

# ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ МАССА МЕРОЙ ИНЕРЦИИ?

Д.т.н., проф. В. Эткин

## Аннотация

На основе энергодинамического принципа детерминированности состояния показано, что мерой инерционных свойств вещества является не его масса, а импульс, и принятая форма законов механики Ньютона нуждается в уточнении и обобщении. Выявлены ближайшие следствия этого обстоятельства, состоящие в необходимости учёта в фундаментальных теориях энергии колебательного движения материи и необратимости процесса ускорения, что требует введения понятия кпд этого процесса. Вскрыта несостоятельность принципа эквивалентности массы и энергии, сводящегося к их пропорциональности, и ошибочность релятивистских преобразований массы. Дана новая трактовка энтропии как термоимпульса, т. е. импульса, утратившего векторную природу вследствие хаотичности движения. Предложено энергодинамическое тождество, выражающее мощность через потоки энергоносителя и справедливое для необратимых процессов. Показана возможность кардинального упрощения системы физических величин и понятий путем унификации импульса различных форм движения.

**Ключевые слова:** энергия и мощность, количество движения и импульс, необратимость и инерционность, потенциалы и координаты, масса и ускорение, силы ньютоновские и термодинамические, принципы и постулаты.

## 1. Введение

Наши знания об инерции и порождённых ею силах практически не изменились со времён И. Ньютона, который сформулировал свой 1-й закон (инерции) в виде утверждения, что «всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние» [1]. Эта формулировка порождает сразу несколько вопросов: а что такое тело и чем оно отличается от других известных нам форм существования материи, например, вещества и поля? Что такое «равномерное движение», если понятие скорости ещё не определено? Почему именно прямолинейное движение, если существует и равномерное вращение тел в отсутствие каких-либо сил (в том числе сил трения)? Что такое сила и каков её источник?

Не даёт исчерпывающего ответа на эти вопросы и 2-й закон Ньютона (закон силы), согласно которому «увеличение количества движения пропорционально движущей силе и происходит в направлении той прямой, по которой эта сила действует» [1]. Напротив, возникает дополнительная неясность, связанная с неопределённостью понятия «количества движения» без предварительного определения массы и скорости, а также понятия времени, в течение которого произошло увеличение этого количества движения. Поэтому до сих пор не утихают дискуссии о том, что является мерой инерции, является ли это свойство универсальным, присущим всем формам материи, зависят ли силы инерции от скорости, существуют ли поля сил инерции, что такое время и т. п.

Во времена Ньютона, когда алгебры (и тем более векторной) ещё не существовало, все законы механики формулировались в словесной форме. При этом направление учитывалось лишь для случая попутного или встречного движения знаком «плюс» и «минус». Если при этом придерживаться правила отражать в физике причинно-следственные отношения размещением аргументов в правой части равенства, а их функцию – в левой, и обозначить через  $P$ ,  $F$  и  $t$  количество движения, силу и длительность её действия, то 2-й закон Ньютона следует записать в виде:

$$dP/dt = \eta F, \quad (1)$$

где  $P = Mv$ ;  $v$  – модуль скорости  $v$ ;  $\eta$  – коэффициент упомянутой Ньютоном пропорциональности между импульсом и силой, который имеет смысл назвать «коэффициентом инерционности».

Необходимость введения коэффициента инерционности стала очевидной лишь после создания специальной теории относительности (СТО) [2], в которой утверждалось существование предельной скорости распространения возмущений, равной скорости света в пустоте  $c$ . В таком случае при достижении скорости  $v = c = const$  никакая, даже бесконечно большая сила  $F$  не может вызвать дальнейшего ускорения тела. Это означает, что коэффициент пропорциональности  $\eta$  не является величиной постоянной, а зависимость (1) нелинейна. Тем не менее 2-й закон Ньютона по-прежнему записывают в форме  $F = Ma$ , понимая под ускорением  $a$  вторую производную от координаты  $r$  точки или центра массы тела по времени  $t$ , т. е. величину, во времена Ньютона неизвестную. В таком случае ускорение  $a$  под действием силы  $F$  оказывалось обратно пропорциональным массе  $M$ , благодаря чему она и приобретала смысл меры сопротивления системы процессу ускорения, т. е. меры инерционности. Так родилось и стало преобладающим понимание массы как единой меры количества материи и инерционности. Это не вызывало каких-либо противоречий с законом (1), пока коэффициент  $\eta$  оставался постоянным и равным единице. Положение изменилось с появлением «релятивистской» массы  $M_{rel}$ , которая в отличие от количества вещества (массы покоя  $M_0$ ) возрастает со скоростью, т. е. становится функцией процесса. В таком случае приобретают легитимность понятия продольной и поперечной, гравитационной и электромагнитной массы, что привело к окончательной утрате изначального смысла массы и серьёзной путанице в головах как учеников, так и академиков [3]. Поэтому в настоящей статье ставится задача вскрыть и устранить более чем серьёзные последствия такого произвола.

## 2. Принцип детерминированности состояния системы

В фундаментальной физике отсутствует принцип, устанавливающий необходимое и достаточное число независимых параметров состояния для однозначного описания состояния объекта исследования (системы) и определения его собственной (внутренней) энергии  $U$ . Острая необходимость в этом возникла при исследовании поливариантных систем (со многими степенями свободы), в том числе открытых (обменивающихся веществом с окружающей средой), незамкнутых (подверженных действию внешних сил) и неизолированных (обменивающихся с окружающей средой собственной (внутренней) энергией). Это удалось сделать в нашей докторской диссертации [4] и монографии «Термокинетика» [5] путём привлечения «аксиомы различимости» реальных процессов и доказательства на его основе «теоремы о числе степеней свободы» произвольной системы. Согласно этой теореме, «число аргументов внутренней энергии  $U$  как функции состояния системы равно числу независимых (т. е. особых, феноменологически отличимых и несводимых к другим) процессов, протекающих в ней». Этот принцип легко доказывается «от противного». Действительно, если при протекании какого-либо независимого процесса с необходимостью изменяются несколько параметров, то очевидно, эти параметры не независимы, что противоречит исходной посылке. Предположим теперь обратное, что какой-либо из параметров изменяется с необходимостью при протекании нескольких независимых процессов. Тогда, очевидно, эти процессы не будут независимыми, что также противоречит исходной посылке. Остаётся заключить, что для каждого независимого процесса существует и может быть найдена (с помощью всего арсенала экспериментальных средств) *единственная независимая координата состояния*. Такие параметры – в общем случае величины *экстенсивные*, поскольку каждая из них в отдельности определяет энергию системы  $U$  – величину также экстенсивную. Каждый из них представляет собой количественную меру материального носителя определённой формы энергии и потому именуется в дальнейшем для краткости *энергоносителем*.

Указанное положение было названо нами для облегчения ссылки «принципом детерминированности (однозначной определённости) состояния» [6]. Этот принцип позволяет избежать как «недоопределения», так и «переопределения» системы, т. е. попыток описать её состояние недостающим или избыточным числом координат, что является главным источником методологических ошибок большинства современных теорий [7]. Далеко не очевидно, например, «переопределение» континуальной среды, вызванное её дроблением на элементарные объёмы  $dV$  с одинаковыми свойствами, что ведёт к выводу о наличии у неё бесконечного числа степеней свободы (несмотря на конечное число протекающих в ней независимых процессов). Другим примером является приписывание материальной точке 3-х степеней свободы вращательного движения в механике точки Эйнштейна – Картана [8] и тем более трёх дополнительных степеней свободы вращения в воображаемом четырёхмерном пространстве-времени в теории физического вакуума Г. Шипова [9], несмотря на то, что вращательная энергия абстрактной точки равна нулю.

Столь же неочевидно и «недоопределение» системы, вызванное, например, применением к макросистемам гипотезы локального равновесия, согласно которой континуум может быть описан тем же набором термодинамических параметров, что и в равновесии [10]. То же самое происходит, когда масса  $M$  как координата массообмена, характеризующегося изменением массы системы без изменения её состава, изменяется и в процессе ускорения.

Однако наиболее важным следствием указанного принципа является доказательство необходимости учёта неоднородности исследуемых систем и характеризующих эту неоднородность параметров. Легко доказать, что в противном случае никакие процессы, понимаемые как изменение какого-либо параметра во времени, невозможны. Действительно, любой экстенсивный параметр системы  $\Theta_i$  (её энергии  $E$ , масса  $M$ , числа молей  $k$ -х веществ  $N_k$ , энтропия  $S$ , электрический заряд  $Q_e$ , импульс  $P$ , его момент  $L$  и т. п.) может быть представлен интегралом от его локальной  $\rho_i = d\Theta_i/dV$  и средней  $\bar{\rho}_i = \Theta_i/V$  плотности интегралом  $\Theta_i = \int \rho_i dV = \int \bar{\rho}_i dV$ . Отсюда следует, что

$$\int [(d(\rho_i - \bar{\rho}_i)/dt)] dV = 0. \quad (2)$$

Согласно (1) в однородной среде (где разность  $(\rho_i - \bar{\rho}_i)$  обращается в нуль повсеместно), и интеграл  $\int (d\bar{\rho}_i/dt) dV$  обращается в нуль, что и требовалось доказать. Таким образом, в однородных («внутренне равновесных») средах никакие процессы невозможны, что и заложено в основание понятия равновесия и «общий принцип» классической термодинамики [11]

Упомянутый принцип был заложен нами в основание «Энергодинамики» [12] как теории мощности реальных процессов, не исключаяющей из рассмотрения какую-либо (обратимую или необратимую) их составляющую. Это позволяет ей сохранить основное достоинство термодинамического метода – непреложную справедливость её следствий – при обобщении термодинамики на нетепловые машины и процессы переноса и преобразования любых форм энергии.

### 3. Принципиальное различие живой силы и кинетической энергии

Современная физика не признает принципиального различия между живой силой Лейбница и кинетической энергией, считая их синонимами и зачастую подчёркивая это заключением термина «кинетическая энергия» в скобки как современное название первой. Между тем они не только являются количественными мерами двух принципиально различных форм движения: неупорядоченного и упорядоченного, но и отличаются по величине. Ещё Галилей, исследуя различие процессов падения, скатывания с наклонной плоскости или соскальзывания тел по ней, обратил внимание на различие результата этих процессов. В первых двух случаях тела приобретали способность совершать некоторую

работу, т. е. «живую силу», в последнем случае – нет. Так и в неоднородных средах возможно появление «живой силы» колебательного движения, возникающего вследствие его неустойчивости. В таких средах плотность  $\rho_k \equiv dM/dV$  зависит от радиус-вектора точки поля  $\mathbf{r}$  и времени  $t$ , т. е.  $\rho_k = \rho_k(\mathbf{r}, t)$ , так что полное изменение её во времени включает себя конвективную  $(\partial\rho_k/\partial\mathbf{r})(d\mathbf{r}/dt) = (\mathbf{v}_k \cdot \nabla)\rho$  и локальную  $(\partial\rho_k/\partial t)_r$  и составляющие:

$$d\rho_k/dt = (\mathbf{v}_k \cdot \nabla)\rho + (\partial\rho_k/\partial t), \quad (3)$$

Это выражение представляет собой «кинематическое» уравнение волны в её так называемом «одноволновом» приближении. [13]. Оно описывает волну, распространяющуюся от источника возмущения. Из него следует, что волна плотности  $k$ -го вещества обусловлена переносом некоторого его количества  $M$  из положения с радиус-вектором  $\mathbf{r}'$  в

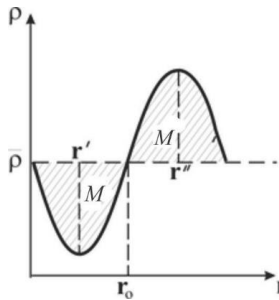


Рис.1. Волнообразование

положение  $\mathbf{r}''$  на длину полуволны  $\lambda_k/2$  (рисунок 1). Групповая скорость этого смещения  $\bar{v}_k$  выражается отношением смещения  $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}'' - \mathbf{r}'$  массы  $M$  к периоду  $v^{-1}$  волны с частотой  $v$ . Эта скорость равна, очевидно, скорости распространения возмущения в данной среде, модуль которой  $\bar{v}_k$  меньше экспериментально найденной скорости света в космическом вакууме  $c$  в  $n_k$  раз, где  $n_k$  - коэффициент преломления упомянутой среды, т. е.  $\bar{v}_k = c/n_k$ . Эта скорость и определяет «живую силу» Г. Лейбница  $M\bar{v}_k^2$ , переименованную затем по предложению Т. Юнга (1807) в *энергию*:

$$E_k = M_k \bar{v}_k^2 = M_k c^2 / n_k^2. \quad (4)$$

Согласно этому выражению, колебательная энергия  $E_k$  любого  $k$ -го вещества пропорциональна его массе  $M_k$  и зависит от его природы. Характерно, что именно в такой форме (но с коэффициентом пропорциональности, найденным из других соображений и варьируемым от 0,5 до 1) получили выражение энергии эфира Х. Шрамм (1871); Н. Умов (1873); Дж. Томсон (1881); О. Хэвисайд (1890), А. Пуанкаре (1898); Хазенорль (1904) [13]. Для космического вакуума как эфироподобной среды  $n_k = 1$ , так что эта энергия равна

$$E = Mc^2. \quad (5)$$

А. Эйнштейн в 1905 году получил тот же результат, взяв за основу релятивистское выражение массы  $M_{rel}$  и ограничившись двумя первыми членами его разложения в биномиальный ряд, распространил его на все виды покоящейся и движущейся материи [2]. При этом он истолковал это выражение как «принцип эквивалентности массы  $M$  и энергии  $E$  при их взаимопревращениях», хотя понятие «превращение» означает уменьшение чего-то одного и возрастание другого.

С тех пор соотношение (5) считается «квинтэссенцией» всей физики, хотя по существу оно выражает лишь пропорциональность массы и энергии. Не может быть интерпретировано оно и как взаимозаменяемость энергии  $E$  и массы  $M$ , поскольку масса является лишь одним аргументов энергии как функции состояния.

Если учитывать векторную природу скорости, то при  $M = const$  согласно (4) с учётом  $d\mathbf{P}/dt = \mathbf{F}$  имеем:

$$dE = 2\bar{\mathbf{v}} \cdot d\mathbf{P} = d(M\bar{\mathbf{v}}^2/2) + \mathbf{F}_k \cdot d\mathbf{r}_k = dE^v + dE^r, \quad (6)$$

где  $E^v, E^r$  – кинетическая и потенциальная составляющие энергии  $E$ .

Это выражение отражает закон сохранения «живой силы», приобретающей тем самым смысл полной энергии:

$$E = E^v + E^r = const. \quad (7)$$

Согласно этому выражению, сумма внутренней энергии относительного упорядоченного движения макроскопических частей системы и потенциальной энергии их

взаимодействия в изолированной системе сохраняется. Этот закон сохранения можно интерпретировать различным образом. В частности, как доказательство неизбежности перехода кинетической энергии  $E^v = M\bar{v}^2/2$  в потенциальную  $E^r = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$  по мере затухания колебаний ( $\bar{v} \rightarrow 0$ ), т. е. её возвращения в изначальную форму, неустойчивость которой и породила эти колебания, или как свидетельство диссипации (рассеяния) упорядоченной энергии  $E^v$  в исходную для неё неупорядоченную (колебательную) энергию  $E$ . Из него следует, что внутренняя потенциальная энергия  $E^r$  не может быть величиной отрицательной, в отличие от внешней энергии, где её знак зависит от калибровки закона тяготения Ньютона. Это коренным образом изменяет наши представления о характере внутренних процессов. Ниже мы рассмотрим некоторые из таких представлений.

#### 4. Импульс как координата процесса ускорения и мера инерционных свойств системы

Как мы уже отмечали, специфика термодинамики состоит в отыскании для каждого независимого процесса его *координаты*  $\Theta_i$ , т. е. параметра, с необходимостью изменяющегося при протекании этого процесса и остающегося неизменным в его отсутствие [11]. Для открытых систем, обменивающихся веществом с окружающей средой, координатой процесса массообмена, характеризующегося неизменностью её состава, служит масса системы  $M$ , а массы  $M_k$  её  $k$ -х компонентов – координатами процесса диффузии, характеризующейся изменением состава системы без изменения её массы  $M$ . Согласно принципу детерминированности, эти параметры не должны изменяться в ходе каких-либо других процессов, в частности, в процессе ускорения системы. Таким образом, понимание массы как меры инерционности входит в противоречие с упомянутым выше принципом детерминированности состояния.

Докажем теперь, что единственным независимым экстенсивным параметром, способным выполнять роль координаты процесса ускорения, является импульс системы  $\mathbf{P} = M\bar{\mathbf{v}}$ . Как показано в термодинамике необратимых процессов (ТНП) [15,16] и энергодинамике [11], обобщённая скорость какого-либо  $i$ -го нестатического процесса переноса, именуемая для краткости потоком  $\mathbf{J}_i$ , зависит от всех действующих в системе «термодинамических» сил  $\mathbf{X}_j$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), представляющих собой удельное (отнесённое к величине энергоносителя  $\Theta_j$ ) значение одноимённой силы  $\mathbf{F}_j$  в её обычном (Ньютоновском) понимании (т. е.  $\mathbf{X}_j = \mathbf{F}_j/\Theta_j$ ). Соответственно и каждая термодинамическая сила  $\mathbf{X}_i$  зависит от всех имеющихся в системе потоков  $\mathbf{J}_j$ . В линейных системах это положение выражается кинетическими законами Онзагера вида [15]:

$$\mathbf{X}_i = \sum_j R_{ij} \mathbf{J}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n), \quad (8)$$

где  $R_{ij}$  – так называемые «феноменологические коэффициенты сопротивления»  $i$ -й силе  $\mathbf{X}_i$  со стороны  $j$ -го потока  $\mathbf{J}_j$ .

По смыслу эти коэффициенты пропорциональности обратны коэффициентам теплопроводности, электропроводности, диффузии и т. п. Если эти законы приложить к процессу ускорения, то его обобщённая скорость  $\mathbf{J}$  выразится производной по времени  $t$  от импульса системы  $\mathbf{P} = M\mathbf{v}$ , т. е.  $\mathbf{J}^v = d\mathbf{P}/dt = M\mathbf{a}$ , и уравнение (3) принимает вид [17]:

$$\mathbf{F}_a = R_a d\mathbf{P}/dt, \quad (9)$$

где коэффициент пропорциональности  $R_a$  приобретает смысл сопротивления системы по отношению к ньютоновской ускоряющей силе  $\mathbf{F}_a$ .

Сопоставляя (9) со 2-м законом Ньютона в форме (1), находим, что в нём коэффициент  $\eta = R_a^{-1}$ , что подтверждает его необходимость и делает ошибочным заключение об изменении массы  $M$  со скоростью [18]. Это тем более очевидно, что масса  $M$  является функцией состояния, в то время как коэффициент  $R_a$  – функцией процесса ускорения. Таким образом, истинной мерой инерционности системы является импульс

системы  $P$ , а не её масса  $M$ . Признание этого обстоятельства позволяет устранить ряд паралогизмов современной физики.

## 5. Переосмысление понятия энтропии и абсолютной температуры

Одним из наиболее трудных и запутанных вопросов классической термодинамик является вопрос и физическом смысле энтропии и её связи с необратимостью, диссипацией, хаосом и вероятностью. С ней связано большинство паралогизмов термодинамики, возникших при выходе её за строгие рамки её исходных концепций равновесия и обратимости. Распутать нити, образующие упомянутую связь, позволяет эргодика, признающая количество движения основной координатой состояния термодинамической системы.

Рассмотрим для простоты рассуждений идеальный газ, помещённый в непроницаемый для газа сосуд неизменного объёма  $V$ . Такой газ обладает единственной тепловой формой энергии, связанной с хаотическим движением составляющих систему частиц. Примем в качестве меры этого движения его количество  $P$ , назвав его для краткости *термоимпульсом* (т. е. импульсом  $P = M\bar{v}$ , утратившим свою векторную природу вследствие хаотичности движения) [11]. В таком газе единственным возможным процессом является его нагрев или охлаждение, так что в соответствии с принципом определённости состояния его внутренняя энергия  $U$  предстанет как функция термоимпульса  $U = U(P)$ , а её полный дифференциал примет вид:

$$dU = \bar{T} dP, \quad (10)$$

где  $\bar{T} \equiv (\partial U / \partial P)$ . Для нахождения этой производной воспользуемся принципом пропорциональности массы  $M$  и энергии  $U = M\bar{v}^2$ . В таком случае искомая производная в условиях  $n = const$  окажется равной

$$\bar{T} = (\partial M\bar{v}^2) / \partial P = \bar{v}. \quad (11)$$

Сопоставляя это выражение с известным из классической термодинамики (в условиях  $M, V = const$ ) выражением  $dU = TdS$ , где  $T$  – абсолютная температура,  $S$  – энтропия, находим, что роль энтропии  $S$  в нём играет термоимпульс, а параметр  $\bar{T}$  – роль средней абсолютной температуры термически неоднородной (в общем случае) системы. Такое (более общее) определение взаимосвязанных параметров  $P$  и  $\bar{T}$  обладает несомненными преимуществами, поскольку выясняет их физический смысл без привлечения молекулярно-кинетической и статистико-механической теории, базирующихся на ряде постулатов. В то же время оно позволяет избежать паралогизмов, свойственных традиционным способам введения этих понятий. Так, с позиций молекулярно-кинетической теории (МКТ) температура характеризует среднюю кинетическую энергию частиц макроскопической системы, причём находящейся в состоянии термодинамического равновесия. Эта энергия зависит от массы этих частиц, и потому является величиной экстенсивной. Между тем все «обобщённые потенциалы» в термодинамике (в том числе температура, давление, концентрации, электрический, химический, гравитационный и т. п.) являются величинами интенсивными. Далее, согласно 3-му началу термодинамики, абсолютный нуль температуры недостижим. Вырождение же хаотического движения (его исчезновение) вполне естественно и подтверждается достижением в экспериментах температуры в  $0,00001^\circ\text{K}$ . Наконец, понятие средней скорости хаотического движения сохраняет свой смысл и в неравновесных системах, в то время как термодинамическая температура определена только для систем равновесных.

Ещё больше различий между термоимпульсом и энтропией. Прежде всего, энтропия  $S$  трактуется статистической теорией как мера термодинамической вероятности состояния молекулярной системы. Между тем термодинамика необратимых процессов

(ТНП) оперирует понятием потока энтропии  $J_s$  как произведением её на скорость переноса в пространстве  $v_s$ , что лишает «перенос вероятности» какого-либо смысла. Далее, статистическая энтропия, как и термоимпульс  $P$ , может в принципе как возрастать, так и убывать в зависимости от усиления или ослабления количества хаотического движения в системе; термодинамическая же энтропия  $S$  как координата обратимого теплообмена заведомо исключает работу как упорядочивающее воздействие на систему и потому не может убывать. Наконец, термоимпульс отличен от нуля только при наличии колебательного движения ( $\bar{v} > 0$ ) и потому равен нулю для пустоты или потенциальных форм энергии Вселенной. Энтропия же как координат теплообмена отлична от нуля в системах, где присутствует лучистый теплообмен, так что принцип её возрастания распространяется и на Вселенную, приводя к выводу о её неизбежной «тепловой смерти». Мы уже не говорим о том, что статистико-механическая трактовка энтропии привела к появлению наряду с термодинамической энтропией  $S$  понятий «статистической», «информационной», «лингвистической», «математической» и даже «интеллектуальной» энтропии, «неэнтропии» и «синтропии». Это привело к столь тесному переплетению истины и заблуждений, что его не смогли преодолеть сотни книг и статей на эту тему.

Между тем из (10) непосредственно следует, что  $U = \bar{T} P$ , так что

$$dU = \bar{T} dP + P d\bar{T} . \quad (12)$$

Первое слагаемое в этом выражении определяет изменение внутренней энергии вследствие теплообмена  $dQ$ , второе – вследствие превращения её в упорядоченные формы (или наоборот, что соответствует появлению «тепла диссипации»  $dQ^A$ ). Это делает излишним разбиение И. Пригожина выражения  $TdS$  на два слагаемых  $Td_eS = dQ$  и  $Td_iS = dQ^A$ , что выходит за рамки правил дифференциального исчисления. Непосредственным подтверждением справедливости выражения (13) служат эксперименты по изучению процесса термической релаксации в недеформируемых рулонных материалах [19] в адиабатических условиях ( $dU = 0$ ). Эти эксперименты обнаружили значительное (до 17%) повышение средней температуры различных рулонных материалов  $\bar{T}$  (измеренной термометром сопротивления, заложенным по всей длине материала) в начальный период его охлаждения. Согласно (11), это может вызвано лишь тем, что  $\bar{T} dP = \bar{T} d_eS + \bar{T} d_iS > dQ$ .

Таким образом, «многоликая энтропия» приобретает простой и ясный физический смысл, не связанный с необратимостью процесса и не навязывающий Вселенной «тепловую смерть».

## 6. Учёт необратимости процесса ускорения

Третий закон механики Ньютона [1] утверждает равенство силы действия и противодействия, т. е. активной (приложенной) силы  $F^a$  и силы реакции  $F^p$ . Однако в поливариантных системах, как следует из законов ТНП и энергодинамики (8), действие на систему какой-либо силы  $F_i$  вызывает противодействие всех сил  $F_j$  ( $j \neq i$ ), имеющих в системе. Это приводит к возникновению в ней нескольких процессов, обобщённая скорость которых зависит от величины этих сил и их направления. Происходит так называемое «ветвление» траектории процесса в пространстве переменных  $F_j$ . Это явление иллюстрирует рис.2, на котором изображён целый «веер» противодействующих сил, возникающих при действии на них гравитационной силы  $F_g$ . Ввиду отсутствия изоляции от этих сил и независимости гравитационного взаимодействия от их состава и

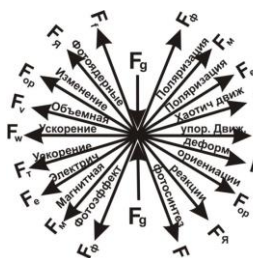


Рис.2. Веер сил противодействия

структуры материальных тел в противодействии ей участвуют все имеющиеся в системе силы реакции  $F_j^p$ . Вследствие этого становятся необратимыми даже процессы, протекающие в консервативных системах. Такого рода необратимость обусловлена тем, что даже при обращении знака всех противодействующих сил  $F_j^p$  на противоположный

каждая из них порождает свой «веер» противодействующих сил, в результате чего обратный процесс практически никогда не идёт по тому же пути, что и прямой, и исходное состояние оказывается недостижимым даже в отсутствие диссипации. При такой необратимости играет роль не только набор противодействующих сил, но то, насколько быстро «реагируют» те или иные силы на возмущение. Это обстоятельство проявляется в том, что при скачкообразном изменении приложенной силы  $F_i$  скорость  $j$ -го процесса  $J_j$  возрастают постепенно и в различной мере для сил разной природы. Это делает характер изменений в системе зависящим от скорости нарастания возмущения. Существует и ещё одна причина необратимости, связанная с «запаздыванием» воздействия. Очевидно, что если ускоряемое тело удаляется от источника силы с той же скоростью, что и скорость распространения возмущений, то воздействие на него будет равно нулю, какую бы силу ни создавал её источник. Именно это и наблюдается в циклотронах при ускорении элементарных частиц и в многочисленных экспериментах по изменению траектории ускоряемых частиц, где инерционность проявляется в некотором «запаздывании» сил реакции. Эти особенности реальных процессов не учитывалась 3-м законом Ньютона, что требует его модификации. Предложенная энергодинамикой обобщённая форма этого закона имеет вид:

$$F_i = \sum_j F_j \quad (j=1,2,\dots,n-1). \quad (13)$$

Согласно этому выражению, преобразования энергии не происходит, если сила реакции  $F_j$  имеет ту же форму ( $j=i$ ), как обычная опора. Тем самым такая форма 3-го начала механики ставит вопрос о механическом коэффициенте полезного действия (КПД)  $\eta_{ij}$  как о соотношении «действия»  $j$ -й силы реакции  $F_j$  к приложенной  $i$ -й силе  $F_i$ :

$$\eta_{ij} = F_j/F_i \leq 1. \quad (14)$$

Понятие КПД отражает эффективность конструкции какого-либо целевого преобразователя энергии. Например, в термомеханическом преобразователе  $j$ -я сила соответствует механической силе, а  $i$ -я (приложенная) сила – некоторой «термодвижущей» силе, выражающейся градиентом или перепадом температур. Классическая (равновесная) термодинамика, ограничившись рассмотрением квазистатических (бесконечно медленных) процессов, сделала тем самым понятие силы излишним, так что понятие силового (механического) КПД (14) для неё утрачивало всякий смысл. Вместо него она ввела понятие термического (абсолютного) КПД  $\eta_i$  как доле подведённого тепла  $Q$ , превращённого в работу. Такой КПД принципиально отличается от энергетического КПД, выраженного соотношением действительной и теоретически возможной работы, и от мощностного КПД, введённого энергодинамикой и выраженного соотношением мощностей на выходе и входе энергопреобразующей установки и применимого как к тепловым, так и нетепловым, циклическим и нециклическим, прямым и обратным машинам [12]. Такой КПД позволяет наиболее полно учесть влияние необратимости на исследуемые процессы.

Рассмотрим с изложенных позиций процесс ускорения тела. Если бы этот процесс протекал без потерь, т. е. его единственным следствием действия приложенной к телу силы  $F$  являлось его ускорение  $dP/dt$ . В таком случае силе  $F$  противостояла бы только сила инерции  $F_u = -F$ , и 2-й закон Ньютона выражался через эту силу тем же самым соотношением, что и в законе Ньютона, но со знаком «минус»:  $F_u = -dP/dt$ , учитывающем направление силы. С учётом же необратимости этот закон принимает вид:

$$F = \eta_{ij}^{-1} dP/dt. \quad (15)$$

Это выражение раскрывает смысл коэффициента полезного действия в какой-либо машине. Становится очевидным, что КПД процесса ускорения не является величиной постоянной. В частности, если скорость света с предельна, то при её достижении  $dP/dt = 0$  никакая сила  $F$  уже не сможет привести к дальнейшему ее возрастанию. Это означает, что КПД процесса ускорения  $\eta_{ij}$  при этом равен нулю. Это выражение имеет непосредственное отношение к работе ускорителей заряженных частиц, указывая на существование в них режима, аналогичного «короткому замыканию» вторичной обмотки трансформатора, когда вся подводимая к ним мощность растрачивается на тепловые



потери. В полной мере относится это и к экспериментам В. Кауфмана по ускорению электронов [10], объясняя наблюдающееся в них кажущееся возрастание отношения массы электрона к его заряду понижением КПД процесса ускорения по мере возрастания скорости, а не релятивистскими эффектами. Таким образом, учёт необратимости в процессах ускорения обнаруживает несостоятельность постулата А. Эйнштейна о зависимости массы от скорости [18]. Особенно очевидным становится это, если рассмотреть изолированную систему, в которой инициируется взрыв вещества. Тогда разлетающиеся осколки приобретают огромную и в принципе ничем не ограниченную скорость. Если бы масса этих осколков возрастала со скоростью, масса рассматриваемой системы также возросла бы, что несовместимо с законом её сохранения.

Таковы только ближайшие следствия искажения изначального смысла массы. Здесь мы имеем наглядный пример того, как последователи великих мыслителей прошлого, не обладающие их гениальной интуицией (или знаниями, дошедшими от «богов»), искажают их идеи. Это характерно в особенности для постклассической физики, изгнавшей за «ненужностью» эфир, как первооснову всех видов вещества и неперенный компонент любой материальной системы.

## 7. Переход к единой системе физических величин

Современная фундаментальная физика оперирует огромным числом параметров и связанных с ними понятий. Попытки систематизировать их наталкиваются на серьёзные трудности [20]. Решительный шаг в направлении кардинального упрощения системы физических величин можно сделать, опираясь на данное ещё Г. Лейбницем понимание энергии как «живой силы», т. е. меры колебательного движения. Это движение может быть упорядоченным и неупорядоченным, поступательным и вращательным, бесконечно быстрым (сверхвысокочастотным) и бесконечно медленным (заторможенным). Эта энергия сугубо положительна, что исключает традиционную калибровку потенциальной энергии как величины отрицательной. Тем самым устраняются попытки считать энергию Вселенной равной нулю [21] или принимать отрицательные значения для антиматерии, в результате чего сложилась ситуация, когда «современная физика не знает, что такое энергия» [22], а универсальность закона её сохранения ставится под сомнение.

Принятие массы  $M_k$  и импульса  $P_k$  любых  $k$ -х материальных объектов их обобщёнными координатами как целого, а энергии  $U(M_k, P_k)$  как наиболее общей функции их состояния позволяет унифицировать систему физических величин для всех естественнонаучных дисциплин и устранить тот разнобой, к которому привело независимое развитие фундаментальных дисциплин.

Первый шаг в этом направлении сделала энергодинамика, объединив экстенсивные параметры системы (массу  $M$ , число молей  $k$ -х веществ  $N_k$ , энтропию  $S$ , электрический заряд  $Q$ , импульс  $P$ , его момент  $L$  и т. п.) в две категории скалярных  $\Theta_k$  и векторных  $Z_k = \Theta_k \Delta r_k$  координат состояния, именуемых для краткости *энергоносителями*. В таком случае внутреннюю энергию поливариантной системы  $U$  можно представить как сумму парциальных энергий (от лат. *partialis* – частичный) всех  $k$ -х компонентов системы  $U_k = U_k(\Theta_k, Z_k)$ , представив её полный дифференциал в виде тождества [12]:

$$dU = \sum_k dU_k \equiv \sum_k \Psi_k d\Theta_k + \sum_k X_k \cdot dZ_k, \quad (16)$$

где  $\Psi_k \equiv (\partial U_k / \partial \Theta_k)$  – усреднённые значения обобщённых потенциалов  $k$ -й формы энергии системы (температуры, давления, химического, электрического, гравитационного и т. п.);  $X_k \equiv (\partial U_k / \partial \Theta_k)$  – так называемые термодинамические силы, представляющие собой удельные (отнесённые к единичному энергоносителю  $\Theta_k$ ) значения сил  $F_k = \Theta_k X_k$  в их общезначимом понимании.

В таком случае все силы  $F_k$  приобретают в энергодинамике *единый смысл градиента единое математическое выражение, единую размерность и единый смысл градиента соответствующей формы энергии*.

Следующим шагом может стать придание единой размерности массы  $M_k$  всем скалярным энергоносителям  $\Theta_k$ , и единой размерности импульса  $\mathbf{P} = d\mathbf{Z}_k/dt = \Theta_k \bar{\mathbf{v}}$  всем энергоносителям векторной природы. В таком случае тождество (16) будет отражать мощность процессов в той же системе:

$$dU/dt \equiv \sum_k \Psi_k J_k + \sum_k \mathbf{X}_k \cdot d\mathbf{J}_k, \quad (17)$$

где  $J_k = d\Theta_k/dt$  – скалярный поток  $k$ -го энергоносителя через границы системы, обычно называемый его расходом;  $\mathbf{J}_k = \Theta_k \bar{\mathbf{v}}$  – векторный поток того же энергоносителя, имеющий смысл импульса.

Это тождество учитывает нестатичность реальных (необратимых) процессов и тем не менее не переходит в неравенство благодаря введению потоков энергоносителя через границы системы. В нём все потенциалы приобретают единый смысл удельной энергии  $k$ -го энергоносителя, единую размерность  $L^2/T^2$ , соответствующую квадрату скорости света, и сопоставимую с ним величину. Единый смысл и размерность приобретают и термодинамические силы, а также производные от сил и потоков величины. Вряд ли необходимо объяснять, насколько облегчает это изучение различных фундаментальных дисциплин и переходы от одной из них к другой.

### Литература

1. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии.- М., 'Наука', 1989, с. 22.
2. *Einstein A.* //Ann. d. Phys., 18(1905).639; 20(1906).371; 23(1907).371; 35(1911).898.
3. *Окунь ЛБ.* Понятие массы (масса, энергия, относительность). // УФН, 158 (3).1989. 511-530.
4. *Эткин ВА.* Синтез и новые приложения теорий переноса и преобразования энергии. (Тезисы дисс. д-ра техн. наук, М.: МЭИ, 1998.
5. *Эткин В.А.* Термокинетика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии. –Тольятти, 1999; *Etkin V.* Thermokinetics (Synthesis of Heat Engineering Theoretical Grounds).- Haifa, 2010.
6. *Etkin VA.* Principle of processes discernibility. // The Papers of independent Authors. 52(2021). 94-101.
7. *Эткин ВА.* Паралогизмы термодинамики. – Saarbrücken, Palmarium Ac. Publ., 2015.
8. *Cartan E.* Sur une generalisation de la notion de courbure de Riemann st les espaces a torsion. //Acad. Sci. Paris, Comptes Rend, 174(1922), 593—595
9. *Шипов ГИ.* Теория физического вакуума. М.: Наука, 1997
10. *Пригожин И.* Время, структура и флуктуации (нобелевская лекция по химии 1977 года). // Успехи физических наук, 131(1980).185...207.
11. Базаров ИП. Термодинамика. Изд. 4-е. М.:Высшая школа, 1991.
12. *Эткин ВА.* Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии).- СПб.: «Наука», 2008.
13. *Крауфорд Ф.* Берклевский курс физики. Т.3: Волны. М.: Мир, 1965. 529 с.
14. *Уиттекер Э.* История теории эфира и электричества. – Москва – Ижевск, 2001.- 512 с.
15. *Де Гроот С., Мазур П.* Неравновесная термодинамика, М.: «Мир», 1964.
16. *Хаазе Р.* Термодинамика необратимых процессов.- М.: «Мир», 1967.- 544 с.
17. *Эткин ВА.* О несостоятельности принципа эквивалентности массы и энергии. // Вестник Дома учёных Хайфы, 48(2021). 5-8.
18. *Эткин ВА.* Зависит ли масса от скорости? //Вестник Дома Ученых Хайфы, 30(2013). 16-21.
19. *Бровкин ЛА.* Об эффекте роста измеряемого теплосодержания твёрдых материалов. // Инж.-физ. журнал. 5(1960); 6(1962).
20. *Коган ИШ.* Обобщение систематизация физических величин и понятий. Хайфа, 2006.
21. *Зельдович ЯБ.* Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии. //УФН, 133(3).1981. 479-503.

22. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т.5., М.: Наука, 1977.