

© А.М. Хазен

Второе начало термодинамики

Параграфы 3, 4 из главы VI книги “Разум природы и разум человека”.
М.: Изд. НТЦ Университетский. 2000 г.

Система аксиом термодинамики приведена в любом учебнике. Её образуют три начала. Первое из них есть закон сохранения энергии с учётом тепловых процессов. Про него много написано ещё в первой четверти XX века.

Второе начало термодинамики является решающей аксиомой термодинамики. Оно вводит фундаментальное понятие – энтропию S и её свойства, не имеющее прототипа в предыдущей истории науки. Хотя речь идёт о “первом принципе”, второе начало термодинамики имеет множество формулировок. Такое возможно тогда, когда в аксиоматике есть незавершённость. Её я устранил в [1] – [3] и в этой книге.

Для того, чтобы проиллюстрировать необходимость конкретизации аксиоматики термодинамики приведу и проанализирую более десятка наиболее известных формулировок второго начала термодинамики. При этом должен подчеркнуть, что этот список его формулировок далеко не полный, а также то, что не обсуждаются чисто математические определения энтропии. Например в книге [4] из серии “Энциклопедия математики и её приложений” (том 12) ни разу не упоминаются Карно, Клаузиус, Томсон, Больцман, Планк, Каратеодори, а Гиббс встречается один раз мельком в связи со второстепенным вопросом. Математика – только язык науки. Словотворчество без оглядки на реальность окружения не имеет эффективности, достойной хорошего языка.

Надо подчеркнуть, что нижеследующий анализ не имеет цели указать на ошибочность каких-то из приведенных или не приведенных ниже формулировок второго начала термодинамики – ошибок в них нет. Речь идёт о другом – что кратко и исчерпывающе характеризует понятие об энтропии? – (в том числе и в составе известных формулировок). Следуя основополагающей для аксиоматизации работе Д. Гильберта [5], система аксиом, определяющая физическую или абстрактную переменную, должна быть *полной и замкнутой*. Ни одна из существующих форм второго начала термодинамики этим требованиям *не удовлетворяет*.

Итак, некоторые из формулировок второго начала термодинамики.

1. *Превращение, единственный конечный результат которого состоит в переводе в работу тепла, извлечённого из источника, который на всём протяжении имеет одинаковую температуру, невозможно (М. Планк).*

2. *Невозможно при помощи неодушевлённого материального двигателя непрерывно получать работу, только охлаждая какую-либо массу вещества ниже температуры самой холодной части окружающей среды (В. Томсон (Кельвин)).*

3. *Невозможно построить “вечный двигатель второго рода”, то есть периодически работающую машину, которая производила бы только подъём груза за счёт охлаждения теплового резервуара (В. Оствальд).*

4. *Тепло не может самопроизвольно переходить от более холодного к более тёплому телу (Р. Клаузиус).*

5. *Превращение механической работы в тепло может быть полным, однако обратное превращение тепла в работу обязательно должно быть неполным, поскольку всякий раз, когда количество тепла преобразуется в работу, другое количество тепла должно подвергнуться соответствующему компенсирующему изменению (М. Планк).*

Эти формулировки тавтологично и строго утверждают, что энтропия есть функция состояния системы. Они повторяются в учебниках наиболее часто, хотя именно они наименее специфичны в описании отличия энтропии от переменных, описывающих поля в физике. Поэтому как аксиоматическое утверждение вместо них должна быть краткая и исчерпывающая формулировка – **энтропия есть функция состояния системы**. Тогда утверждения **1 – 5** теряют статус аксиом и становятся строго логически доказуемыми следствиями аксиомы о том, что энтропия есть функция состояния системы. Именно так формулирует второе начало термодинамики А. Зоммерфельд в своём классическом учебнике [6], разбивая свою формулировку на две части.

6. *Каждая термодинамическая система обладает функцией состояния, называемой энтропией. Энтропия вычисляется следующим образом. Система переводится из произвольно выбранного начального состояния в соответствующее конечное состояние через последовательность состояний равновесия; вычисляются все подводимые при этом к системе порции тепла dQ , делятся каждая на соответствующую ей абсолютную температуру θ и все полученные таким образом значения суммируются. (Первая часть второго начала термодинамики.). При ре-*

альных (не идеальных) процессах энтропия замкнутой системы возрастает. (Вторая часть второго начала термодинамики). (А. Зоммерфельд).

В такой формулировке первое предложение этой аксиомы утверждает существование тепловой энергии, то есть устанавливает свойство энтропии общее со свойствами переменных, описывающих все другие потенциальные поля, для которых справедливо понятие энергии.

Дальнейшее в первой части аксиомы Зоммерфельда определяет конкретный вид энтропии как функции состояния. Он задан путём описания процедуры, эквивалентной введению температуры как интегрирующего множителя в виде

$$dS = \frac{dQ}{\theta}. \quad (1)$$

Энергия в неадиабатических процессах квантуется. Неявной констатацией этого факта в формулировке Зоммерфельда является специальная приближённая форма процедуры, описывающей переход системы между её состояниями.

Энтропия есть функция состояния системы, а тепло – нет. Формула (1) отражает обычные в математике преобразования, когда с помощью интегрирующего множителя произвольную функцию приводят к виду функции состояния. В этой процедуре (как она формулируется у Зоммерфельда и используется при описании цикла Карно в любом учебнике) есть существенная особенность, которая в другой форме отображает сделанное выше замечание о квантовании.

Отец Сади Карно, образованный человек и активный деятель Французской революции, Лазарь Карно сделал работу о к.п.д. обычных механических машин. В ней он показал, что максимум их к.п.д. достигается тогда, когда в машине отсутствуют удары механических деталей друг о друга, то есть тогда, когда механические процессы обратимы. Идея безударности, обратимости была понята и использована как главная в работе Сади Карно. Для того, чтобы обеспечить безударность, цикл Карно должен быть представлен как сумма бесконечно малых обратимых циклов. Этот факт отображён в формулировке **б** упоминанием о последовательности состояний равновесия. Такое разбиение (как и у Зоммерфельда) подразумевает существование нулевого предела для “толщины элементарных циклов”, то есть нулевого предела приращений энергии. В строгом виде такой предел невозможен. Не случайно в формулировке **б** Зоммерфельда нет упоминания о предельном переходе. Ошибки в формулировке Зоммерфельда нет, но в ней присутствует умолчание.

Свойства энтропии по отношению к её приращениям выводит на первый план формулировку второго начала термодинамики, принадлежащую К. Каратеодори.

7. *В окрестности любого адиабатически достижимого состояния имеются другие состояния, которые нельзя достичь адиабатическим и обратимым путём, то есть либо недостижимые вообще, либо такие, в которые система может попасть лишь в результате необратимого процесса* (К. Каратеодори).

Эта формулировка вводит в термодинамику принципиально новое – **изменения энтропии в неадиабатических процессах дискретны**. Вот почему Зоммерфельд (цитирующий формулировку Каратеодори 7 в той же книге [6], в которой он приводит свою формулировку б), умалчивает в своей формулировке о предельном переходе. Как всегда, обман природы не проходит. Поэтому среди формулировок второго начала термодинамики “скачки-удары” присутствуют в виде главной идеи второго начала термодинамики – необратимости. Это отражает вторая часть формулировки Зоммерфельда б, а также, например, следующая формулировка второго начала термодинамики.

8. *В адиабатических процессах энтропия или увеличивается или остаётся неизменной: $\Delta S \geq 0$, где знак – больше – относится к необратимому, а знак равенства к обратимому процессу* (Эпштейн).

Существуют формулировки второго начала термодинамики, которые вводят в аксиоматику термодинамики утверждение о детерминизме состояния максимума энтропии и его связи с равновесием.

9. *Природа стремится к переходу от менее вероятных состояний к более вероятным* (Л. Больцман).

10. *Для равновесия любой изолированной системы необходимо и достаточно, чтобы во всех возможных изменениях состояния системы, при которых не изменяется её энергия, изменение её энтропии было бы нулевым или отрицательным* (Дж. Гиббс).

11. *Состояние с максимальной энтропией – наиболее устойчивое состояние для изолированной системы* (Э. Ферми).

Строго говоря, такие утверждения есть следствие процедуры нормировки энтропии (глава I), то есть установления связи количества энергии с количеством элементов системы и с величиной её энтропии.

Утверждение о том, что энтропия характеризует максимум вероятности состояния системы есть главное в формулировках свойств энтропии

у Больцмана **9** и Гиббса **10**. Больцман впервые вводит определение энтропии в форме, уточнённой Планком:

$$S = K \ln \Omega, \quad (2)$$

где Ω – число возможных состояний системы.

Гиббс нашёл для энтропии форму

$$S = -K \ln \psi, \quad (3)$$

где ψ – вероятности состояний системы. Это определение энтропии подразумевается и в формулировке Ферми **9**. Разные знаки в этих формулах вызваны тем, что числа состояний $\Omega > 1$, а вероятности состояний $\psi < 1$. Однако это не противоречит положительной определённости энтропии.

Теперь изложу первичную формулировку второго начала термодинамики у Карно, приведенную к виду:

12. Максимальный к.п.д., теоретически возможный для тепловых машин, определяется лишь предельными температурами, между которыми работает машина, но не зависит от природы её рабочего тела (С. Карно).

Как было показано в [1] – [3] эта формулировка означает, что рабочим телом при преобразовании тепла в работу является энтропия как мера информации. В частности, эта формулировка утверждает, что информация есть физическая переменная.

Наиболее фундаментальными в масштабе науки в целом среди формулировок второго начала термодинамики являются те утверждения, в которых свойства энтропии связывают со свойствами времени и Вселенной в целом.

13. Энтропия – стрелка, отмеряющая время (А. Эддингтон).

14. Энергия Вселенной постоянна; энтропия же стремится к максимуму (Р. Клаузиус).

15. В природе каждый физический или химический процесс происходит таким образом, чтобы увеличить сумму энтропий всех тел, участвующих в этом процессе. В пределе, то есть для обратимых процессов, эта сумма энтропий остаётся постоянной (М. Планк).

Эти формулировки второго начала термодинамики о связи энтропии с направлением времени и о роли энтропии в определении направления самопроизвольных процессов в наглядном виде трудно сопоставимы с экспериментами. Именно здесь – в самом важном для определения поня-

тия об энтропии как физической переменной – возник главный пробел существующей аксиоматики термодинамики.

Время необратимо. Определение необратимости времени явно, бесспорно (как это подчеркнул Эддингтон в *13*) выражают свойства энтропии как физической переменной. Однако в общепринятом математическом аппарате оси пространственных координат и ось времени тождественны по своим свойствам относительно изменения направления отсчёта вдоль них. Этого быть не может “потому, что не может быть никогда”, так как это жаргонное выражение тавтологично понятию – аксиома. Стрелка потому стрелка, что имеет направление. Равноправные математические оси пространственных координат и времени не есть стрелки Эддингтона, так как для них прямое и обратное направления равноправны. Обозначения в виде стрелок на осях координат математических графиков этого не устраняют. Их можно направлять произвольно.

В той же мере, в какой невозможны “вечные двигатели”, ось координат, математически описывающая время, должна быть отлична от других математических осей. *В математике известна только одна система неравноправных осей координат – функции комплексного переменного.* Для них неравноправие осей координат отражает мнимая единица.

Время в таком фундаментальном виде в термодинамике не вводится. Но аксиоматически свойство необратимости времени отражает энтропия. Поэтому больцмановская процедура нормировки энтропии, устанавливающая количественно её свойства как характеристики максимума вероятности состояния системы (как показано в [7] и в этой книге) приводит к необходимости использовать функции комплексного переменного.

Отдельно нужно остановиться на формулировке Клаузиуса *14*. Именно она первично вводит понятие о “тепловой смерти Вселенной”. Концепция “тепловой смерти” сейчас не упоминается серьёзными научными работниками. Однако альтернативы ей в современной науке не было. Пусть неявно, но даже в “возникающем” Пригожина присутствует цель в виде равновесия. На вопрос – как и почему в прорode может происходить развитие, преодолевающее “тупик равновесия”? – впервые ответ дан в работах [1] – [3], [7]. Его выражает введенный в них принцип максимума производства энтропии. Что касается постулата Клаузиуса о постоянстве энергии Вселенной, то это отдельный вопрос, ответ на который дан в [7]. Кстати, ещё Э. Нетер [8] строго показала, что сохранение энергии есть следствие однородности времени. Для истории Вселенной такой постулат заслуживает самого серьезного обсуждения, а потому утверждение, что энергия Вселенной сохраняется, в период жизни Клаузиуса,

несомненно, было правильным и передовым. Но сегодня оно может восприниматься только как одна из моделей в истории науки.

Можно спорить о гипотезе Большого Взрыва. Однако главное, что она утверждает, есть неоднородность времени, которая особенно велика при возникновении Вселенной. Посмотрите литературу о Большом Взрыве. Несохранение энергии, которое вводит эта модель, стыдливо вуалируется. Возникновение Вселенной это есть возникновение энергии и энтропии-информации. Жизнь, человек, его разум существуют потому, что на поздних стадиях эволюции Вселенной неоднородность времени хоть и мала, но присутствует. Это означает, что энергия Вселенной не сохраняется, а растёт. Если энергия системы растёт, то в формулировках второго начала термодинамики типа δ знак равенства невозможен – энтропия Вселенной должна расти. В частности, жизнь, человек, его разум есть выражение составляющих этого роста.

Человек удивительно самонадеян, утверждая, что может понять то, чему свидетелем он никогда не был и быть не может – возникновение Вселенной. История человечества, история науки показывают, что самонадеянность разума человека может быть оправдана только в том случае, когда он делает из своих открытий те выводы, которые из них реально следуют. Теорема Э. Нетер [8] и существующие сегодня теории возникновения Вселенной утверждают несохранение энергии в этом процессе. Это необходимо признать в явной форме. Сохранение энергии в строгом виде означает только то, что для возникающей вновь энергии (“нарушений” закона сохранения энергии) должен быть указан источник этой энергии. Сегодня он известен [7] – время как материальная физическая переменная и его необратимость.

Если понимать формулировки второго начала термодинамики как отображение разных свойств энтропии, то в таком смысле (на основе изложенного ранее в этой книге) можно предложить ещё одну частную формулировку второго начала термодинамики.

16. *Энтропия есть мера системы в фазовом пространстве, которая (по аналогии с увеличением размеров при расширении объёмов в трёхмерном пространстве), стремится к максимуму, совместимому с условиями, в которых находится система. (А. Хазен)*

Из приведенного (ещё раз повторю – далеко не полного) перечисления известных формулировок второго начала термодинамики видно, что каждая из них описывает **разные** свойства одного и того же понятия – энтропии. Общепринято считать каждую из них аксиоматическим **единственным** определением свойств энтропии и спорить, какое из таких

определений лучше и полнее. Надеюсь, что из проведенного анализа наглядно и исчерпывающе понятно, что это не так.

Множественность формулировок второго начала термодинамики возникла и существует потому, что ни одна из них не обеспечивает полноту и замкнутость аксиоматического введения понятия о физической переменной – энтропии. Нельзя считать аксиоматическим описанием энтропии суммирование представителей групп аксиом (разбитых на группы примерно так, как выше). Например, формулировка Зоммерфельда 6 и формулировка Каратеодори 7 относятся к существенно разным моделям природы – классической и квантовой. Совместное их использование неизбежно создаёт путаницу. Полностью исключить из аксиоматики одну из них – неправильно. Это абсолютизирует только одну из моделей, когда они в природе существуют обе – модель Каратеодори при этом более общая. Но для тепловых задач общность формулировки Каратеодори обычно избыточна.

В дополнение к определениям энтропии на основе числа возможных состояний системы или вероятностей состояний, или с помощью интегрирующего множителя существует определение энтропии, использующее функцию распределения f . Его ввёл А. Эйнштейн в классической работе [9]:

$$S = f \ln f$$

Аналогичное определение на основе вероятностей состояний использовал в своих работах К. Шеннон. Эти выражения могут быть получены как следствия больцмановского или гиббсовского определения энтропии, а потому для аксиоматики не являются решающими.

Общепринятую классическую аксиоматику термодинамики завершает её третье начало. Его ввели работы В. Нернста 1906 г. Оно устанавливает нуль отсчёта энтропии как переменной термодинамики.

Аксиоматические свойства энтропии вводит второе начало термодинамики. Нуль её отсчёта есть аксиоматическое свойство. Поэтому неоправданно выносить определение нуля отсчёта энтропии вне рамок второго начала термодинамики

Надо отметить, что исторически термодинамика возникла как наука об общих связях тепловых процессов с механикой. Однако в современной физике уже давно её роль намного шире. Привычное название – второе начало термодинамики – оказывается неоправданно узким.

Из изложенного выше понятно, что необходима формулировка начал термодинамики в обычном для аксиоматики полном и замкнутом виде. Это не есть отрицание справедливости в отдельности каждой из известных индивидуальных аксиом термодинамики.

Уточнить формулировку начал термодинамики важно именно в этой работе потому, что возникновение жизни, её эволюция, возникновение и работа разума живых существ и человека есть, в первую очередь, прямой результат действия второго начала термодинамики (с учётом множественности его формулировок), а не противоречащая ему флуктуация. Поэтому введу полное и замкнутое аксиоматическое определение энтропии. Оно отличается от известных (не только как сумма от слагаемых), но не противоречит им.

Сначала необходимо напомнить об основных принципах аксиоматики. Для многих определение аксиомы исчерпывается тем, что она есть положение, принимаемое без логического доказательства в силу непосредственной убедительности – утверждение, которое бесспорно в силу своей очевидности. Однако такие представления далеки от реальности. Аксиомы далеко не всегда очевидны или непосредственно убедительны. Более того, в истории науки большинство существующих сегодня аксиом возникало и закреплялось с трудом, так как они были далеко не очевидны. Пример общеизвестен – аксиома Евклида о параллельных прямых и её изменения у Римана и Лобачевского. Аксиомы геометрии привели Гильберта к обоснованию принципов аксиоматизации [5].

Исходное для аксиомы есть система объектов, термины, выражающие свойства объектов и отношения между ними. Надо подчеркнуть, что *сами объекты при этом не определяются, так же как их свойства и отношения*. Высказываются только *утверждения*, которые должны для них выполняться. *Эти утверждения и есть аксиомы*. Первичное правило, по которому образуются аксиомы, не предполагает ни их очевидности, ни их истинности, ни их непосредственной убедительности! Более того, *термины в составе аксиом не определяются!* Строгое обоснование этого Гильберту известно не было, хотя эту особенность основ науки подчёркивал ещё Больцман. Более поздняя теорема Гёделя о неполноте (подробно о ней в последней главе этой книги) строго доказывает неизбежность и неустранимость такого подхода к аксиоматике.

Формулировка аксиом выделяет из совокупности объектов, присущих им свойств и отношений, класс объектов, отличающихся тем, что для них эти аксиомы предполагаются выполненными.

Аксиомы (в силу пояснённого выше) *произвольны*. Поэтому первое, что необходимо сделать после формулировки аксиом – убедиться, что в реальном мире есть объекты, для которых (хотя бы приближенно) такие аксиомы выполняются. Этот процесс называют – *интерпретация системы аксиом*. Любая формулировка аксиом получает право на суще-

ствование только по итогам процесса их интерпретации – *сопоставления с реальностью*.

Как исходная составляющая математического и физического аппарата система аксиом должна быть:

- непротиворечивой, то есть ни одна из аксиом не должна исключать другую;
- независимой, то есть ни одна из них не должна являться логическим следствием других;
- полной, то есть добавление к ней новых аксиом должно привести к противоречиям.

Для аксиом существует единственный путь их проверки – длительное, с участием многих научных работников сопоставление с реальностью. В частности, требования непротиворечивости, независимости, полноты системы аксиом могут быть проверены только этим же способом.

Как видно из сопоставления с реальностью шестнадцати аксиоматических формулировок второго начала термодинамики, приведенных в предыдущем параграфе, ни одна из них не удовлетворяет всем перечисленным выше обязательным требованиям к аксиомам. Среди не перечисленных там формулировок ситуация аналогичная.

Ниже сформулирую систему аксиом, определяющих энтропию и основы термодинамики в *непротиворечивом, независимом и полном* (замкнутом) виде.

Первое, что при этом необходимо сделать – заменить аксиомы типа *1 – 5* в предыдущем параграфе одним утверждением: *энтропия есть функция состояния системы*. Это бесспорно хотя бы потому, что такая замена уже существует, например, в формулировках типа *6*. Она не противоречит ни одной из формулировок типа *1 – 5*, а только сокращает их и придаёт им краткую исчерпывающую форму. Такое аксиоматическое утверждение выделяет в тепловых и информационных взаимодействиях общее с другими разделами физики. В частности, это распространяет аксиомы термодинамики на любой вид информации, представленной в больцмановском виде, даже если она сугубо абстрактная.

Далее надо ввести аксиоматическое утверждение о математическом выражении энтропии. Вторая часть аксиомы *6* основой для этого быть не может. Как отмечалось, при математическом выражении энтропии с участием интегрирующего множителя (как в *6*) возникают неясности в альтернативе непрерывности или дискретности приращений энтропии. Поэтому от определений энтропии типа *6* с использованием интегриру-

ющего множителя как глобальных следует отказаться. За основу аксиоматики надо принять форму энтропии Больцмана – Гиббса. В результате формула (1) из аксиоматической превращается во вторичную.

В определении энтропии (2) или (3) входит постоянный множитель K . Необходимо его аксиоматическое определение – *единица измерения энтропии есть иерархический адиабатический инвариант данной системы* с размерностью *действия*, величину которого определяет принцип максимума производства энтропии. В механике действие есть функция Ляпунова системы. Для каждого уровня k иерархии роста энтропии этот множитель имеет свою величину K_k , то есть свою “постоянную Планка”. Например, таковым является постоянная Больцмана, выраженная в единицах действия, или выраженные таким же способом гравитационная и другие фундаментальные постоянные. Определяет величины их всех и их взаимосвязь [3] постоянная слабого взаимодействия.

Множитель K_k – физически определённая единица измерения энтропии конкретной системы – позволяет описывать энтропию как иерархическую переменную. Для абстрактных систем, в которых возможно введение потенциалов и функций состояния (например, в случае марковских случайных процессов) определения больцмановской энтропии как характеристики максимума вероятности состояния системы приобретает смысл, однородный с физикой.

Далее надо признать тот факт, что больцмановская нормировка энтропии определяет её как мнимую часть энтропии в виде функции комплексного переменного. Это коррелирует с тем фактом, что марковские случайные процессы имеют средние характеристики в форме функций состояния и могут быть описаны в комплексной форме [10].

В качестве составляющей понятия об энтропии необходимо ввести аксиому о её нуле отсчёта, учитывающую иерархичность энтропии.

Как видно из изложенного, понятие об энтропии (то есть второе начало термодинамики) следует отделить от закона сохранения энергии и ввести аксиомы, определяющие её свойства, которые суммарно образуют непротиворечивую и полную систему независимых аксиом, заменяющую традиционную множественность формулировок второго начала как аксиоматического введения понятия об энтропии.

Аксиоматически существование энтропии-информации, ее главные свойства и выбор нуля отсчета для нее (суммарный эквивалент множественных формулировок второго начала термодинамики) нужно формулировать [1] – [3], [7] в следующем виде:

I. Существует иерархическая функция состояния системы – энтропия-информация, определённая в фазовом пространстве для заданных признаков и условий элементов системы, которую можно выразить в двух равноправных формах:

$$S_k = K_k \ln \Omega_k \quad \text{или} \quad S_k = -K_k \ln \psi_k$$

– мера количества информации (мера фазового пространства) в пределах заданных признаков и условий для наиболее вероятного состояния системы из многих элементов (для уровня иерархии k число возможных состояний системы есть Ω_k или вероятности состояний системы – ψ_k , а множитель K_k – адиабатический инвариант данного иерархического уровня системы – единица измерения энтропии-информации с размерностью действия). Физическая система, не содержащая информации о себе самой, не может реализоваться.

II. Энтропия-информация есть характеристика максимума вероятности состояния системы, которая нормирована по отношению к энергии и к числу элементов системы, что определяет её как мнимую составляющую энтропии-информации в виде функции комплексного переменного. Энтропию-информацию порождает процесс синтеза информации – запоминание случайного выбора, в котором критерии запоминания (устойчивости) зависят от экстремумов энтропии-информации и её производства. В общем виде они заданы в комплексной плоскости. Вечное равновесие невозможно. Случай синтеза информации об адиабатических инвариантах системы описывает принцип максимума производства энтропии-информации (максимума способности к превращениям). Он определяет условия разрушения равновесия и перехода к следующей ступени иерархии роста энтропии-информации. Направление самопроизвольных процессов задают экстремумы комплексной энтропии-информации.

III. Энтропия-информация может суммироваться при разных входящих в её определение признаках и условиях, учитывая уравнения связи их между собой. Для любых, входящих в определение энтропии-информации признаков и условий, существует свой нуль отсчёта, который зависит от них. Энтропия-информация есть положительно определённая переменная, однако существование разных нулей отсчёта разрешает в конкретных задачах использовать её с отрицательным знаком. (А. Хазен).

Сохранение энергии, которое обычно принимается в качестве первого начала термодинамики, пропущено в системе аксиом **I – III** не случайно. Закон сохранения энергии в любой своей формулировке волевым образом ограничивает рассматриваемые в данной задаче формы энергии.

Аксиома сохранения энергии потеряла однозначность и превратилась в частное условие конкретных термодинамических задач, зависящее от того, какие формы энергии в них учитываются. *Метод* исследований, основанный на сохранении тех форм энергии, которые названы в условиях данной задачи, есть главный признак термодинамики как области науки: математические *методы* термодинамики основаны на сохранении энергии. Это же относится и к более широкому кругу задач, в которых участвует как переменная энтропия-информация.

Главная причина того, что сохранение энергии не может быть аксиоматической основой термодинамики и ее обобщений в область информационных процессов в том, что аксиома сохранения энергии (как первичная) тавтологична аксиоме об окончательном равновесии как “цели” всего сущего. Поэтому *аксиома* сохранения энергии противоречит *аксиоме*, которой является второе начало термодинамики (в том числе и в приведенной выше форме). Включить сохранение энергии в *аксиоматическую базу* термодинамики и ее обобщений, не создавая аксиоматической противоречивости, можно при следующей формулировке аксиомы о сохранении энергии:

IV. *Существует функция состояния системы – энергия. Энергия может быть представлена как сумма разных её форм. Существует форма энергии – тепловая энергия (или в более общем виде – информационная энергия), которая выражается произведением θS . В его составе энтропия S определена аксиомами **I – III**, а температура θ есть обратный масштаб измерения времени в замкнутой системе. Время в замкнутой системе и время как причина существования энергии являются разными переменными. Время в замкнутой системе обратимо. Время как источник энергии необратимо. Сохранение величины суммы форм энергии (закон сохранения энергии) есть следствие однородности времени. Энергия системы изменяется в результате взаимодействия системы с окружением. Идеализация в виде замкнутой системы в любой точке своей границы находится в статическом и динамическом равновесии с окружением. (А. Хазен)*

В конце XIX века Г. Гельмгольц подчеркивал первичность понятия энтропии и подчинённость сохранения энергии. Об этом же позже напо-

минал А. Зоммерфельд [6], ссылаясь на работу Р. Эмдена, опубликованную в 1938 г. Это, несомненно, так и есть, но понято ещё недостаточно.

Необходимо ещё раз напомнить, что аксиомы не могут быть доказаны. Их проверкой является анализ наблюдений и экспериментов, сопоставление с результатами теорий, основанных на этих аксиомах.

Литература:

1. *Хазен А.М.* Принцип максимума производства энтропии и движущая сила прогрессивной биологической эволюции // Биофизика. Т. 38. №3. С. 531-551. 1993. (*Khazen A.* Maximum Entropy Production as a Motive Force of Progressive Biological Evolution. *Biophysics*. V. 38. No. 3, P. 537 - Application for the Description of the Brain Work. *Biophysics*. V. 36. No. 4, P. 717 - 728. 1991).
2. *Khazen. A.* The Conception of Origin & Evolution of Life & Reason Founded on the Principle of Maximum of Production of Entropy. Gordon Research Conference "Frontiers of Science" *Modern Developments in Thermodynamics* 6 Oktober 1994. Irsee, Bavaria, Germany.
3. *Хазен А.М.* Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. М.: РАУБ. 1998. (Первое издание М.: ПАИМС. 1996).
4. *Мартин Н., Ингленд Дж.* Математическая теория энтропии. М.: Мир. 1988.
5. *Гильберт Д.* Основания геометрии. М.: Гостехиздат. 1948.
6. *Зоммерфельд А.* Термодинамика и статистическая физика. М.: ИЛ. 1955.
7. *Хазен А.М.* Что такое – время? М. (Выдет в свет в 2002 г.).
8. *Нетер Э.* Инвариантные вариационные задачи. В сб. Вариационные принципы механики. С. 604-630. М.: Физматлит. 1959.
9. *Эйнштейн А.* Теория опалесценции в однородных жидкостях и жидких смесях вблизи критического состояния. В сб. А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. III. С. 216-239. М.: Наука. 1966.
10. *Маслов В.П.* Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана. М.: Наука. 1976.