаруживается, когда эти тела взаимодействуют так, что при этом образуются новые по своему составу тела. При горении топлива имеет место химическое взаимодействие составных частей топлива и газа кислорода, который входит в состав воздуха. Без притока воздуха топливо, как известно, не горит. В результате горения топлива образуются газообразные соединения кислорода с составными частями топлива. Во многих случаях топливо сгорает не полностью, и при этом от него остаются зола, уголь, сажа и т. п.

Итак, при горении топлива образуется тепло за счет химической энергии, которой обладает смесь топлива и кислорода воздуха. Здесь химическая энергия превращается в тепловую энергию.

В разобранном выше примере паровоза, совершающего механическую работу передвижения поезда, мы встречаемся со следую-

¹ Химия — наука, занимающаяся изучением однородных веществ, из которых состоят различные тела, превращениями этих веществ и явлениями, сопровождающими эти превращения. Слово «химия» очень древнего происхождения, но вполне выясненного.

щими последовательными преобразованиями энергии. Топливо в совокупности с кислородом воздуха, поступающего в топку во время горения, обладает основным запасом энергии, именно—запасом химической энергии. При горении топлива этот запас химической энергии мало-помалу превращается в тепловую энергию раскаленных газообразных продуктов горения, которые, омывая испарительные поверхности котла, содержащего воду, передают воде свое тепло через теплопроводящие стенки котла и заставляют ее кипеть. При этом образующийся водяной пар, скопляющийся в котле и сжимающийся там до более или менее высокого давления, оказывается носителем значительной доли тепловой энергии, притекшей от раскаленных продуктов горения. Далее, этот пар поступает в цилиндры паровой машины паровоза и двигает поршни, совершая через посредство промежуточных частей механическую работу передвижения поезда.

Выделение тепла при горении топлива в кислороде воздуха представляет собою лишь один из многочисленных примеров освобождения скрытой энергии во время химических взаимодействий, или, как говорят, химических реакций.¹ Подобное же превращение скрытой химической энергии в тепло наблюдается в целом ряде других случаев. Всем известно, что при гашении извести, обычно применяемой для строительных целей, происходит очень сильное нагревание, когда хорошо обожженная известь жадно поглощает воду, набухая, разрыхляясь и образуя водное соединение извести, так называемую гашеную известь. Когда крепкая серная кислота соединяется с водой, также происходит обильное выделение тепла. Подобным же выделением тепла сопровождается и воздействие водных растворов серной кислоты на некоторые металлы, когда образуются сернокислые соли этих металлов.

Но не только в виде тепла может проявляться химическая энергия, освобождающаяся при реакциях. Иногда химическая энергия превращается и в другие виды энергии, кроме тепла. Об этом еще будет речь в дальнейшем.

§ 7. Энергия положения, потенциальная энергия

Если какое-либо тело, например камень или гири часов, поднято на некоторую высоту и затем ему будет предоставлена возможность падать, то во время этого падения может быть совершена механическая работа силою притяжения данного тела к земле. Гири часов, медленно падая, в течение всего своего опускания совершает работу, приводя в движение все части механизма часов и, в частности, передвигая стрелки. Следовательно, подтянутая кверху гиря обладает некоторым запасом энергии. Запас энергии в гире будет тем больше, чем больше вес гири и чем больше высота, на ко-

¹ Латинское слово «реакцию» обозначает «обратное действие», «взаимное действие».