

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМНОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ ГРАВИТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ¹

© Даныльченко П.
ГНПП «Геосистема», г. Винница, Украина
Контакт с автором: pavlo@vingeo.com

На примере идеальной жидкости рассмотрена взаимосвязь между дополняющими друг друга гравитермодинамическими и термодинамическими параметрами и характеристическими функциями. Рассмотрены возможности устранения некоторых неоднозначностей и противоречий на стыке теории относительности и термодинамики.

Несмотря на достигнутый после выхода работ Толмена [1] и Мёллера [2] существенный прогресс в согласовании общей теории относительности (ОТО) с термодинамикой, многие проблемы, возникшие на стыке этих наук, так и остались не до конца решенными. Наглядным подтверждением этого являются робкие и непоследовательные попытки изложения общерелятивистской термодинамики в учебных пособиях для университетов. Так, например, Базаров после изложения во втором издании «Термодинамики» общерелятивистских эффектов [3], в четвертом издании этого пособия [4] ограничился лишь критическим анализом ОТО и противопоставлением ей релятивистской теории гравитации Логанова [5]. Наряду с этим, во многих научных изданиях делается ошибочный вывод о применимости общерелятивистской термодинамики лишь в мегамире. Не намного лучше обстоят дела и в развитой на основе специальной теории относительности (СТО) релятивистской термодинамике. Это, в первую очередь, неоднозначность понятия релятивистской температуры. Наряду с температурой Планка в релятивистской термодинамике рассматривается также альтернативная ей температура Отта [3,6]. К тому же полный импульс вещества, в отличие от гамильтониана его внутренней энергии, пропорционален энтальпии и, следовательно, при ненулевом значении давления p они не образуют четырех-вектор [2]. В данной работе наряду с рассмотрением различных форм взаимной дополнителности гравитермодинамических параметров вещества проведено философское осмысление этих параметров и рассмотрены возможности устранения некоторых неоднозначностей и противоречий, возникших на стыке СТО, ОТО и термодинамики.

Четырех-вектор, модуль которого является инвариантным к релятивистским преобразованиям Лоренца, образуют не энергия и импульс, а гамильтониан энтальпии и импульс. На этом основании релятивистскую термодинамическую систему рассматривают как частицу с энергией U^* , равной энтальпии этой системы $H=U + pv$ [2], где U и v – соответственно внутренняя энергия и объем одного моля вещества. Аналогичный подход имеется и в классической термодинамике. В ней энтальпию рассматривают как энергию расширенной системы, включающей, например, кроме самого адиабатно расширяющегося газа еще и перемещаемое им в гравитационном поле тело. Если убыль энергии в этих адиабатных процессах (в которых энтропия S газа не изменяется) равна работе по перемещению тела в гравитационном поле, то убыль энтальпии равна работе расширенной системы [3,4]:

$$-(dH)_S = -v dp = \delta W_{расш.}$$

При этом, однако, не указывают к каким же все таки изменениям в окружающем мире приводит эта (на самом деле фиктивная) работа расширенной системы и, тем самым, над чем же она все же совершается. И на этот вполне естественный вопрос классическая термодинамика ответить не в состоянии. Разрешить эту проблему может только ОТО. В соответствии с ней энергия расширенной системы равна гравитермодинамической энтальпии $H_g = H v_c / c$, где c и v_c – соответственно собственное значение скорости света (постоянная скорости света) и гравитарическое несобственное значение скорости света (координатная скорость света [2]),

¹ Доклад на научном семинаре «Проблемы верификации в естественнонаучных и социальных исследованиях», Керчь, 23 октября 2005.

функция от которого фактически является потенциалом гравитационного поля². У идеальной жидкости, подверженной лишь всестороннему давлению и обладающей изохорной теплоемкостью, равной молярной газовой постоянной:

$$v_c = v_{cv} \sqrt{\frac{U - p v}{U + p v}}, \quad (1)$$

где v_{cv} – вакуумное несобственное значение скорости света, одинаковое³ в пределах всего объема однородной жидкости во всех условно созданных в ней бесконечно малых вакуумных полостях ввиду одинаковости во всем этом объеме энтропии жидкости. Вакуумное несобственное значение скорости света является калибровочным параметром для вещества, который не влияет на скорость протекания физических процессов в его собственном времени.

В отличие от энтальпии гравитермодинамическая энтальпия в адиабатных процессах не изменяется:

$$dH_g(S) = (v_c / c) T dS + (v_c / c) v dp + (H_g / v_c) dv_c = T_g^* dS, \quad (2)$$

так как при квазистатическом переходе вещества от одного равновесного состояния к другому равновесному состоянию изменения значения гравитермодинамической энтальпии, вызванные приращениями давления и гравибарического несобственного значения скорости света, всегда компенсируют друг друга $v dp = -(H_g c / v_c^2) \cdot \left(\frac{\partial v_c}{\partial p} \right)_S dp$. И поэтому то рассмотренная нами

расширенная система никакой работы, на самом деле, не совершает. Здесь:

$$T_g^*(S) = T_g(S) + (H_g / v_c) \cdot \left(\frac{\partial v_c}{\partial S} \right)_p \quad (3)$$

– гравитермодинамическая псевдотемпература, устанавливающая пропорциональность фазового (среднестатистического общесистемного) изменения гравитермодинамической энтальпии фазовому изменению энтропии и, следовательно, не соответствующая определенному гравитермодинамическому фазовому состоянию всего вещества ($v_c \neq const$); $T_g(S) = (v_c / c) T$ – гравитермодинамическая температура, устанавливающая пропорциональность квантовых изменений гравитермодинамической энтальпии молекул вещества спонтанным квантовым изменениям их энтропии, не сопровождающимся изменением коллективного гравитермодинамического состояния всего вещества ($v_c = const$); T – термодинамическая температура вещества. Гравитермодинамическая температура и псевдотемпература являются, как и гравитермодинамическая энтальпия, функциями лишь от энтропии.

Аналогично и температура Отта (в отличие от температуры Планка) является лишь релятивистской псевдотемпературой, устанавливающей пропорциональность среднестатистического общесистемного изменения гамильтониана молярного объема вещества среднестатистическому общесистемному изменению его энтропии. Она не соответствует определенному усредненному по всему объему значению импульса одного моля вещества а, следовательно, и его определенной мгновенной инерциальной системе отсчета пространственных координат и времени (СО), так как определяется и через изменение импульса вещества вследствие изменения его энтропии.

² Кривизна собственного пространства вещества является лишь сопутствующим явлением его физической неоднородности, проявляющейся в виде неодинаковости в разных точках этого пространства гравибарических несобственных значений скорости света а, следовательно, и темпов протекания идентичных физических процессов. При этом конечно, следует иметь в виду, что найденное из уравнений гравитационного поля гравибарическое несобственное значение скорости света не является скоростью света в веществе, так как учитывает влияние на электронную поляризацию вещества лишь только давления.

³ Одинаковость вакуумного несобственного значения скорости света во всем объеме однородной жидкости отнюдь не означает отсутствия гравитационного поля в искусственно созданных в ней вакуумных полостях. Достигнутое внутри жидкости равновесие в полостях конечного объема нарушается и в них восстанавливается градиент вакуумного несобственного значения скорости света. При этом сохраняется непрерывность значений градиента координатной скорости света на границах полостей, несмотря на наличие на них разрывности значений самой координатной скорости света.

Независимо от количества интенсивных и экстенсивных параметров, характеризующих вещество, лишь только два любые из них могут быть взаимно независимыми в равновесном состоянии вещества. И лишь только при неявляющемся равновесным движением (ввиду несохранения импульса) свободном падении вещества в гравитационном поле появляется третий независимый параметр – скорость v движения вещества. Поэтому то в равновесном состоянии все термодинамические характеристические функции (потенциалы) и параметры вещества могут быть представлены как функции лишь от энтропии и гравибарического несобственного значения скорости света. Само же это несобственное значение скорости света в классической термодинамике (не учитывающей непосредственного воздействия гравитационного поля на вещество) принципиально может рассматриваться как альтернативный давлению внутренней термодинамический интенсивный параметр вещества. Оба этих интенсивных параметра своими градиентами задают пространственное распределение степени сжатия вещества и при его равновесном состоянии не только компенсируют друг друга (в смысле возможного нарушения равновесия в веществе соответствующими им силами), но и естественно дополняют друг друга в гравитермодинамике. Именно вследствие наличия этой взаимной дополнительности вакуумное несобственное значение скорости света и становится одинаковым в пределах всего этого однородного вещества, несмотря на наличие в нем пространственной неоднородности (неодинаковости) гравитационного потенциала.

Таким образом, при любом естественном или же искусственном изменении термодинамических параметров вещества изменяются и гравитационные потенциалы в нем. Однако задающее гравитационные силы пространственное распределение разницы гравитационных потенциалов при этом не изменяется. Поэтому такое изменение гравибарических несобственных значений скорости света a , следовательно, и однозначно определяемых через них гравитационных потенциалов является калибровочным⁴ для вещества [7]. Оно приводит к изменению скорости протекания физических процессов в веществе лишь по часам стороннего наблюдателя. В собственном же термодинамическом времени этого вещества скорость протекания в нем физических процессов остается принципиально неизменной (калибровочно-инвариантной) величиной. Это имеет место из-за взаимной определяемости и взаимозависимости темпа течения собственного времени вещества и скорости распространения электромагнитного взаимодействия между его элементарными частицами [7,8].

Какой же тогда физический смысл имеет гравитермодинамическая энтальпия? Ее значение, нормированное по вакуумному несобственному значению скорости света v_{cv} , может рассматриваться как энергия, определяемая в собственном термодинамическом времени вещества. В этом собственном времени скорость протекания физических процессов в веществе не зависит, не только от самих, как экстенсивных, так и интенсивных параметров вещества, но и от скорости изменения этих параметров по часам любого стороннего наблюдателя. Для подверженной лишь всестороннему давлению идеальной жидкости нормированное значение гравитермодинамической энтальпии является лоренц-инвариантным модулем шестиимпульса:

$$\tilde{H}_g^2 = H_g^2 \cdot c^2 / v_{cv}^2 = U_g^2 - c^2 P^2 - w_{gp}^2 - c^2 P_q^2 = U^2 - p^2 v^2 = inv(v), \quad (4)$$

включающего наряду с эквивалентной общерелятивистской массе контравариантной внутренней энергией (контравариантной компонентой тензора энергии-импульса):

$$\begin{aligned} U_g &= \sqrt{1 - (v_q^2 + v^2) / c^2} (U + p v) - w_{gp} + vP + v_q P_q = \\ &= \frac{U + p v (v_q^2 + v^2) / c^2}{\sqrt{1 - (v_q^2 + v^2) / c^2}} = \frac{\{U + p v [1 - (v_c^2 - v^2) / c^2]\} \cdot c}{\sqrt{v_c^2 - v^2}} \end{aligned} \quad (5)$$

и тремя пространственными проекциями импульса:

⁴ Это аналогично калибровочному преобразованию электрических потенциалов.

$$P = \frac{v(U + p v)}{c^2 \cdot \sqrt{1 - (v_q^2 + v^2)/c^2}} = \frac{v(U + p v)}{c \cdot \sqrt{v_c^2 - v^2}} \quad (6)$$

также внешнюю энергию давления:

$$w_{gp} = \sqrt{1 - (v_q^2 + v^2)/c^2} p v = \sqrt{v_c^2 - v^2} p v / c \quad (7)$$

и гравитарический импульс:

$$P_q = \frac{v_q(U + p v)}{c^2 \cdot \sqrt{1 - (v_q^2 + v^2)/c^2}} = \sqrt{\frac{c^2 - v_c^2}{v_c^2 - v^2}} \cdot \frac{(U + p v)}{c}, \quad (8)$$

где:

$$v_q = dq / d\tilde{t} = \sqrt{c^2 - v_c^2} \quad (9)$$

– скорость гравитарического смещения⁵ событий вдоль оси сдвигового времени q , обеспечивающего переход от общего для всей жидкости ее астрономического времени t ($p=0$; $v_{cv} = c$) к собственному квантовому времени конкретного объекта жидкости [7].

Глубокий физический смысл имеет и эквивалентная общерелятивистской массе контравариантная гравитермодинамическая внутренняя энергия U_g . Ее приращение, как и приращение термодинамической внутренней энергии U определяется через приращения лишь экстенсивных параметров:

$$dU_g = T_g dS - p d v_g + v dP + v_q dP_q, \quad (10)$$

где: $v_g = \sqrt{1 - (v_q^2 + v^2)/c^2} \cdot v = \sqrt{v_c^2 - v^2} \cdot v / c$ – четырехмерное несобственное (эффективное) ковариантное значение молярного объема, условно «расширяющегося» (или, наоборот, «сокращающегося») вдоль оси координаты q . Однако, несмотря на это, значение контравариантной гравитермодинамической внутренней энергии вещества, в отличие от термодинамической внутренней энергии, не может рассматриваться как несобственное (координатное [2]) значение полной энергии вещества. Это значение не сохраняется в процессе квазистатических преобразований термодинамического состояния вещества с сохранением его внутренней энергии (на что неоднократно обращали внимание многие авторы [4,5]). В процессе расширения вещества имеют место потери энергии, связанные с доплеровским эффектом смещения частоты излучения в красную область спектра. Ведь ввиду этого эффекта энергия поглощенных молекулами вещества виртуальных фотонов (которыми непрерывно взаимодействуют элементарные частицы вещества) в собственных СО молекул становится меньше энергии излученных ими в процессе расширения вещества виртуальных фотонов. Однако эти потери энергии являются принципиально восполнимыми в процессе сжатия расширившегося вещества до прежнего его объема. Поэтому доплеровскую разницу энергий можно рассматривать как внутреннюю потенциальную энергию вещества. Включающая ее внешняя гравитационная энергия $w_{gc}=v_q P_q$ дополняет (как и в случае любых других потенциальных энергий) принципиально несохраняющуюся характеристическую функцию до сохраняющейся характеристической функции вещества⁶. В данном случае – до неизменяющейся в процессе свободного падения тела в гравитационном поле (являющегося инерциальным движением) ее ковариантной гравитермодинамической внутренней энергии – гравитермодинамического гамильтониана $W_g=U_g-v_q P_q$. Этот гравитермодинамический гамильтониан вполне может рассматриваться как индивидуальная энергия вещества, не включающая в себя его энергию w_{gc} , коллективизированную в гравитационном поле [7]. Все это,

⁵ В то время как мультипликативный интенсивный параметр v_c подобен релятивистскому замедлению времени дополняющий его аддитивный интенсивный параметр v_q подобен скорости пространственного движения. При этом подобно другим соответствующим термодинамическим параметрам v_q характеризует интенсивность аддитивной компенсации мультипликативного изменения гравитермодинамической энтальпии.

⁶ Это подобно дополнению лагранжиана движущегося тела до его гамильтониана неодинаковой в разных инерциальных СО внешней энергией $w_c=vP$.

конечно, приводит к философской проблеме условности понятия полной энергии. Ведь, исходя из закона сохранения энергии вещества в процессе его инерциального движения, полной гравитермодинамической энергией следует считать именно гравитермодинамический гамильтониан. Хотя с точки зрения термодинамики полной гравитермодинамической энергией все же рационально было бы считать антипод гравитермодинамической энтальпии – эквивалентную гравитермодинамической (общерелятивистской) массе гравитермодинамическую энергию U_g , на самом деле, являющуюся, как и гамильтониан (релятивистская полная энергия) движущегося тела, не строго внутренней энергией. Ведь она включает в себя кроме сохраняющейся индивидуальной энергии W_g , еще и коллективизированную в гравитационном поле энергию w_{gc} гравитационной связи микро- и макрообъектов вещества. Возможно, эту энергию следует называть термодинамически полной, а гравитермодинамический гамильтониан (индивидуальную энергию вещества) – условно полной энергией.

Список литературы

1. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. – М.: Наука, 1974
2. Мёллер К. Теория относительности. - М: Атомиздат, 1975
3. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: ВШ, 1976
4. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: ВШ, 1991
5. Логунов А. А., Мествиришвили М. А. Релятивистская теория гравитации. – М.: Наука, 1989
6. Ott H. Z. Phys., 1963, Bd 175, – s. 70
7. Даныльченко П. Основы калибровочно-эволюционной теории Мироздания (пространства, времени, тяготения и расширения Вселенной). – Винница, 1994. – 78 с.; Калибровочно-эволюционная интерпретация специальной и общей теорий относительности. Интернет-издание, 2005. (http://pavlo-danylchenko.narod.ru/docs/Osnovy_Rus.html); Киев НиТ (<http://n-t.org>)
8. Даныльченко П. И. Калибровочные основы специальной теории относительности. В сб.: Калибровочно-эволюционная интерпретация специальной и общей теорий относительности (КЭИТО), Вінниця, О. Власюк, 2004, – с. 17 (http://pavlo-danylchenko.narod.ru/docs/Foundations_Rus.html); Калибровочная интерпретация СТО. Киев, НиТ, 2005 (<http://n-t.org/tp/ns/ki.htm>).

P. Danylchenko

PHYLOSOPHICAL ASPECTS OF MUTUAL COMPLEMENTARITY OF GRAVITHERMODYNAMIC PARAMETERS

The interconnection between gravithermodynamic and thermodynamic parameters and characteristic functions, which complete each other, is examined for ideal liquid as an example. The possibility to remove some ambiguities and contradictions at the turn of relativity and thermodynamics is examined.