

## Энгельс Ф. Диалектика природы. С. 45-81.

### ОБЩИЙ ХАРАКТЕР ДИАЛЕКТИКИ КАК НАУКИ

(Развить общий характер диалектики, как науки о связях, в противоположность метафизике).

Таким образом, законы диалектики были отвлечены из истории природы и человеческого общества. Но они не что иное, как наиболее общие законы обеих этих фаз исторического развития, а также самого мышления. По существу они сводятся к следующим трем законам:

Закон перехода количества в качество, и обратно.

Закон взаимного проникновения противоположностей.

Закон отрицания отрицания.

Все эти три закона были развиты Гегелем на его идеалистический манер как простые законы мышления: первый - в первой части "Логики" - в учении о бытии, второй занимает всю вторую и наиболее значительную часть его "Логики", учение о сущности, наконец, третий фигурирует в качестве основного закона при построении всей системы. Ошибка заключается в том, что законы эти не выведены из природы и истории, а навязаны последним как законы мышления. Отсюда вытекает вся вымученная и часто ужасная конструкция: мир - хочет ли он того или нет - должен согласоваться с логической системой, которая сама является лишь продуктом определенной ступени развития человеческого мышления. Если мы перевернем это отношение, то все принимает очень простой вид, и диалектические законы, кажущиеся в идеалистической философии крайне таинственными, немедленно становятся простыми и ясными.

Впрочем, тот, кто хоть немного знаком с Гегелем, знает, что Гегель приводит сотни раз из естествознания и истории поразительнейшие примеры в подтверждение диалектических законов.

Мы не собираемся здесь писать руководство по диалектике, а желаем только показать, что диалектические законы являются реальными законами развития природы и, значит, действительны и для теоретического естествознания. Мы поэтому не будем заниматься вопросом о внутренней связи этих законов между собой.

1. Закон перехода количества в качество, и обратно. Закон этот мы можем для своих целей выразить таким образом, что в природе могут происходить качественные изменения - точно определенным для каждого отдельного случая способом - лишь путем количественного прибавления, либо количественного убавления материи или движения (так называемой энергии).

Все качественные различия в природе основываются либо на различном химическом составе, либо на различных количествах или формах движения (энергии), либо - что имеет место почти всегда - на том и другом. Таким образом, невозможно изменить качество какого-нибудь тела без прибавления

или отнимания материи, либо движения, т.е. без количественного изменения этого тела. В этой форме таинственное гегелевское положение не только приобретает рациональный вид, но кажется вполне ясным.

Нет никакой нужды указывать на то, что и различные аллотропические и агрегатные состояния тел, зависящие от различной группировки молекул, основываются на большем или меньшем количестве движения, сообщенного телу.

Но что сказать об изменении формы движения или так называемой энергии? Ведь когда мы превращаем теплоту в механическое движение, или наоборот, то здесь качество изменяется, а количество остается тем же самым? Это верно, но относительно изменения формы движения можно сказать то, что говорит Гейне -[135] о пороке: добродетельным может быть каждый про себя, для порока всегда необходимы два субъекта. Изменение формы движения является всегда процессом, происходящим по меньшей мере между двумя телами, из которых одно теряет определенное количество движения такого-то качества (например теплоту), а другое приобретает соответствующее количество движения такого-то другого качества (механическое движение, электричество, химическое разложение). Следовательно, количество и качество соответствуют здесь друг другу взаимно. До сих пор еще не удалось превратить движение внутри отдельного изолированного тела из одной формы в другую. Здесь речь идет пока только о неорганических телах; этот же самый закон применим и к органическим телам, но он происходит при гораздо более запутанных обстоятельствах, и количественное измерение здесь еще и ныне часто невозможно.

Если мы возьмем любое неорганическое тело и мысленно будем делить его на все меньшие частицы, то сперва мы не заметим никакой качественной перемены. Но так процесс может идти только до известного предела: если нам удастся, как в случае испарения, высвободить отдельные молекулы, то хотя мы и можем в большинстве случаев продолжать и дальше делить эти последние, но при этом происходит полное изменение качества. Молекула распадается на свои отдельные атомы, у которых совершенно иные свойства, чем у нее. У молекул, которые состоят из различных химических элементов, место составной молекулы занимают атомы или молекулы этих элементов, у элементарных молекул появляются свободные атомы, обнаруживающие совершенно отличные по качеству действия: свободные атомы кислорода *in statu nascendi* играючи производят то, что никогда не сделают связанные в молекулы атомы атмосферного кислорода.

Но и молекула уже отлична качественно от той массы, к которой она принадлежит. Она может совершать независимо от последней движения, в то время как эта масса кажется находящейся в покое; молекула может, например, совершать тепловые колебания; она может благодаря изменению положения или связи с соседними молекулами перевести тело в другое, аллотропическое или агрегатное, состояние и т. д.

Таким образом, мы видим, что чисто количественная операция деления имеет границу, в которой она переходит в качественное различие: масса

состоит из одних молекул, но она по существу отлична от молекулы, как и последняя в свою очередь отлична от атома. На этом-то отличии и основывается обособление механики - как науки о небесных и земных массах, от физики - как механики молекул и от химии -- как физики атомов.

В механике мы не встречаем никаких качеств, а в лучшем случае состояния, как <покой> равновесие, движение, потенциальная энергия, которые все основываются на измеримом перенесении движения и могут быть выражены количественным образом. Поэтому, поскольку здесь происходит качественное изменение, оно обуславливается соответствующим количественным изменением.

В физике тела рассматриваются как химически неизменные или безразличные; мы имеем здесь дело с изменениями их молекулярных состояний и с переменной формы движения, при которой во всех случаях вступают в действие - по крайней мере, на одной из обеих сторон - молекулы. Здесь - [136] каждое изменение есть переход количества в качество-следствие количественного изменения присущего телу или сообщенного ему количества движения какой-нибудь формы. "Так, например, температура воды не имеет на первых порах никакого значения по отношению к ее капельно-жидкому состоянию; но при увеличении или уменьшении температуры жидкой воды наступает момент, когда это состояние сцепления изменяется и вода превращается в одном случае в пар, в другом-в лед" (Hegel, Enzyklopadie, Qesamtausgabe, Band VI, S. 217)-[137]. Так необходим определенный минимум силы тока, чтобы платиновая проволока стала давать свет; так у каждого металла имеется своя теплота плавления; так у каждой жидкости имеется своя определенная, при данном давлении, точка замерзания и кипения, поскольку мы в состоянии при наших средствах добиться соответствующей температуры; так, наконец, у каждого газа имеется критическая точка, при которой соответствующим давлением и охлаждением можно превратить его в жидкое состояние. Одним словом так называемые константы физики суть большею частью не что иное, как названия узловых точек, где количественное <изменение> прибавление или убавление движения вызывает качественное изменение в состоянии соответствующего тела, - где следовательно количество переходит в качество.

Но открытый Гегелем закон природы празднует свои величайшие триумфы в области химии. Химию можно назвать наукой о качественных изменениях тел, происходящих под влиянием изменения количественного состава. Это знал уже сам Гегель (Hegel, Gesamtausg., III, S. 433) -[138]. Возьмем кислород: если в молекулу здесь соединяются три атома, а не два, как обыкновенно, то мы имеем перед собой озон - тело, определенно отличающееся своим запахом и действием от обыкновенного кислорода. А что сказать о различных пропорциях, в которых кислород соединяется с азотом или серой и из которых каждая дает тело, качественно отличное от всех других тел! Как отличен веселящий газ (закись азота  $N_2O_3$ )! от азотного ангидрида (двупятиокси азота  $N_2O_5$ )! Первый - это газ, второй, при обыкновенной температуре – твердое кристаллическое тело! А между тем все отличие между ними по составу заключается в том, что во втором теле в пять раз больше кислорода, чем в

первом, и между обоими заключаются еще другие окиси азота ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_7$ ), которые все отличаются качественно от них обоих и друг от друга.

Еще поразительнее обнаруживается это в гомологичных рядах углеродистых соединений, особенно в случае простейших углеводов. Из нормальных парафинов простейший - это метан  $\text{CH}_4$ . Здесь 4 единицы сродства атома углерода насыщены 4 атомами водорода. У второго парафина-этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  два атома углерода связаны между собой, а свободные 6 единиц связи насыщены 6 атомами водорода. Дальше мы имеем  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , -словом, по алгебраической формуле,  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , так что благодаря прибавлению каждый раз группы  $\text{CH}_2$  мы получаем тело, качественно отличное от предыдущего тела. Три низших члена ряда - газы, высший известный нам, гексадекан,  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ , -это твердое тело с точкой кипения  $270^\circ\text{C}$ . То же самое можно сказать о выведенном (теоретически, из парафинов ряде первичных алкоholes с формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  и об одноосновных жирowych кислотах(формула  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ ). Какое качественное различие приносит с собой количественное прибавление  $\text{C}_3\text{H}_6$ , можно узнать на основании опыта: достаточно принять в каком-нибудь пригодном для питья виде, без примеси других алкоholes, винный спирт  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , а в другой раз принять тот же самый винный спирт но с небольшой примесью амильного спирта  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ , являющегося главной составной частью гнусного сивушного масла. На следующее утро наша голова почувствует, к ущербу для себя, разницу между обоими случаями, так что можно даже сказать, что охмеление и следующее за ним похмелье от сивушного масла (главная составная часть которого, как известно, амильный спирт) является тоже перешедшим в качество количеством: с одной стороны - винного спирта, а с другой, - прибавленного к нему  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

В этих рядах гегелевский закон выступает перед нами еще в другой форме. Нижние члены его допускают только одно-единственное взаимное расположение атомов. Но если число объединяющихся в молекулу атомов достигает некоторой определенной для каждого ряда величины, то группировка атомов в молекулы может происходить несколькими способами; могут появиться два или несколько изомеров, заключающих в молекуле одинаковое число атомов  $\text{C}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{O}$ , но качественно различных между собой. Мы в состоянии даже вычислить, сколько подобных изомеров возможно для каждого члена ряда. Так в ряду парафинов для  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  существуют два изомера, для  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  - три; для высших членов число возможных изомеров возрастает очень быстро <как это также можно вычислить>. Таким образом опять-таки количество атомов в молекуле обуславливает возможность, а также - поскольку это показано на опыте -реальное существование подобных качественно различных изомеров.

Мало того. По аналогии с знакомыми нам в каждом из этих рядов телами мы можем строить выводы о физических свойствах не- известных нам еще членов такого ряда и предсказывать с некоторой степенью уверенности - по крайней мере для следующих за известными нам членами тел - эти свойства, например точку кипения и т. д.

Наконец, закон Гегеля имеет силу не только для сложных тел, но и для самих химических элементов. Мы знаем теперь, "что химические свойства элементов являются периодической функцией атомных весов" (Roscoe-Schorlemmer, Ausführliches Lehrbuch der Chemie, II Band, стр.823) [139], что следовательно их качество обусловлено количеством их атомного веса. Это удалось блестящим образом подтвердить. Менделеев показал, что в рядах родных элементов, расположенных по атомным весам, имеются различные пробелы, указывающие на то, что здесь должны быть еще открыты новые элементы. Он наперед описал общие химические свойства одного из этих неизвестных элементов,- названного им экаалюминием, потому что в соответствующем ряду он следует непосредственно за алюминием, - и предсказал приблизительным образом его удельный и атомный вес и его атомный объем. Несколько лет спустя Лекок-де-Буабодран действительно открыл этот элемент, и оказалось, что предсказания Менделеева оправдались с незначительными отклонениями - экаалюминий воплотился в галлий (там же, стр. 828). Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты-Нептуна.

Этот самый закон подтверждается на каждом шагу в биологии и в истории человеческого общества, но мы предпочитаем ограничиваться примерами из области точных наук, ибо здесь количество можно указать и точно измерить.

Весьма вероятно, что те самые господа, которые до сих пор поносили закон перехода количества в качество как мистицизм и непонятный трансцендентализм, теперь найдут нужным заявить, что это само собой разумеющаяся, банальная и плоская истина, что они ее применяли уже давно и что таким образом им не сообщают здесь ничего нового. Но установление впервые всеобщего закона развития природы, общества и мысли в форме общезначимого начала останется навсегда подвигом всемирно-исторического значения. И если эти господа в течение многих лет позволяли количеству переходить в качество, не зная того, что они делали, то им придется искать утешения вместе с мольеровским господином Журданом, который тоже всю свою жизнь говорил прозой, не догадываясь об этом \*.

\* [В рукописи следует после этого страница с выдержками из "Логики"

Гегеля о "ничто" и "отрицании", далее три страницы с вычислениями формул законов движения.]

## **ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ**

Движение, рассматриваемое в самом общем смысле слова, т. е. понимаемое как способ существования материи, как внутренне присущий материи <качество> атрибут, обнимает собой все происходящие во вселенной изменения и процессы, начиная от простого перемещения и кончая

мышлением. Само собой разумеется, что изучение природы движения должно было исходить из низших, простейших форм его и объяснить их прежде, чем могло дать что-нибудь для объяснения высших и более сложных форм его. И действительно мы видим, что в историческом развитии естествознания раньше всего была создана теория простого перемещения, механика небесных тел и земных масс; за ней следует теория молекулярного движения, физика, а тотчас же вслед за последней, почти наряду с ней, а иногда и раньше ее наука о движении атомов, химия. Лишь после того как эти различные отрасли познания форм движения, господствующих в области неорганической природы, достигли высокой степени развития, можно было приступить к объяснению явлений движения, представляющих процесс жизни, причем успехи его шли параллельно прогрессу науки в области механики, физики и химии. Таким образом, в то время как механика уже давно умеет сводить к господствующим в неодушевленной природе законам все действия костных рычагов, приводимых в движение сокращением мускулов, физико-химическое обоснование прочих явлений жизни все еще находится в зачаточном состоянии. Поэтому, собираясь приступить здесь к изучению природы движения, мы вынуждены оставить в стороне органические формы его. Сообразно с уровнем научного знания мы вынуждены будем ограничиться формами движения в неорганической природе.

Всякое движение связано с каким-нибудь перемещением - перемещением небесных тел, земных масс, молекул, атомов или частиц эфира. Чем выше форма движения, тем мельче это перемещение. Оно несколько не исчерпывает природы соответствующего движения, но оно неотделимо от него. Поэтому его приходится исследовать раньше всего остального.

Вся доступная нам природа образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом тело все материальные реальности, начиная от звезды и кончая атомом и даже частицей эфира, поскольку признаем реальность последнего. Из того, что эти тела находятся во взаимной связи, логически следует, что они действуют друг на друга, и это их взаимодействие и есть именно движение. Уже здесь обнаруживается, что материя немыслима без движения <что вместе с данной массой материи дано также и движение>. И если далее мы заметим, что материя противостоит нам как нечто данное, как нечто несотворимое и неразрушимое, то отсюда следует, что и движение несотворимо и неразруσιμο. Этот вывод стал неизбежен, лишь только начали рассматривать вселенную как систему, как связь и совокупность тел. А так как философия пришла к этому задолго до того, как эта идея укрепились в естествознании, то понятно, почему философия сделала за целых двести лет до естествознания вывод о несотворимости и неразрушимости движения. Даже та форма, в которой она его сделала, все еще выше современной естественно-научной формулировки его. Теорема Декарта о том, что сумма имеющегося во вселенной движения остается всегда неизменной, страдает лишь формальным недостатком, поскольку в ней выражение, имеющее смысл в применении к конечному, прилагается к бесконечной величине. Наоборот, в естествознании имеются теперь два выражения этого закона: формула Гельмгольца о сохранении силы и новая, более точная

формула о сохранении энергии, причем, как мы увидим в дальнейшем, каждая из этих формул резко противоречит другой и каждая вдобавок выражает лишь одну сторону интересующего нас отношения.

Если два тела действуют друг на друга, причем в результате этого получается перемещение одного из них или обоих, то перемещение это может заключаться лишь в их взаимном приближении или удалении друг от друга. Они либо притягивают друг друга, либо отталкивают. Или же, выражаясь терминами механики, действующие между ними силы - центрального характера, действуют по направлению прямой, соединяющей их центры. Для нас в настоящее время сама собою разумеющаяся истина, что это происходит всегда и без исключения во вселенной, как бы сложны ни казались нам иные движения. Мы считали бы нелепым допустить, что два действующих друг на друга тела, взаимодействию которых не мешает никакое препятствие или же воздействие третьих тел, обнаруживают это взаимодействие иначе, чем по кратчайшему и наиболее прямому пути, т. е. по направлению прямой, соединяющей их центры \*. Но, как известно, Гельмгольц (*Erhaltung der Kraft*, Berlin, 1847, Abschn. I u. II) w дал также математическое доказательство того, что центральное действие и неизменность количества движения обуславливают друг друга и что допущение действий нецентрального характера приводит к результатам, при которых движение может быть или создано или уничтожено. Таким образом основной формой всякого движения являются приближение и удаление, сокращение и расширение, - короче говоря, старая полярная противоположность притяжения и отталкивания.

Подчеркнем здесь: притяжение и отталкивание рассматриваются нами тут не как так называемые "силы", а как простые формы движения. Ведь уже Кант рассматривал материю как единство притяжения и отталкивания. В свое время мы увидим, какое значение имеет понятие "силы",

Всякое движение состоит во взаимодействии притяжения и отталкивания. Но оно возможно лишь в том случае, если каждое отдельное притяжение компенсируется соответствующим ему отталкиванием в другом месте, ибо в противном случае одна сторона полу-

\* Кант на стр. 22 [141] говорит, что благодаря существованию трех измерений пространства это притяжение или отталкивание совершается обратно пропорционально квадрату расстояния.

чила бы с течением времени перевес над другой, и тогда бы движение под конец прекратилось. Таким образом все притяжения и все отталкивания во вселенной должны взаимно уравниваться. Благодаря этому закон о неразрушимости и несотворимости движения сводится к положению о том, что каждое притягательное движение во вселенной должно быть дополнено эквивалентным ему отталкивательным движением, и наоборот, или же как это выражала задолго до установления в естествознании закона о сохранении силы *gesp.* энергии прежняя философия, - что сумма всех притяжений равна сумме всех отталкиваний.

Но здесь невидимому все еще имеются две возможности для прекращения со временем всякого движения, а именно: либо отталкивание и притяжение под конец когда-нибудь действительно уравниваются, либо все отталкивание окончательно сосредоточится в одной части материи, а все притяжение - в другой части ее. Но с диалектической точки зрения эти альтернативы уже а priori не реальны. Раз диалектика, основываясь на результатах нашего опытного изучения природы, доказала, что все полярные противоположности обуславливаются вообще взаимодействием обоих противоположных полюсов, что разделение и противопоставление этих полюсов существует лишь в рамках их связи и объединения и что, наоборот, их объединение существует лишь в их разделении, а их связь лишь в их противопоставлении, то не может быть и речи ни об окончательном уравнивании отталкивания и притяжения, ни об окончательном распределении и сосредоточении одной формы движения в одной половине материи, а другой формы его - в другой половине ее, т. е. не может быть и речи ни о взаимном проникновении, ни об абсолютном отделении друг от друга обоих полюсов. Утверждать это значило бы то же самое, что - прибегая к примеру - требовать, в первом случае, чтобы северный и южный полюсы какого-нибудь магнита нейтрализовали друг друга и друг через друга, а во втором случае, чтобы распилка магнита посередине, между обоими его полюсами, дала в одной части северную половину без южного полюса, а в другой части южную половину без северного полюса. Но хотя недопустимость подобных предположений следует уже из диалектической природы полярной противоположности, все же благодаря господствующему среди естествоиспытателей метафизическому образу мышления, по крайней мере, вторая гипотеза играет еще известную роль в физических теориях. Об этом будет еще речь в своем месте.

Как же представляется движение во взаимодействии притяжения и отталкивания? Лучше всего мы это разберем на примере отдельных форм движения. В итоге мы получим тогда общий вывод.

Рассмотрим движение какой-нибудь планеты вокруг ее центрального тела. Обычная школьная астрономия объясняет вместе с Ньютоном описываемый этой планетой эллипс из совместного действия двух сил - из притяжения центрального тела и из тангенциальной силы, увлекающей планету в направлении, перпендикулярном к этому притяжению. Таким образом, школьная астрономия принимает, кроме центральной формы движения, существование еще другого направления движения, перпендикулярного к прямой, существование соединяющей центры наших тел так называемой "силы". Но благодаря этому она становится в противоречие с вышеупомянутым основным законом, согласно которому к нашей вселенной всякое движение может происходить только в управлении прямой, соединяющей центры действующих друг на друга тел, или же, как обычно выражаются, что всякое движение может вызываться лишь центрально действующими силами. Благодаря этому она вводит в теорию такой элемент движения, который, как мы это тоже видели, неизбежно приводит к идее о сотворении и уничтожении движения (и поэтому предполагает также творца) \*. Поэтому нужно было

свести эту таинственную тангенциальную силу к некоторой центральной форме движения: это и сделала канто-лапласовская космогоническая теория. Согласно этой гипотезе, как известно, вся солнечная система возникла из вращающейся, крайне разреженной газовой массы путем постепенного сжатия ее, причем на экваторе этого газового шара вращательное движение было естественно сильнее всего и отрывало от массы отдельные газовые кольца, которые сгущались в планеты, планетоиды и т. д. и стали вращаться вокруг центрального тела в направлении первоначального вращения. Само это вращение объясняется обыкновенно из собственного движения отдельных газовых частичек, происходившего в самых различных направлениях, причем, однако, под конец получался избыток в одном определенном направлении, вызывавший таким образом вращательное движение, которое вместе с ростом сжатия газового шара должно было становиться все сильнее. Но, какую бы мы ни приняли гипотезу насчет происхождения вращения, при любой из них мы избавляемся от тангенциальной силы, которая превращается в особую форму проявления некоего происходящего в центральном направлении движения. Если один, центральный, элемент планетного движения представлен тяжестью, притяжением между планетой и центральным телом, то другой, тангенциальный, элемент является остатком, в перенесенной или превращенной форме, первоначального отталкивания отдельных частичек газового шара. Таким образом, процесс существования какой-нибудь солнечной системы представляется в виде взаимодействия притяжения и отталкивания, в котором притяжение получает постепенно все более и более перевес благодаря тому, что отталкивание излучается в виде тепла в мировое пространство и таким образом все более и более теряется для системы.

С первого же взгляда ясно, что форма движения, рассматриваемая здесь как отталкивание, есть не что иное, как так называемая современной физикой "энергия". Система потеряла благодаря процессу сжатия и вытекающему отсюда выделению отдельных тел, из которых она в настоящее время состоит, "энергию", и потеря эта, по известному вычислению Гельмгольца, равняется теперь уже 453/454 всего находившегося первоначально в ней, в форме отталкивания, количества движения.

Возьмем, далее, какую-нибудь телесную массу на самой нашей земле. Благодаря тяжести она связана с землей, подобно тому как земля, с своей стороны, связана с солнцем: но в отличие от земли эта масса неспособна на свободное планетарное движение. Она может быть приведена в движение только при помощи внешнего толчка. Но и в этом случае, по миновании толчка, ее движение вскоре пре-

\* [Последние слова прибавлены карандашом позже. ]

кращается либо благодаря действию одной лишь тяжести, либо же благодаря этому действию в соединении с сопротивлением среды, в которой движется наша масса. Однако и это сопротивление является в последнем счете действием тяжести, без которой земля не имела бы никакой сопротивляющейся среды, никакой атмосферы на своей поверхности. Таким образом, в случае чисто

механического движения на земной поверхности мы имеем дело с таким положением, в котором решительно преобладает тяжесть, притяжение, в котором следовательно для получения движения необходимо пройти две фазы: сперва действие совершается в направлении, противоположном тяжести, а затем дают действовать тяжести, - одним словом, сперва поднимают массу, а затем дают ей упасть.

Таким образом, мы имеем снова взаимодействие между притяжением, с одной стороны, и между формой движения, действующей в противоположном ему направлении, т. е. отталкивательной формой движения - с другой, но эта отталкивательная форма движения не встречается в природе в рамках земной чистой механики (оперирующей массами с данным, неизменным для них агрегатным состоянием и состоянием сцепления). Физические и химические условия, при которых какая-нибудь глыба отрывается от горы или же при которых становится возможным явление водопада, лежат вне сферы компетенции этой механики. Таким образом в земной чистой механике отталкивающее, поднимающее движение должно быть создано искусственным образом: при помощи человеческой силы, животной силы, силы воды, силы пара и т. д. Это обстоятельство, эта необходимость искусственно бороться с естественным притяжением, вызывает у механиков убеждение, что притяжение, тяжесть или, как они выражаются, сила тяжести является самой существенной, основной формой движения в природе.

Согласно ходячей механической концепции, если например поднимают какой-нибудь груз, сообщающий благодаря своему прямому или косвенному падению движение другим телам, то движение это сообщается не подниманием груза, а силой тяжести. Так, например, у Гельмгольца "наилучше известная нам и наипростейшая сила-тяжесть действует в качестве движущей силы... например в тех стенных часах, которые приводятся в движение каким-нибудь грузом. Груз не может следовать за импульсом тяжести, не приводя в движение всего часового механизма". Но он не может привести в движение часового механизма, не опускаясь сам, и он опускается до тех пор, пока, подконец не развернется вся цепь, на которой он висит. "Тогда часы останавливаются, тогда на время исчерпывается способность к работе их груза. Его тяжесть не пропала и не уменьшилась; он по-прежнему притягивается с той же силой землей, но способность этой тяжести породить движение пропала... Но мы можем завести часы при помощи силы нашей руки, причем груз снова поднимается вверх. Раз это сделано, то груз снова приобрел свою прежнюю способность к действию и может снова поддерживать часы в состоянии движения" (Helmholtz, Populare Vortrage, V. II, стр. 144) [142].

Таким образом, по Гельмгольцу, не <положительная работа> активное сообщение движения, не поднимание груза приводит в движение часы, а пассивная тяжесть груза, хотя сама эта тяжесть выводится из, состояния пассивности только благодаря подниманию и возвращаются к своей пассивности, после того как развернута цепь, удерживающая груз. Следовательно, если согласно новейшему воззрению, как мы только что видели, энергия является только другим выражением для отталкивания, то

здесь согласно более старому, гельмгольцеву, воззрению, сила является другим выражением для противоположности отталкивания, для притяжения. Мы ограничиваемся пока констатированием этого факта.

Но когда процесс земной механики достиг своего конца, когда поднятая первая тяжелая масса упала обратно, опустившись на ту же самую высоту, то что становится с движением, составлявшим этот процесс? Для чистой механики оно исчезло. Однако теперь мы знаем, что оно вовсе не уничтожилось. В меньшей своей части оно превратилось в звуковые волнообразные колебания воздуха, в значительно большей части – в теплоту, которая сообщилась отчасти оказывающей сопротивление атмосфере, отчасти самому падающему телу, отчасти, наконец, участку почвы, на которой установлен часовой механизм. Груз также постепенно передал свое движение в виде теплоты от трения отдельным колесикам часового механизма. Но не движение падения, как обыкновенно выражаются, т. е. не притяжение, перешло в теплоту, т. е. некоторую форму отталкивания. Напротив, притяжение, тяжесть, остается, как правильно замечает Гельмгольц, тем же, чем оно было раньше, и даже выражаясь точно, становится больше. Скорее падением механически уничтожается сообщенное поднятому телу благодаря подниманию его, отталкивание, которое затем восстанавливается в качестве теплоты. Молярное отталкивание превратилось в молекулярное отталкивание.

Теплота представляет собой, как мы уже сказали, особую форму отталкивания. Она приводит молекулы тела в колебание и этим ослабляет связь отдельных молекул, пока, наконец, не наступает переход в жидкое состояние: если продолжается приток тепла, то оно и в этом состоянии увеличивает движение молекул до тех пор, пока они совершенно не оторвутся от массы и не начнут свободно двигаться с определенной, обусловленной для каждой молекулы ее химическим составом скоростью. При продолжающемся притоке тепла оно увеличивает еще более эту скорость, отталкивая таким образом молекулы все дальше друг от друга.

<Если таким образом движение массы по направлению силы тяжести превратилось в молекулярное движение в форме теплоты, то это, другими словами, значит: притяжение превратилось в отталкивание, в свою прямую противоположность.>

Но теплота есть разновидность так называемой "энергии"; таким образом, последняя и здесь оказывается тождественной с отталкиванием.

В явлениях статического электричества и магнетизма мы имеем полярное распределение притяжения и отталкивания. Какую бы гипотезу ни составить насчет *modus operandi* обеих этих форм движения, никто, считающийся с фактами, не усомнится в том, что притяжение и отталкивание - поскольку они вызваны статическим электричеством или магнетизмом и поскольку они могут свободно обнаруживаться - вполне компенсируют друг друга, что, впрочем, следует с необходимостью из самой природы полярного распределения. Два полюса, которые не компенсировали бы вполне друг друга в своих проявлениях, не были бы вовсе полюсами; поэтому они до сих пор и не встречались в природе. Явления гальванизма мы оставим пока в покое, ибо

здесь процесс обуславливается химическими явлениями, становясь, благодаря этому, более сложным. Обратимся поэтому лучше к изучению самих химических процессов движения.

Если две весовых части водорода соединяются с 15,96 весовой части кислорода, образуя водяной пар, то при этом развивается количество теплоты, равное 68,924 единицы теплоты. Наоборот, разложение 17,96 весовой части водяного пара на 2 весовых части водорода и 15,96 весовой части кислорода возможно лишь при том условии, что водяному пару сообщается количество движения, эквивалентное 68,924 единицы теплоты, - безразлично, в форме ли самой теплоты или электрического движения. То же самое относится ко всем химическим процессам. В огромном большинстве случаев при химических соединениях выделяется движение, при разложениях сообщается движение. И здесь отталкивание представляет обыкновенно активную сторону процесса, более наделенную движением или требующую притока движения, а притяжение - пассивную сторону его, делающую излишним движение и выделяющую его. Поэтому современная теория и заявляет, что вообще при соединении элементов энергия высвобождается, при разложении же их - связывается. Термин "энергия" здесь опять-таки употребляется вместо "отталкивание". И опять-таки Гельмгольц заявляет: "Эту силу (силу химического сродства) мы можем представить себе как силу притяжения... Эта сила притяжения между атомами углерода и кислорода производит точно так же работу, как сила, которую обнаруживает земля в виде действия тяжести на поднятый груз... Когда атомы углерода и кислорода набрасываются друг на друга и соединяются в углекислоту, то новообразовавшиеся частицы углекислоты должны находиться в крайне бурном молекулярном движении, т. е. тепловом движении... Когда в дальнейшем углекислота отдаст свою теплоту окружающей среде, то мы все еще имеем в углекислоте весь углерод, весь кислород, а также силу сродства обоих в тех же размерах, что и раньше. Но эта сила сродства обнаруживается теперь лишь в том, что она крепко связывает между собою атомы углерода и кислорода, не допуская разделения их" (1. с., стр. 169). Мы здесь замечаем то же, что и раньше: Гельмгольц настаивает на том, что в химии, как и в механике, сила заключается только в притяжении и следовательно является антиподом того, что у других физиков называется энергией и что тождественно с отталкиванием.

<Тем самым исчерпаны формы движения в неорганической природе, поскольку нам это позволяет современная наука.>

Таким образом, мы имеем теперь не обе простые основные формы притяжения и отталкивания, а целый ряд подчиненных форм, в которых совершается процесс универсального движения, развертывающийся в противоположности притяжения и отталкивания. Но, подводя эти многообразные формы под одно общее название движения, мы исходим вовсе не из априорных требований нашего разума. Напротив, факты опыта показывают, что они являются формами одного и того же движения, ибо при известных обстоятельствах они переходят друг в друга. Механическое молярное движение пере- ходит в теплоту, в электричество, в магнетизм;

теплота и электричество переходят в химическое разложение; с своей стороны: химическое соединение порождает опять-таки теплоту и электричество, а через посредство последнего - магнетизм; и, наконец, теплота и электричество в свою очередь производят механическое молярное движение. И происходит это таким образом, что определенному количеству движения одной формы всегда соответствует точно определенное количество движения другой формы, причем опять-таки безразлично, из какой формы движения заимствована единица меры, которой измеряется это количество движения, т. е. служит ли она для измерения молярного движения, так называемой электродвижущей силы, или же превращающегося при химических процессах движения.

Здесь мы стоим на почве, созданной Ю. Р. Майером в 1842 г. \* и разработанной с тех пор с таким блестящим успехом учеными всех стран теории "сохранения энергии", и нам остается только исследовать основные представления, которыми ныне оперирует эта теория. Это - представление о силе, или "энергии" и о "работе".

Мы уже видели, что современное, теперь довольно общераспространенное воззрение понимает под энергией отталкивание, между тем как Гельмгольц употребляет слово "сила" преимущественно для обозначения притяжения. Можно было бы думать, что это какое-то формальное, несущественное различие, так как ведь притяжение и отталкивание компенсируются во вселенной и поэтому безразлично, какую сторону отношения принять за положительную и какую - за отрицательную, подобно тому как совершенно безразлично, будем ли мы отсчитывать на известной прямой от какой-нибудь точки положительные абсциссы направо или налево. Но в действительности это не совсем так.

Дело в том, что у нас речь идет здесь, прежде всего, не о вселенной, а о явлениях, имеющих место на земле и обусловленных вполне определенным положением земли в солнечной системе и солнечной системы во вселенной. Но наша солнечная система излучает в каждое мгновение колоссальные количество движения в мировое пространство, и притом движения вполне определенного рода, именно солнечную теплоту, т. е. отталкивание. А сама наша земля живет только благодаря солнечной теплоте и, со своей стороны, излучает полученную солнечную теплоту, в конце концов, тоже в мировое пространство

\* В "Pop. Vorles." II, стр. 113, Гельмгольц приписывает невидимому, кроме Майера, Джоуля и Кольдинга, и себе самому, известную роль в естественно-научном доказательстве теоремы Декарта о неизменности количества движения в мире. "Сам я, не зная ничего о Майере и Кольдинге и ознакомившись с опытами Джоуля лишь в конце своей работы, вступил на тот же самый путь: я старался в особенности определить все отношения между различными физическими процессами, вытекающими из указанной точки зрения, и опубликовал свои исследования в 1847 г. в маленьком сочинении под названием: "О сохранении силы" [Подчеркнуто Энгельсом.] Но в этом сочинении не находится ровно ничего нового для уровня науки в 1847 г., за исключением упомянутого выше математического - впрочем весьма ценного - доказательства, что "сохранение силы" и центральное действие сил, действующих между различными телами какой-нибудь системы, являются лишь двумя различными выражениями одной и той же вещи и, далее, более точной формулировкой закона, что сумма живых сил и сил напряжения в некоторой данной

механической системе постоянна. Во всем остальном вторая работа Майера от 1845 г. уже опередила это сочинение Гельмгольца. Уже в 1842 г. Майер утверждал "нерушимость силы", а в 1845 г. он, исходя из своей новой точки зрения, сумел сообщить гораздо более гениальные вещи об "отношениях между различными физическими процессами", чем Гельмгольц в 1847г.

после того как она превратила часть ее в другие формы движения. Таким образом, в солнечной системе, а в особенности на земле, притяжение имеет уже значительный перевес над отталкиванием. Если бы мы не получали излучаемого Солнцем движения отталкивания, то на земле прекратилось бы всякой движение. Если бы солнце застыло завтра, то при прочих равных условиях притяжение осталось бы на земле тем же, чем оно является в настоящее время. Камень, весом в сто килограммов, продолжал бы по-прежнему весить эти сто килограммов на том месте, где он лежит. Но зато движение, как масс, так и молекул и атомов, заменилось бы состоянием абсолютного, с нашей точки зрения покоя. Таким образом, ясно, что для процессов, совершающихся на нашей нынешней земле, совершенно не безразлично, станем ли мы рассматривать притяжение или отталкивание как активную сторону движения, т. е. как силу, или энергию. На нынешней земле, наоборот, притяжение благодаря своему решительному перевесу над отталкиванием стало уже совершенно пассивным: всем активным движением мы обязаны притоку отталкивания от солнца. Поэтому-то новейшая школа по существу вполне права с точки зрения земных процессов и даже с точки зрения всей солнечной системы, если она рассматривает энергию как отталкивание, хотя бы она не отдавала себе вполне отчета в природе самого движения.

Термин "энергия" отнюдь не выражает правильно всего явления движения, ибо он подчеркивает только одну сторону его - действие, но не противодействие. Кроме того он способен вызвать мысль о том, будто "энергия" есть нечто внешнее для материи, нечто привитое ей, но во всяком случае он заслуживает предпочтения перед выражением "сила".

Представление о силе заимствовано, как это признается всеми (начиная от Гегеля и кончая Гельмгольцем), из проявлений деятельности человеческого организма по отношению к окружающей его среде. Мы говорим о мускульной силе, о поднимающей силе рук, о прыгательной силе ног, о пищеварительной силе желудка и кишечного тракта, о силе ощущения нервов, о секреторной силе желез и т. д. Иными словами, чтобы избавиться от необходимости указать реальную причину изменения, вызванного какой-нибудь функцией нашего организма, мы сочиняем некоторую фиктивную причину, соответствующую этому изменению, и называем ее силой. Мы переносим затем этот удобный метод и во внешний мир и таким образом сочиняем столько же сил, сколько существует различных явлений.

Естествознание (за исключением разве небесной и земной механики) находилось на этой наивной ступени развития еще во времена Гегеля, с полным правом выступавшего против тогдашней манеры придумывать повсюду силы (прочитировать соответствующее место) [143]. Точно так же он замечает и в

другом месте: "Лучше сказать, что магнит (как выражается Фалес) имеет душу, чем что он имеет силу притягивать; сила - это такое свойство, которое как отделимое от материи представляет себя в виде предиката, душа же - это движение себя, одно и то же вместе с природой материи" (Geschi-chte d. Philosophic, I, стр. 208).

Теперь мы не так легко оперируем силами, как в те времена. Послушаем Гельмгольца: "Если мы вполне знаем какой-нибудь закон природы, то мы должны требовать признания его без исключения... Таким образом, закон представляется нам в виде некоторой объективной мощи, и поэтому мы называем его силой. Так например мы объективируем закон преломления как некоторую силу преломления света прозрачных веществ, закон химического сродства как силу сродства между собою различных веществ. Точно так же мы говорим об электрической контактной силе металлов, о силе прилипания, капиллярной силе и т. д. В этих наименованиях объективированы законы, охватывающие сперва небольшие ряды физических процессов, условия которых еще довольно запутаны... \* Сила - это только объективированный закон действия... Абстрактное понятие силы, выставляемое нами, прибавляет к этому еще лишь мысль о том, что мы не сочинили произвольно этого закона, что он представляет собой принудительный закон явлений. Таким образом наше требование понять явления природы, т. е. найти их законы, принимает другой вид, сводится к требованию отыскивать силы, представляющие собой причины явлений" (I, с., стр. 190). Доклад на инсбрукском съезде естествоиспытателей в 1869 г.) [144].

Заметим прежде всего, что очень своеобразен способ "объективирования", сводящийся к тому, что вносят чисто субъективное представление о силе в некий, - установленный как независимый от нашей субъективности и следовательно уже вполне объективный, - закон природы. Подобную вещь мог бы позволить себе в лучшем случае какой-нибудь правовернейший старогегельянец, а не неокантианец вроде Гельмгольца. К установленному раз закону и к его объективности или же к объективности его действия не прибавляется ни малейшей новой объективности оттого, что мы подставим на его место некую силу; здесь присоединяется лишь наше субъективное утверждение, что этот закон действует при помощи некоторой, пока еще совершенно неизвестной силы. Но тайный смысл этой подстановки открывается перед нами тогда, когда Гельмголец начитает приводить свои примеры - преломление света, химическое сродство, контактное электричество, прилипание, капиллярность - и возводит законы, управляющие этими явлениями, в "объективное" дворянское сословие сил. "В этих наименованиях объективированы законы, охватывающие сперва небольшие ряды физических процессов, условия которых, еще довольно запутаны". - И именно здесь "объективирование", являющееся скорее субъективированием, приобретает известный смысл: мы ищем прибежище в слове "сила" не потому, что мы вполне познали закон, но именно потому, что мы его не познали, потому, что мы еще не выяснили себе "довольно запутанных условий" этих явлений. Таким образом прибегая к понятию силы, мы выражаем не наше знание, а наше

отсутствие знания природы закона и способа его действия. В этом смысле, в виде краткого выражения еще непознанной причиной связи, в виде уловки языка, он может перейти в обычное употребление. Что сверх того, то от лукавого. С тем же правом, с каким Гельмгольц объясняет физическое явление из так называемой силы преломления света, электрической контактной силы и т. д., средневековые схоластики объясняли температурные изменения из *vis calorifica* и *vis frigifaciens*, избавляя себя таким

\* [Подчеркнуто Энгельсом ]

образом от необходимости всякого дальнейшего изучения явлений теплоты.

Но и в этом смысле рассматриваемое выражение неудачно, выражая все явления односторонним образом. Все процессы в природе двусторонни, основываясь на отношении между, по меньшей мере, двумя действующими частями, основываясь на действии и противодействии. Между тем, представление о силе благодаря своему происхождению из действия человеческого организма на внешний мир и, далее, из земной механики, предполагает мысль о том, что только одна часть - активно действенная, другая же - пассивно воспринимающая и таким образом устанавливает пока еще недоказанное распространение половой полярности на неорганическую природу. Противодействие второй части, на которую действует сила, является здесь в лучшем случае в качестве чего-то пассивного, в качестве сопротивления. Правда, эта концепция применима в целом ряде областей и помимо чисто механики, - именно там, где дело идет о простом перенесении движения и количественном вычислении его. Но ее уже недостаточно в более сложных физических процессах, как это доказывают собственные примеры Гельмгольца. Сила преломления света заключается столь же в самом свете, сколько в прозрачных телах. В случае явлений прилипания и капиллярности сила заключается, безусловно, столь же в твердой поверхности, сколько в жидкости. Относительно контактного электричества можно, во всяком случае, с уверенностью утверждать, что здесь играют роль оба металла, а "сила химического средства" заключается, во всяком случае, в обеих соединяющихся частях. Но сила, состоящая из двух отдельных сил, действие, не вызывающее своего противодействия, а заключающее и несущее его в себе самом, - не есть вовсе сила в смысле земной механики, этой единственной науки, в которой действительно знают, что означает слово "сила". Ведь основными условиями земной механики являются, во-первых, отказ исследовать причины импульса, т. е. природу соответственной в каждом случае силы, а во-вторых, представление об односторонности силы, которой противопоставляется некоторая равная всегда себе в любом месте тяжесть, так что, по сравнению с любым пространством, проходимым падающим на земле телом, радиус земного шара равен бесконечности.

Но пойдем дальше и посмотрим, как Гельмгольц "объективирует" свои "силы" в законы природы.

В одном докладе, в 1854 г. (1. с., стр. 119) [145], он исследует "запас рабочей силы", который содержал в себе первоначально туманный шар, давший

начало нашей солнечной системе. "Действительно, этот шар получил колоссальный запас рабочей силы в форме всеобщей силы притяжения всех его частей друг к другу". Это бесспорно. Но столь же бесспорно и то, что все это приданное из тяжести или тяготения сохраняется в неуцербленном виде и в теперешней солнечной системе, за исключением разве незначительной части его, утерянной с материей, которая, может быть, была выброшена безвозвратным образом в мировое пространство. Далее: "И химические силы должны были уже быть налицо, готовые к действию; но так как эти силы могут действительно проявиться лишь при самом тесном соприкосновении разнородных масс, то прежде чем началась их работа, должно было произойти сгущение" [146]. Если мы вместе с Гельмгольцем (см. выше) станем рассматривать эти химические силы как силы сродства, т.е. как притяжение, то мы должны будем и здесь сказать, что совокупная сумма этих сил химического притяжения сохраняется немаленной и в теперешней солнечной системе.

Но на той же самой странице Гельмгольц приводит в качестве результата своих выкладок, что в солнечной системе "имеется лишь примерно 1/454 доля первоначальной механической силы как таковой". Как согласовать это? Ведь сила притяжения - как всеобщая, так и химическая - сохранилась в нетронутым виде в солнечной системе. Другого определенного источника силы Гельмгольц не указывает. Правда, согласно Гельмгольцу, его силы произвели колоссальную работу. Но от этого они ни увеличились, ни уменьшились. О каждой молекуле в солнечной системе, как и о всей солнечной системе, можно сказать то же самое, что о часовом грузе в вышеприведенном примере: "Его тяжесть не пропала и не уменьшилась". Все химические элементы испытывают то же, что углерод и кислород, рассмотренные нами выше: вся масса каждого элемента сохраняется, и точно так же "остаётся в прежних размерах сила сродства". Что же мы потеряли? И какая "сила" произвела колоссальную работу, которая в 453 раза больше, чем та, которую может еще произвести, по его вычислению, солнечная система? На это мы не имеем никакого ответа у Гельмгольца. Но дальше мы читаем у него:

"Мы не знаем, имелся ли еще другой запас силы в виде теплоты". С позволения Гельмгольца мы заметим следующее: теплота есть отталкивательная "сила" и, следовательно, действует в направлении обратном направлению тяжести и химического притяжения. Она есть минус, если последние принимать за плюс. Поэтому, если Гельмгольц составляет свой первоначальный запас силы из всеобщего притяжения и химического притяжения то имеющийся помимо этого запас теплоты должен был бы быть не прибавлен к нему, а вычтен из него. В противном случае нужно было бы утверждать, что солнечная теплота увеличивает силу притяжения земли, когда она, вопреки ей, превращает воду в пары и поднимает эти пары вверх; или же - что теплота раскаленной железной трубки, через которую проходят водяные пары, усиливает химическое притяжение кислорода и водорода, между тем как она, наоборот, уничтожает его. Или же \*, выражая это самое отношение иным, более конкретным образом: допустим,  $r_3$ , имеет температуру  $t$ . Допустим, (что туманный шар радиуса  $r$ , т. е. объем  $4/3$  далее, что другой туманный шар,

равной массы, имеет при более высокой  $R_3$ . Ясно, что во втором туманном(температуре  $T$  больший радиус  $R$  и объем  $4/3$  шаре притяжение - как механическое, так физическое и химическое - лишь тогда сможет начать действовать с той же силой, как в первом, когда он сократится и вместо радиуса  $R$  станет радиус  $r$ , т. е., когда соответствующая разница температур  $T - t$ , теплота, будет излучена в мировое пространство. Таким образом, более теплый туманный шар сгустится позже, чем более холодный, и следовательно теплота, являясь препятствием для сгущения, оказывается, с точки зрения Гельмгольца, не плюсом, а минусом "запаса сиды". Гельмголец, предполагая возможность в виде теплоты некоторого количества

\* [От "Или же" до "запаса силы" добавлено на полях.]

отталкивательного движения, присоединяющегося к притягательным формам движения и увеличивающего их сумму, совершает, безусловно, ошибку в своих выкладках.

Придадим же всему этому "запасу силы" - как опытно доказуемому, так и теоретически возможному - один и тот же знак для того чтобы можно было совершить сложение. Так как в настоящее время мы еще не в состоянии обратить теплоты, не в состоянии заменить ее отталкивание эквивалентным притяжением, то нам придется совершить это обращение для обеих форм притяжения. В таком случае мы должны взять вместо силы всеобщего притяжения, вместо силы химического сродства и вместо существовавшей, возможно, уже первоначально теплоты как таковой, просто сумму имевшегося в газовом шаре, в момент его образования, отталкивательного движения, или так называемой энергии. С этим согласуется и вычисление Гельмгольца, когда он вычисляет "согревание", получившееся благодаря гипотетическому первоначальному сгущению тел нашей системы из рассеянного туманного вещества. Сведя таким образом весь "запас сил" к теплоте, к отталкиванию, он делает возможным прибавить к этому гипотетический "запас силы теплоты". А в таком случае произведенное им вычисление выражает тот факт, что 453/454 всей имевшейся первоначально в газовом шаре энергии, т. е. отталкивания, было излучено в виде теплоты в мировое пространство или же, выражаясь точнее, что сумма всего притяжения в современной солнечной системе относится к сумме всего имеющегося в ней отталкивания, как 454 : 1. Но в таком случае эти выкладки противоречат тексту доклада, к которому они приложены.

Но если представление силы приводит даже у такого физика, как Гельмголец, к подобной путанице понятий, то это является лучшим доказательством того, что оно вообще не может найти научного применения во всех областях исследования, выходящих из рамок вычислительной механики. В механике принимают причины движения за данное и не интересуются их происхождением, считаясь только с их действиями. Поэтому если какую-нибудь причину движения называют силой, то это нисколько не вредит механике как таковой; но благодаря этому привыкают переносить это наименование также и в область физики, химии и биологии, что приводит к

неизбежной путанице. Мы уже видели это и увидим еще не один раз \*. О понятии работы мы будем говорить в следующей главе.

\* [ Этот абзац и последующее предложение дополнительно приписаны. Первоначально здесь стояло: "Работа: развить перенесение движения и его форм. Резюме". ]

## МЕРА ДВИЖЕНИЯ-РАБОТА

"Напротив, я до сих пор всегда находил, что основные понятия этой области (т. е. "основные физические понятия работы и неизменности ее") с большим трудом даются тем лицам, которые не прошли через школу математической механики, несмотря на все усердие с их стороны, на все их способности и даже на довольно высокий уровень естественно-научных знаний. Не следует забывать того, что это абстракции совершенно особого рода. Ведь понять их удалось не без труда даже такому крупному мыслителю, как И. Кант, о чем свидетельствует его полемика с Лейбницем". Так говорит Гельмгольц (Pop.-wiss. Vortr., II, Vorrede) [147].

Таким образом, мы вступаем в очень опасную область, тем более что <из-за недостатка времени и места> мы не можем провести читателя через школу математической механики. Но, может быть, удастся показать, что там, где дело идет о понятиях, диалектическое мышление приводит по меньшей мере к таким же плодотворным результатам, как и математические выкладки.

Галилей открыл, с одной стороны, закон падения, согласно которому пройденные падающими телами пространства пропорциональны квадратам времени падения. Но наряду с этим он установил не вполне соответствующее, как мы увидим, этому закону положение, что количество движения какого-нибудь тела (его *impeto* или *momento*) определяется массой и скоростью, так что при постоянной массе оно пропорционально скорости. Декарт принял эту последнюю теорему и признал вообще произведение массы движущегося тела на скорость мерой его движения. <И даже теперь можно встретить то же самое в известных руководствах. Так, например, у Томпсона и Тета (A. Treatise, on Natural Philosophy etc. London and Oxford 1867, p. 162) "количество движения или момент твердого тела, движущегося без вращения, пропорционально произведению его массы на скорость. Двойная масса или двойная быстрота, соответствует двойному количеству движения и так далее"> [148].

Гюйгенс нашел уже, что в случае упругого удара сумма произведений масс на квадраты скорости остается неизменной до удара и после него и что аналогичный закон имеет силу для различных других случаев движения соединенных в одну систему тел.

Лейбниц первый заметил, что декартова мера движения противоречит закону падения. Но, с другой стороны, нельзя было отрицать того, что декартова мера оказывается во многих случаях правильной. Поэтому Лейбниц разделил движущие силы на мертвые и живые. Мертвыми силами были

"давления" или "натяжения" покоящихся тел; за меру их он принимал произведение из массы на скорость, с которой двигалось бы тело, если бы из состояния покоя оно перешло в состояние движения; за меру же живой силы - реального движения тела - он принял произведение из массы на квадрат скорости. Эту новую меру движения он вывел непосредственно из закона падения. "Необходима, - рассуждал Лейбниц, - одна и та же сила как для того, чтобы поднять тело весом в четыре фунта на один фут, так и для того, чтобы поднять тело весом в один фунт на четыре фута. Но пути пропорциональны квадрату скорости, ибо если тело упало на четыре фута, то оно приобрело двойную скорость по сравнению с той скоростью, которую оно имеет, когда падает на один фут. Но при своем падении тела приобретают силу, с помощью которой они могут подняться на ту же самую высоту, с которой упали; следовательно силы пропорциональны квадрату скорости" (Suter, *Geschichte der Math.*, II, стр. 367) [149]. Но далее он доказал, что мера движения  $mv$  противоречит декартовой теореме о постоянстве количества движения, ибо если бы она была действительно верна, то сила (т. е. сумма движения) постоянно увеличивалась бы или уменьшалась бы в природе. Он даже набросал проект аппарата (1690, *Acta Eruditorum*), который - будь мера  $mv$  правильной - представлял бы *perpetuum mobile*, дающий постоянно новую силу, что нелепо. В наше время Гельмгольц неоднократно прибегал к этому аргументу.

Картезианцы протестовали из всех своих сил, и тогда загорелся знаменитый, длившийся много лет спор, в котором принял участие в первом своем сочинении (*Gedanken von der wahren Schatzung der lebendigen Krafte*, 1746) И. Кант, хотя он и неясно разбирался в вопросе. Современные математики относятся с изрядной дозой презрения к этому "бесплодному" спору, который "затянулся больше чем на сорок лет, расколов математиков Европы на два враждебных лагеря, пока наконец Даламбер своим *Traite de dynamique* (1743) точно каким-то заклинанием не положил конец этой бесполезной словесной грызне, к которой собственно сводилось все дело" (Suter, I. с., стр. 366) [150].

Но мы в праве, кажется, думать, что не может сводиться к бесполезной грызне спор, начатый таким мыслителем, как Лейбниц, против такого человека, как Декарт, и столь занимавший мысль Канта, что он посвятил ему своего литературного первенца - довольно объемистый том. И действительно, как понять, что движение имеет две противоречащие друг другу меры, из которых одна пропорциональна скорости, а другая квадрату скорости? Зутер слишком легко справился с этим вопросом; он утверждает, что обе стороны были правы и обе же - неправы; "выражение "живая сила" сохранилось до настоящего времени; но теперь оно уже не рассматривается как мера силы, а является просто раз принятым обозначением для столь важного в механике произведения массы на половину квадрата скорости". Таким образом,  $mv$  остается мерой движения, а живая сила, - это только другое выражение для  $mv^2/2$  причем о последней формуле нам сообщают лишь то, что она очень важна в механике, но мы вовсе не узнаем, что собственно она означает.

Возьмем, однако, в руки спасительный *Traite de dynamique* и взглянем пристальнее в "заклинание" Даламбера, которое находится в Предисловии. В тексте мы читаем, что весь вопрос не представляет интереса из-за "совершенной бесполезности его для механики". Это вполне верно для чисто вычислительной, механики, где, как это мы видели выше у Зутера, слова представляют лишь особые выражения, наименования для алгебраических формул, наименования, при которых лучше всего ничего не мыслить. Но так как столь крупные ученые занимались этим вопросом, то он все же хочет разобрать его в предисловии. Под силой движущихся тел можно, если правильно вдуматься, понимать только их способность преодолевать препятствия или сопротивляться им. Таким образом, силу приходится измерять не через  $mv$  и не через  $mv^2$ , а только через препятствия и их сопротивления.

Но существует три рода препятствий: 1) непреодолимые препятствия, которые совершенно уничтожают движение и которые именно поэтому не могут быть здесь рассматриваемы; 2) препятствия, сопротивления которых достаточно для устранения движения и которые это делают мгновенно: это случаи равновесия; 3) препятствия, устраняющие движение лишь постепенно: это случаи замедленного движения. "Но все согласятся с тем, что существует равновесие между двумя телами, когда произведения их масс на их виртуальные скорости, т. е. на скорости, с которыми они стремятся двигаться, у обоих равны. Следовательно, при равновесии произведение массы на скорость - или, что сводится к тому же самому, количество движения - может представлять силу. Все согласятся также с тем, что в случае замедленного движения число преодоленных препятствий пропорционально квадрату скорости, так что тело, которое зажало, например, при известной скорости одну пружину, сможет при двойной скорости зажать сразу или последовательно не две, а четыре пружины, подобные первой; при тройной скорости - девять пружин и т. д. Отсюда сторонники живых сил (приверженцы Лейбница) умозаключают, что сила движущихся актуально тел вообще пропорциональна произведению массы на квадрат скорости. По существу, в чем заключалось бы неудобство, если бы мера сил была различной в случае равновесия и в случае замедленного движения? Ведь если желать рассуждать, руководясь лишь ясными идеями, то под словом сила следует понимать лишь эффект, получаемый при преодолении препятствия или при сопротивлении ему" (Предисловие, стр. 19-20 первого издания)[151].

Но Даламбер слишком философ, чтобы не понимать, что так легко он не справится с противоречием существования двойной меры для одной и той же силы. Поэтому, повторив по существу то самое, что уже сказал Лейбниц, - ибо его *equilibre* решительно то же самое, что "мертвое давление" Лейбница, - он вдруг переходит на сторону картезианцев и предлагает следующий выход: произведение  $mv$  может и в случае замедленного движения считаться мерой силы, "если в этом последнем случае измерять силу не абсолютным количеством препятствий, а суммой сопротивления этих самых препятствий. Ибо нельзя сомневаться в том, что эта сумма сопротивлений пропорциональна количеству движения  $mv$ , ибо, как согласятся с этим все, количество движения,

теряемого телом в каждое мгновение, пропорционально произведению сопротивления на бесконечно малый промежуток времени и что следовательно сумма этих произведений равняется очевидно совокупному сопротивлению" [152]. Этот последний способ вычисления кажется ему более естественным, "ибо какое-нибудь препятствие является препятствием лишь постольку, поскольку оно оказывает сопротивление, и собственно говоря сумма сопротивлений и является преодоленным препятствием; кроме того, определяя таким образом силу, мы имеем и то преимущество, что у нас оказывается одна общая мера для случаев равновесия и замедленного движения". Но каждый в праве думать так, как он хочет. И, покончив, как ему кажется, с вопросом посредством математического трюка, - что признает и сам Зутер - он заключает свое изложение нелюбезными замечаниями по поводу путаницы, царившей в мыслях его предшественников, и утверждает, что после вышеприведенных замечаний возможна лишь совершенно бесплодная метафизическая дискуссия или же еще менее достойная словесная грызня.

Попытка примирения Даламбера сводится к следующему вычислению:

Масса 1, обладающая скоростью 1, зажимает в единицу времени 1 пружину.

Масса 1, обладающая скоростью 2, зажимает 4 пружины, но употребляет для этого 2 единицы времени, т. е. зажимает в единицу времени только 2 пружины.

Масса 1, обладающая скоростью 3, зажимает 9 пружин в 3 единицы времени, т. е. зажимает в единицу времени лишь 3 пружины.

Значит, если мы разделим действие на потребное для него время, то мы вернемся от  $mv^2$  обратно к  $mv$ .

Мы имеем перед собой тот самый аргумент, который раньше вы двинул против Лейбница Кателян: тело, обладающее скоростью 2, действительно поднимается против тяжести на высоту в четыре раза большую, чем тело, обладающее скоростью 1, но для этого ему требуется также в 2 раза больше времени; следовательно сумму движения надо разделить на время  $a=2$ , а не  $=4$ . Таков же, странным образом, и взгляд Зутера, который ведь лишил выражение "живая сила" всякого логического смысла, оставив за ним только математический смысл. Но это вполне естественно. Для Зутера дело идет о том, чтобы спасти формулу  $mv$  в ее значении единственной меры количества движения, и поэтому  $mv^2$  приносится логически в жертву, чтобы воскреснуть преобразенным на небе математики.

Но верно, во всяком случае, то, что аргументация Кателяна образует один из мостов, соединяющих  $mv$  с  $mv^2$ , и поэтому имеет известное значение.

Механики, преемники Даламбера, отнюдь не воспользовались его заклинанием, ибо его заключительное суждение было в пользу  $mv$  как меры движения. Они придерживались его суждения о сделанном уже Лейбницем различии между мертвыми и живыми силами: для случаев равновесия, т. е. в статике, имеет силу  $mv$ , для замедленного же движения, т. е. в динамике, имеет силу  $mv^2$ . Хотя в общем это различие правильно, но в указываемой форме оно имеет не больше логического смысла, чем известное различие унтер-

офицера: на службе всегда "мне", вне службы всегда "меня". Его принимают молча: оно существует, и мы не можем его изменить, а если в подобной двойной мере заключается противоречие, то что же мы можем сделать?

Так например Thomson and Tait, A Treatise on Natural Philo-sophy, Oxford 1857, стр. 162: "Количество движения, или момент твердого тела, движущегося без вращения пропорционально произведению из его массы на скорость. Двойная масса или двойная скорость будут соответствовать двойному количеству движения". И тотчас же вслед за этим: "Vis viva, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению его массы на квадрат скорости".

В такой совершенно грубой форме ставятся рядом друг с другом обе противоречивых меры движения, причем не делается ни малейшей попытки объяснить это противоречие или хотя бы затушевать его. В книге обоих этих шотландцев мышление запрещено; можно производить только вычисления. Ничего нет поэтому удивительного, что по крайней мере один из них - Тэт принадлежит к правовернейшим христианам правоверной Шотландии.

В лекциях Кирхгофа по математической механике формулы  $mv$  и  $mv^2$  вовсе не встречаются в этой форме.

Может быть, нам поможет Гельмгольц[153]. В сочинении о сохранении силы он предлагает выражать живую силу через  $mv^2/2$ , - пункт, к которому мы еще вернемся. Затем (на стр.20и сл.) он вкратце перечисляет случаи, в которых до сих пор уже применяли и признавали принцип сохранения живой силы (т.е.  $mv^2/2$ ).

Затем сюда относится под № 2: "Передача движений несжимаемыми твердыми и жидкими телами, если при этом не имеет места трение или удар неупругих тел. Наш общий принцип выражается для этого случая в виде правила, что производимое и заменяемое механическими машинами движение теряет постоянно в величине силы то, что оно выигрывает в скорости. Если мы представим себе, что некий груз  $t$  поднимается вверх со скоростью  $s$  при помощи машины, в которой путем какого-нибудь процесса равномерно порождается работа, то при помощи другого механического приспособления можно будет приподнять груз  $tn$ , но лишь со скоростью  $s/n$ , так что в обоих случаях можно представить количество работы, создаваемой машиной в единицу времени, через  $mgc$ , где  $g$  означает ускорение силы тяжести".

Таким образом, и здесь мы встречаем внутреннее противоречивое утверждение, что <измеренная через  $mv$ > "величина силы", убывающая и возрастающая пропорционально скорости, должна служить доказательством сохранения величины силы, убывающей и возрастающей пропорционально квадрату скорости.

Впрочем здесь обнаруживается, что  $mv$  и  $mv^2/2$  служат для определения двух совершенно различных процессов; ведь мы знали это давно, ибо  $mv^2$  не может равняться  $mv$ , за исключением того случая, когда  $v=1$ . Но мы должны выяснить себе, почему движение обладает двоякого рода мерой, что также недопустимо в науке, как и в торговле. Попробуем добиться этого иным путем.

Итак, через  $mv$  измеряется "движение, производимое и изменяемое механическими силами"; таким образом эта мера применима к рычагу и всем производным от него формам, колесам, винтам и. т. - короче говоря, ко всем механическим приспособлениям, передающим движение. Но одно весьма простое и вовсе не новое рассуждение показывает, что, поскольку здесь имеет силу  $mv$  имеет силу и  $mv^2$ . Возьмем какое-нибудь механическое приспособление, в котором плечи рычагов относятся друг к другу, как 4 : 1, в котором следовательно груз в 1 кг уравнивает груз в 4 кг. Приложив совершенно ничтожную добавочную силу к одному плечу, мы можем приподнять 1 кг на 20 м, но эта же самая прибавочная сила, приложенная к другому плечу, поднимает 4 кг на 5 м, и притом больший груз опустится в то же самое время, в какое меньший груз поднимется. Массы и скорости здесь обратно пропорциональны друг другу:

$mv \cdot 1 \times 20 = m'v'$ ,  $4 \times 5$ . Теперь предоставим каждому из грузов - после того как они были подняты - свободно упасть на первоначальный уровень; в таком случае груз в 1 кг, пройдя пространство в 20 м (мы для простоты принимаем здесь ускорение силы тяжести равным в круглых цифрах 10 м вместо 9,81), приобретет скорость в 20 м; другой же груз, в 4 кг, пройдя пространство в 5 м, приобретет скорость в 10 м.

$$mv^2 = 1 \times 20 \times 20 = 400 = m'v'^2 = 4 \times 10 \times 10 = 400.$$

Наоборот, времена падения здесь различны: 4 кг проходят свои 5 м в 1 секунду, а 1 кг свои 20 м в 2 секунды. Само собою разумеется, что мы здесь исключили влияние трения и сопротивления воздуха.

Но после того как каждое из обоих тел упало со своей высоты, его движение прекращается. Таким образом  $mv$  оказывается здесь мерой просто перенесенного, т. е. продолжающегося движения, а  $mv^2$  оказывается мерой исчезнувшего <работы> механического движения.

Далее, в случае удара вполне упругих тел имеет силу то же самое: сумма  $mv$ , как и  $mv^2$ , остается неизменной до удара и после него. Обе меры имеют здесь одинаковое значение.

Не то мы наблюдаем в случае удара неупругих тел. Здесь ходячие элементарные учебники (высшая механика почти не занимается больше подобными мелочами) утверждают, что сумма  $mv$  остается неизменной до удара и после него. Зато здесь происходит потеря в живой силе, ибо, если вычесть сумму  $mv^2$  после удара из суммы их до удара, то остается всегда положительный остаток; на эту величину (или на ее половину, в зависимости от точки зрения) и уменьшается живая сила благодаря взаимопроникновению и изменению формы соударяющихся тел. Это последнее ясно и очевидно. Не так очевидно первое утверждение, а именно, что сумма  $mv$  остается неизменной до удара и после него. Живая сила представляет, вопреки Зутеру, движение, и раз часть ее потеряна, то потеряно и движение. Таким образом либо  $mv$  выражает здесь неправильно количество движения, либо вышеприведенное утверждение ошибочно. <Я позволю себе предположить последние.> Вообще вся эта теорема является наследием времени, когда еще не имели никакого представления об изменении движения, когда, следовательно, исчезновение

механического движения признавалось лишь там, где этого нельзя было не признать. Так, здесь равенство суммы  $mv$  до удара и после него доказывается на основании того, что нигде нельзя отметить потери или выигрыша в этой сумме. Но если тела утрачивают благодаря внутреннему трению, соответствующему их неупругости, живую силу, то они теряют также и скорость, и следовательно сумма  $mv$  должна после удара быть меньше, чем до него. Ведь нелепо игнорировать внутреннее трение при вычислении  $mv$ , когда с ним так определенно считаются при вычислении  $mv^2$ .

Но это ничего не значит. Если даже мы примем эту теорему и станем вычислять скорость после удара, исходя из допущения, что сумма  $mv$  осталась неизменной, даже и в этом случае мы найдем, что сумма  $mv^2$  убывает. Таким образом, здесь  $mv$  и  $mv^2$  приходят между собою в столкновение, выражающееся в разнице действительно исчезнувшего механического движения. И само вычисление показывает, что сумма  $mv$  выражает количество движения правильным образом, а сумма  $mv^2$  - неправильным образом.

Таковы приблизительно все случаи, в которых употребляются в механике  $mv$ ; рассмотрим теперь несколько случаев, в которых употребляется  $mv^2$ .

Когда ядро вылетает из пушки, то при своем полете оно потребляет количество движения, пропорциональное  $mv^2$ , независимо от того, ударится ли оно в твердую мишень или же перестанет двигаться благодаря сопротивлению воздуха и силе тяжести. Если железнодорожный поезд сталкивается с другим, стоящим неподвижно поездом, то сила столкновения и соответствующее ей разрушение пропорциональны его  $mv^2$ . Точно так же мы имеем дело с  $mv^2$  при вычислении каждой механической силы, потребной для преодоления некоторого сопротивления.

Но что собственно значит это удобное и столь распространенное среди механиков выражение: преодоление некоторого сопротивления?

Когда, подымая некоторый груз, мы преодолеваем сопротивление тяжести, то при этом исчезает некоторое количество движения, некоторое количество механической силы, равное тому количеству ее, которое может быть снова создано при помощи прямого или косвенного падения поднятого груза с достигнутой им высоты на его первоначальный уровень. Оно измеряется полупроизведением массы его на квадрат достигнутой при падении конечной скорости  $mv^2/2$ .

Что же произошло при подымании груза? Механическое движение, или сила, как таковая исчезла. Но она не превратилась в ничто; она превратилась в механическую силу напряжения, как выражается Гельмгольц, в потенциальную энергию, как выражаются новейшие теоретики, в эргаль, как называет ее Клаузиус, и в любое мгновение она может быть превращена любым механически допустимым образом обратно в то же самое количество механического движения, которое было необходимо для порождения ее. Потенциальная энергия есть только отрицательное выражение для живой силы, и наоборот.

Ядро весом в 24 фунта ударяется со скоростью 400 м в секунду в металлическую броню броненосца толщиной в 1 м; при этих условиях оно не

оказывает никакого видимого действия на броню судна. Таким образом, здесь исчезло механическое движение, равное  $mv^2/2$  т.е., так как 24 фунта= 12 кг\*, равное  $12 \times 400 \times 400 \times 1/2 =$

\* [Имеется в виду германский фунт-500 грамм.- Ред.]

960 000 килограммо-метров. Что же случилось с этим количеством движения? Незначительная часть его пошла на то, чтобы вызвать сотрясение в железной броне и породить в ней молекулярные превращения. Другая часть послужила на то, чтобы раздробить ядро на бесчисленные обломки. Но самая значительная часть превратилась в теплоту, согрев ядро до температуры каления. Когда пруссаки при переходе в Альсен в 1864 г" направили свою тяжелую артиллерию против панцирных стен Рольфа Краке, то при каждом удачном попадании они видели в темноте сверкание внезапно раскаляв-шегося ядра, а Витворт доказал уже раньше путем опытов, что разрывные снаряды, направляемые против броненосцев, не нуждаются в запальнике: раскаленный металл зажигает сам заряд взрывчатого вещества. Если принять механический эквивалент теплоты за 424 килограммо-метра, то вышеприведенное количество механического движения соответствует 2 264 единицам теплоты. Удельная теплота железа равняется 0,1140, т. е. то количество теплоты, которое нагревает 1 кг воды на 1°C и которое принимается за единицу теплоты, способно нагреть на 1°C  $1/0,1140 = 8,772$  кг железа. Следовательно, вышеприведенные 2 264 единицы теплоты поднимают температуру 1 кг железа на  $8,772 \times 2 264 = 19 860^\circ$  С или же 19860 кг железа на 1°. Так как это количество теплоты распределяется равномерно между броней судна и ударившим в нее ядром, то последнее нагревается  $12 = 828^\circ$ , что(на  $19860/2$  представляет довольно значительный жар. Но так как передняя, ударяющая половина ядра получает естественно значительно большую часть теплоты - примерно вдвое большую, чем задняя половина, то первая нагреется до  $1104^\circ$ , а вторая до  $552^\circ$  С, что вполне достаточно для объяснения явления раскаления, даже если мы сделаем значительный вычет в пользу производимой при ударе механической работы.

При трении точно так же исчезает механическое движение, появляющееся снова в виде теплоты. Как известно, Джоулю в Манчестере и Кольдингу в Копенгагене удалось при помощи максимально точного измерения обоих процессов впервые установить экспериментальным образом с известным приближением механический эквивалент теплоты.

То же самое происходит при получении электрического тока в электромагнитной машине при помощи механической силы, например паровой машины. Производимое в определенное время количество так называемой электродвижущей силы пропорционально - а если выразить его в той же самой мере, то и равно - потребленному в это же самое время количеству механического движения. Мы можем также вообразить себе, что это последнее производится не паровой машиной, а опускающимся грузом, подчиняющимся силе тяжести. Механическая сила, производимая этим грузом, измеряется ЖИВОЙ силой, которую он приобрел бы, если бы свободно упал, с такой же

высоты, или же силой, необходимой, чтобы снова поднять его на первоначальную высоту, т. е. измеряется в обоих случаях через  $mv^2/2$

Таким образом, мы находим, что механическое движение обладает действительно двойкой мерой, но убеждаемся также, что каждая из этих мер годится для определенного ограниченного круга явлений. Если имеющееся уже налицо механическое движение переносится таким образом, что сохраняется в качестве механического движения, то оно передается согласно формуле о произведении массы на скорость. Если же оно передается таким образом, что исчезает в качестве механического движения, возникая наново в виде потенциальной энергии теплоты, электричества и т. д., если, одним словом, оно превращается в другую форму движения, то количество этой новой формы движения пропорционально произведению первоначально двигавшейся массы на квадрат скорости. Одним словом:  $mv$  это - механическое движение, измеряемое механическим же движением;  $mv^2$  это - механическое движение, измеряемое его способностью превращаться в определенное количество другой формы движения. И мы видели, что обе эти меры не противоречат друг другу, так как они различного характера.

Ясно, таким образом, что спор Лейбница с картезианцами вовсе не был простой словесной грызней и что Даламбер по существу ничего не добился своим заклинанием. Даламбер мог бы не обращаться со своими тирадами по адресу своих предшественников, упрекая их в неясности их воззрений, ибо его собственные взгляды не отличались большей ясностью. И действительно, в этом вопросе должна была царить неясность, пока не знали, что делается с уничтожающимся как будто механическим движением. И пока математические механики остаются, подобно Зутеру, упорно в четырех стенах своей специальной науки, до тех пор и в их головах, как и в голове Даламбера, будет царить неясность, и они должны будут отвечать на наши недоумения пустыми и противоречивыми фразами.

Но как же выражает современная механика это превращение механического движения в другую форму движения, количественно пропорциональную первому? Это движение, - говорит механика, произвело работу, и притом такое-то и такое-то количество работы.

Но понятие работы в физическом смысле не исчерпывается этим. Если теплота превращается - как мы это имели в случае паровой или калорической машины - в механическое движение, т. е. если молекулярное движение превращается в молярное движение, если теплота разлагает известное химическое соединение, если она превращается в термоэлектрическом столбе в электричество, если в электрическом токе она выделяет из раствора серной кислоты элементы воды, или если, наоборот, высвобождается при химическом процессе какого-нибудь гальванического элемента движение (alias энергия) принимает форму электричества, а это последнее в свою очередь превращается в сомкнутой цепи в теплоту, - то при всех этих явлениях форма движения, начинающая процесс и превращающаяся благодаря ему в другую форму, совершает работу, и притом такое количество ее, которое пропорционально ее собственному количеству.

Таким образом, работа это - изменение формы движения, рассматриваемое с его количественной стороны.

Но как же? Неужели, если поднятый груз остается спокойно наверху, то его потенциальная энергия представляет и во время покоя форму движения? Разумеется. Даже Тэт пришел к убеждению, что эта потенциальная энергия впоследствии примет форму актуальной энергии (Nature) [154], а Кирхгоф идет еще гораздо дальше, говоря (Math. Mech., S. 32)[155]: "Покой - это частный случай движения", и показывая этим, что он способен не только вычислять, но и диалектически мыслить.

Таким образом, мы получили при рассмотрении обеих мер механического движения словно мимоходом и почти без усилий понятие работы, о котором нам говорили, что его так трудно усвоить без математической механики. И во всяком случае мы знаем теперь о нем больше, чем из доклада Гельмгольца "О сохранении силы" (1862), в котором он задается как раз целью "изобразить с возможной ясностью основные физические понятия работы и ее неизменности". Все, что мы узнаем у Гельмгольца о работе, сводится к тому, что она есть нечто, выражающееся в футо-фунтах или же в единицах теплоты, и что число этих футо-фунтов или единиц теплоты неизменно для определенного количества работы; далее, что кроме механических сил и теплоты и химические и электрические силы могут производить работу, но что все эти силы исчерпывают свою способность к работе, по мере того как они производят реальную работу, и что отсюда следует, что сумма всех способных к действию количеств силы в мировом целом вечна и неизменна при всех происходящих в природе изменениях. Понятие работы не развивается у Гельмгольца и даже не определяется им \*. И именно количественная неизменность величины работы скрывает от него тот факт, что основным условием всякой физической работы является качественное изменение, перемена формы. Поэтому-то Гельмголец и может позволить себе утверждение, что "трение и неупругий удар - это процессы, при которых уничтожается механическая работа\*\* и порождается взамен теплота" (Pop. Vortr., II, стр. 166). Совсем наоборот. Здесь механическая работа не уничтожается, здесь создается механическая работа. Здесь уничтожается - лишь видимым образом - механическое движение. Но механическое движение нигде и никогда не может создать работы даже на миллионную часть килограммо-метра, если оно не будет видимым образом уничтожено как таковое, если оно не превратится в другую форму движения.

Но, как мы видели, способность к работе, заключающаяся в определенном количестве механического движения, называется его живой силой, и до последнего времени она измерялась через  $mv^2$ . Но здесь возникло новое противоречие. Послушаем Гельмгольца (Erh. d. Kraft., стр. 9) [156]. У него мы читаем: "Величину работы, которая производится и затрачивается, можно выразить как груз  $t$ , поднятый на высоту  $h$ ; если выразить силу тяжести через  $g$ , то величина работы равняется  $mgh$ . Чтобы масса  $t$  могла подняться пер-

\* Не лучших результатов мы добьемся у Клерк-Максвелла. Этот последний говорит (Theory of Heat, 4-th ed., London 1875, стр. 87): "Работа производится, когда преодолевается

сопротивление", и (стр. 184) "энергия какого-нибудь тела - это способность произвести работу". Это все, что мы узнаем у Максвелла насчет работы.

\*\* [Подчеркнуто Энгельсом.]

пендикулярно вверх на высоту  $h$ , ей  $2gh$ , (необходима скорость  $v$ =скорость, которую она приобретает при обратном падении. Следовательно  $2gh = mv^2/2$ ". И Гельмгольц предлагает "принимать величину  $mv^2/2$  за количество живой силы, благодаря чему она становится тождественной с мерой величины работы. С точки зрения того, как до сих пор применялось понятие живой силы... это изменение не имеет никакого значения, но зато представляет существенные выгоды в дальнейшем".

Мы с трудом верим своим ушам. Гельмгольц в 1847 г. так мало отдавал себе отчета в вопросе о взаимоотношении между живой силой и работой, что он вовсе не замечал того, как он превращал прежнюю пропорциональную меру живой силы в абсолютную меру, и совершенно не понимал, какое огромное открытие он сделал своим смелым скачком, так что, рекомендуя свое  $mv^2/2$ , он ссылаясь только на соображения удобства этого выражения по сравнению с  $mv^2$ . И из этих соображений удобства механики дали права гражданства выражению  $mv^2/2$ . Лишь постепенно удалось доказать также и математическим образом эту формулу  $mv^2/2$ ; алгебраическое доказательство находится у Наумана, Allg. Chemie, стр. 7 [157], аналитическое у Клаузиуса, Mech. Warmetheorie, 2 Aufl., I, стр. 18 [158], которое затем встречается в ином виде и иной дедукции у Кирхгофа [169] (цит. сочинение, стр. 27).

Изящный алгебраический вывод  $mv^2/2$  из  $mv$  дает Клерк Максвелл [160] (цит. сочинение, стр. 88), что не мешает нашим обоим шотландцам, Томсону и Тэту, утверждать (цит. сочинение, стр. 163):

"Vis viva, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению из массы его на квадрат скорости. Если мы примем те же самые единицы массы, что и выше, - именно единицу массы, движущейся с единицей скорости, - то очень выгодно \* определить кинетическую энергию как полупроизведение из массы на квадрат скорости". Здесь обоим первым механикам Шотландии изменило не только мышление, но и способность к вычислениям. Particular advantage, удобство формулы, является решающим аргументом.

Для нас, убедившихся в том, что живая сила есть не что иное, как способность некоторого данного количества механического движения производить работу, само собой разумеется, что выражение в механических мерах этой способности к работе и произведенной ею работы должны быть равны друг другу и что, следовательно, если  $mv^2/2$  является мерой работы, то то же  $mv^2/2$  является мерой для живой силы. Но таков путь, которым идет развитие науки. Теоретическая механика приходит к понятию живой силы, практическая ме

\* [Подчеркнуто Энгельсом.]

ханика инженеров приходит к понятию работы и навязывает его теоретикам. Но привычка к вычислениям отучила теоретиков мыслить. И вот в течение ряда лет они не замечают связи обоих этих понятий, измеряя одно из них через  $mv^2$ , другое через  $mv^2/2$  принимая под конец в виде меры для обоих  $mv^2/2$  не из понимания существа дела, а для упрощения выкладок\*.

\* Слово "работа" и соответствующее представление созданы английскими <экономистами> инженерами. Но по-английски практическая работа называется work, а работа в экономическом смысле называется labour. Поэтому и физическая работа обозначается словом work, причем исключается всякая возможность смешения с работой в экономическом смысле. Совершенно иначе обстоит дело в немецком языке; поэтому-то и были возможны в новейшей псевдонаучной литературе различные своеобразные применения работы в физическом смысле к трудовым отношениям в области экономики, и наоборот. Но у немцев имеется слово Werk, которое, подобно английскому слову work, отлично годится для обозначения физической работы. Но так как политическая экономия-совершенно чуждая нашим естествоиспытателям область, то они вряд ли решатся ввести его вместо приобретенного уже права гражданства слова Arbeit, а если и попытаются ввести, то тогда, когда уже будет слишком поздно. Только у Клаузиуса встречается попытка сохранить хотя бы наряду с выражением Arbeit и выражение Werk.