

СИЛА В МЕХАНИКЕ И ОБОБЩЁННЫЕ СИЛЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ

«Если движение переходит с одного тела на другое, то в нём — поскольку оно передаётся и активно, можно видеть причину движения, поскольку последнее передано и пассивно. Это активное движение мы называем СИЛОЙ, а пассивное — ПРОЯВЛЕНИЕМ СИЛЫ».

Ф. Энгельс, «Анти-Дюринг».

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СИЛЕ

На основании опыта повседневной жизни человек обнаружил, что причина, обуславливающая изменения положения тел в пространстве или их формы, связана с деятельностью самого человека. Это активное воздействие человека на тела окружающей природы и было обозначено как **ДЕЙСТВИЕ СИЛЫ**. Само собою разумеется, что на ранних ступенях своего развития человек словом *сила* «объяснял» наблюдаемые изменения. Первым способом измерения силы, т.е. первые представления о мере были связаны с **РАССТОЯНИЕМ**. Простейшим примером такого рода является бросок камня или бросок копья — человек, совершающий бросок на большее расстояние, очевидно, более сильный.

Если изменения в окружающей природе происходили без непосредственного вмешательства человека, то можно говорить о «силах природы», подразумевая под силами природы **ПРИЧИНУ НАБЛЮДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ**.

Этот способ объяснения явлений природы через силы сохранил своё значение в науке до настоящего времени. И в настоящее время мы говорим о ядерных силах, электромагнитных силах и пр.

По поводу такого способа объяснения природы ещё в 1878 г. Энгельс писал:

«Что касается Гегеля, то он во многих отношениях стоял гораздо выше своих современников-эмпириков, объяснявших все непонятные явления тем, что в основу их клали какую-нибудь силу — движущую, плавательную, электрическую, силу сопротивления и т.д. — или, где это не подходило, какое-нибудь неизвестное вещество — световое, тепловое, электрическое и т.п. Мнимые вещества теперь уже почти устранены, но спекуляции с силами, с которыми боролся Гегель, всё ещё иногда проявляются, как, например, в инсбрукской речи Гельмгольца в 1869 г.»

Не подлежит ни малейшему сомнению, что желание излагать физику без использования понятия *сила* появляется у многих физиков. Наиболее яркой попыткой изложения физики, не используя представление о силах, была попытка Г. Герца. Однако эти попытки не привели к положительному результату. Наибольшие трудности встречаются с определением «сил трения», которые не желают входить ни в одну разумную систему физических понятий.

Однако силы трения не являются единственным препятствием к системе физических понятий, не опирающихся на понятие *сила*. Очень сложно обстоит вопрос с понятием времени. Наиболее ярко понятие времени вошло, не будучи заранее введённым, в термостатику.

Тем не менее, понятие *сила* прочно вошло в современное естествознание, являясь фундаментальным понятием физики. Так, например, понятие **ПОЛЯ** мы вводим, опираясь уже на понятие **СИЛА**. Действительно, **ПОЛЯ** вводятся в физику как области пространства, в которых на пробное тело действует сила.

В настоящей работе в качестве эпитафии мы использовали слова Энгельса, в которых содержится объяснение этого сложного понятия современной науки.

ЧЕЛОВЕК КАК ИСТОЧНИК «СИЛЫ»

Наши представления о мире основаны в первую очередь на собственном опыте. Если автор настоящей статьи, так же, как и любой другой человек, возьмёт груз весом один килограмм и поднимет на полочку на высоту в один метр, то он совершит работу, равную одному килограммометру.

О результатах этого опыта можно рассказать по-разному.

Во-первых, мы рассмотрели совпадение названного действия с определением Энгельса: энергия груза в результате его подъёма увеличилась на один килограммометр. Энергия человека, которых совершил эту работу, уменьшилась на один килограммометр.

Таким образом, переход движения с одного тела на другое и был переходом энергии от тела *человек* к телу *груз*. Этот активный переход энергии от системы *человек* к системе *груз* мы называем силой. Полученная грузом энергия есть проявление действия силы. В этом пункте наших рассуждений обратим внимание на немаловажное обстоятельство: процесс подъёма груза совершался ВО ВРЕМЕНИ. Полная энергия, переданная от системы *человек* к системе *груз*, может быть представлена как сумма элементарных порций энергии, передававшихся в элементарные отрезки времени. Эта производная от ПЕРЕДАВАЕМОЙ ЭНЕРГИИ по времени имеет наименование МОЩНОСТЬ.

В свете изложенного выше становится понятным, почему первой единицей МОЩНОСТИ была ЛОШАДИНАЯ СИЛА.

Проведённое нами рассмотрение показывает, что целый ряд явлений природы, в которых мы усматриваем действие сил, может получить разумное объяснение, если мы будем считать, что тела испытывают ДЕЙСТВИЕ от ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ. Поглощение энергии из потока приводит к увеличению энергии тела, поглощающего эту энергию. Это увеличение энергии мы считаем РЕЗУЛЬТАТОМ действия СИЛЫ.

Нетрудно видеть, что обратный процесс, процесс УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГИИ некоторого тела, также можно рассматривать как действие ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ СИЛЫ. Вероятно, название отрицательной силы является весьма неудобным, но его физический смысл весьма прост: данное тело является ИСТОЧНИКОМ для возникающего потока энергии, а тело, которое поглощает энергию потока, является СТОКОМ.

Всё изложенное выше переводит нас в область понятий теории поля, где каждая из сил имеет смысл ДЕЙСТВИТЕЛЬНО СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПОТОКА. Поскольку потоки имеют направление, то все потоки являются величинами векторными, знак их определяется выбранной системой отсчёта. Однако, когда мы указываем направление ПОТОКА, то мы, одновременно, указываем НАПРАВЛЕНИЕ ХОДА ВРЕМЕНИ. Действительно, если мы утверждаем, что поток энергии направлен от системы один к системе два, то тем самым мы утверждаем, что энергия системы один УБЫВАЕТ ВО ВРЕМЕНИ.

Измеряя энергию системы один через определённые промежутки времени, мы получаем энергию этой системы, как монотонную убывающую функцию времени. Представим себе, что результатом наших наблюдений явилось монотонное УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ системы один. Поскольку указанным направлением перехода мы указывали ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ХОД ВРЕМЕНИ, то теперь наши наблюдения над системой приводят нас к выводу, что наблюдаемая система имеет ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ХОД ВРЕМЕНИ.

Наконец, рассмотрим случай, когда для названной системы один, с указанным направлением потока мы обнаруживаем, что энергия системы один НЕ ЗАВИСИТ ОТ ВРЕМЕНИ. Это случай РАВНОВЕСИЯ. Поскольку система продолжает существовать во времени, то мы можем наблюдать такое положение в том случае, когда понятие НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕХОДА потеряло смысл, т.е. уходящий поток энергии равен потоку приходящему к наблюдаемой системе извне. В этом случае теряет смысл указание о ПРЕОБЛАДАНИИ какого-либо потока. Понятие РАВНОВЕСИЯ, как

ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ПОТОКОВ, включает ВРЕМЯ. Это включение времени в РАВНОВЕСНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИКИ вошло без нашего желания, что и доставило массу неприятностей исследователям этой области.

Всё изложенное выше является анализом понятия СИЛА, при котором мы установили, что человек, на языке современной физики, может быть назван ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ ИСТОЧНИКОМ МОЩНОСТИ, а не источником СИЛЫ.

Можно ли построить физику без понятия «СИЛА»?

Как упоминалось выше, попытка построить систему физических понятий без силы не привела к положительному результату. Причиной неудач явилось ОТСУТСТВИЕ ВРЕМЕНИ, как наиболее важной характеристики в системе основных понятий. Проведённый анализ понятия *сила* показывает, что такая попытка может быть более успешной, если использовать в качестве исходного понятия — понятие МОЩНОСТИ.

Это понятие включает в себя много «простых» характеристик — время, энергия, пространство. Впрочем, понятия *энергия* является не во всех случаях удобным.

Понятие МОЩНОСТЬ указывает на ДВИЖЕНИЕ, которое осуществляется во времени и пространстве. Это движение является ПОТОКОМ, т.е. состоит из каких-то НОСИТЕЛЕЙ (носитель имеет телесное существование). Наиболее серьёзным возражением против системы физических понятий, основанных на понятии мощности, может служить то обстоятельство, что получить из ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ картину ПОКОЯЩИХСЯ ТЕЛ И ПРЕДМЕТОВ довольно трудно, но что можно сделать, если действительная жизнь природы именно такова?

В настоящее время существует тенденция к созданию общей теории поля. Можно ли найти в природе пример источника поля, для которого система понятий физики может быть выведена из понятия МОЩНОСТЬ? Нам представляется возможным использовать для такого построения теории поля реальное поле, создаваемое фотонным газом нашего Солнца.

Источником поля в этой модели является Солнце. Можно допустить, что оно излучает равномерно по всей поверхности. Определим МОЩНОСТЬ ИСТОЧНИКА нашего поля. Очевидно, что мощность источника равна полной мощности потока энергии, пересекающего поверхность сферы за единицу времени. Мощность источника оказалась эквивалентом понятия ЗАРЯДА в теории электростатического поля.

Учитывая, что мощность излучения Солнца можно считать постоянной в измеримые промежутки времени, найдём число, характеризующее наше стационарное поле в некоторой точке пространства. Опираясь на понятие мощности, мы можем выбрать в качестве такого числа мощность, которая приходится на квадратный элемент поверхности, расположенной перпендикулярно потоку. Это число имеет постоянное значение на сфере постоянного радиуса. Поверхность постоянного радиуса в однородной среде оказывается поверхностью равного потенциала, или эквипотенциальной поверхностью. Это число, в силу сферической симметрии рассматриваемого поля, является функцией расстояния от источника, т.е. меняется обратно пропорционально расстоянию от источника поля.

Полученный нами физический смысл ПОТЕНЦИАЛА оказался связанным с понятием потока энергии через единицу поверхности. Напомним, что в стационарном поле можно отвлечься от ВРЕМЕНИ и считать объёмную плотность энергии пропорциональной численному значению мощности. При желании нетрудно убедиться, что исключением времени мы приходим к очень точной характеристике СКАЛЯРНОГО ПОЛЯ.

Однако наша модель позволяет продвинуться дальше, чем это даёт классическая теория поля. Представим себе, что мощность, приходящая на единицу поверхности, мы рассматриваем как сумму энергий НОСИТЕЛЕЙ-фотонов. В этом случае ПОТЕНЦИАЛ как понятие МОЩНОСТИ распадается в СПЕКТР, т.е. ОДНО ЧИСЛО — полное значение мощности можно рассматривать как

ФУНКЦИОНАЛ от множества функций — элементарных потоков квантов данной частоты, проходящих через сечение в количестве, определяемом одним из натуральных чисел.

Потенциально поле можно рассматривать как СУПЕРПОЗИЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЛЕЙ, образованных МОНОХРОМАТИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ ФОТОНОВ. Число полей, суперпозицией которых является рассмотренное выше потенциальное поле, равно числу частот. Это указывает, что задание поля через ФУНКЦИОНАЛ МОЩНОСТИ является возможным в качестве первого приближения. Для точного задания суперпозиции полей нам необходимо было бы записать численное значение мощности каждого из монохроматических потоков, т.е. написать систему уравнений с числом составляющих, равным числу частот в спектре.

В настоящее время физика не даёт такого описания для произвольного поля, а для поля фотонного газа Солнца даёт разложение на монохроматические составляющие через известную формулу Планка. Очевидно, что современная физика может использовать свой аппарат лишь в том случае, если распределение в спектре подчиняется закону планка. Все остальные случаи относятся к «неравновесным» и прямому анализу не поддаются.

ПРОБЛЕМА ПРОБНОГО ТЕЛА

Представим себе, что мы хотим воспользоваться формулой Планка для определения спектра излучения некоторого источника поля. Формула Планка нами может использоваться в том случае, если нам известна ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ. Возникает вопрос: можно ли принципиально измерить ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ ПОТОКА?

Ответ очевиден: нет. Причина отрицательного ответа заключается в том, что отсутствует физический детектор, который поглощает ВЕСЬ СПЕКТР. Каждый реальный детектор «прозрачен» в определённой области. По этой причине любой детектор излучает, как и поглощает, только некоторую долю общего потока. По этой причине результат измерения потока будет зависеть от свойства использованного детектора. Анализ детектирования, т.е. получение сведений о протекании явлений в природе, сделался предметом серьёзного изучения только с появлением теории информации. Приведённый выше парадокс о невозможности использовать детектор для измерения интегрального потока, вообще говоря, НЕ ПОЗВОЛЯЕТ ПРИМЕНЯТЬ формулу Планка, ибо распределение частот в спектре задано при УСЛОВИИ, что полный поток ИЗВЕСТЕН.

Приведём ещё несколько примеров экспериментального определения потоков, где сказывается названным выше парадокс измерения.

Термометр — это прибор, который указывает полное значение потока. Правда, в некоторых случаях принимают, что само понятие *температура* применимо лишь к системам, которые находятся в равновесии. Как было показано выше, это приводит к понятию стационарного поля, и мы можем считать энергию в элементе объёма функций полного значения потока. Взаимодействие потока с термометром осуществляется в пределах полосы частот, соответствующих спектру поглощения термометра. Если измерение температуры выполняется термометром с другой полосой частот, то результат может отличаться от результата, полученного первым термометром. Очевидно, что наиболее «простые» понятия, к которым все привыкли, по мере изучения природы начинают обнаруживать свою сложность.

Вторым термометрическим прибором, которым мы измеряем температуру, можно назвать кристаллы ЛАЗЕРА. Там обнаруживаются так называемые отрицательные абсолютные температуры. Очевидно, если этот кристалл находится в поле излучения, подчиняющегося закону Планка, то населённость верхнего уровня весьма мала. Не увеличивая ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОТОКА, мы увеличиваем поток МОНОХРОМАТИЧЕСКИЙ, который изменяет населённость верхнего уровня. Обращаясь к планковскому распределению, мы обнаруживаем, что у такой системы ИЗМЕНИЛОСЬ НАПРАВЛЕНИЕ ПОТОКА ЭНЕРГИИ, т.е. ЭФФЕКТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ХОДА ВРЕМЕНИ. Положительный ход времени через равновесные системы задавался направлением возрастания энтропии. Убывание энтропии, соответствующее отрицательному ходу времени, требует изменения

знака для температуры. По этой причине мы и получили отрицательные абсолютные температуры. Это нетрудно видеть из формулы, дающей определение температуры и энтропии:

$$dS = dQ / T$$

где dS — дифференциал энтропии,

dQ — дифференциал энергии,

T — абсолютная температура.

Изменение знака производной от энтропии по температуре и приводит к понятию абсолютных отрицательных температур.

ОБОБЩЁННЫЕ СИЛЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ

Избирательность поглощения энергии пробными телами приводит к представлению о плане сил, как представлению о суперпозиции монохроматических потоков, т.е. различных сил столько, сколько разных частот необходимо принять в рассмотрение для понимания физико-химических изменений в наблюдаемой системе. На основании изложенного выше мы устанавливаем, что обобщённая сила оказывает действие в том случае, если она соответствует полосе поглощения одного из тел или одной из фаз анализируемой системы. Однако не исключено наличие общих полос поглощения для различных фаз. В этом случае поток распределяется между фазами в соответствии с коэффициентами Онзарега.

Физический смысл обобщённых сил термодинамики необратимых процессов теперь можно считать очевидным, а переход системы в равновесное состояние естественно связан с понятием ДИНАМИЧЕСКОГО равновесия, в котором все термодинамические потенциалы ПОСТОЯННЫ, но ни один из них не достигает МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ.

Настоящая работа не претендует на создание современной физической теории поля, но облегчает рассмотрение физико-химических процессов в биологических системах, т.е. в случаях, где наиболее широко применяются ОБОБЩЁННЫЕ СИЛЫ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведён анализ понятия *сила*. Показано, что этим термином обозначается переход энергии от одной системы к другой. Для перехода энергии от одной системы к другой во времени современная физика предложила и широко использует понятие МОЩНОСТИ. Использование понятия мощности позволяет получить все результаты без использования понятия *сила*.

Обобщенные силы термодинамики необратимых процессов и представляют собою потоки энергии. Их действие проявляется при наличии совпадения спектра поглощения с частотой монохроматического потока.

Показана возможность использования понятия *мощность* для создания теории ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО и БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЯ.