

Значительная часть физиков довольствуется теперь простым констатированием фактов; суждение о сущности явлений считается вредным; для объяснения того или иного физического явления считается достаточным поставить ему в соответствие какие-либо силы и их носители — «невесомые». Ньютонианская физика в форме концепции «невесомых» означала прогресс в историческом развитии физической науки. Она отвергла слабые стороны картезианской физики, отказалась от увлечения умозрительными спекуляциями, от обязательной подгонки любой физической теории под картезианскую схему представлений о материи и движении. Она также способствовала развитию точного экспериментального исследования природы, отысканию частных количественных закономерностей методом раздельного изучения физических явлений. Однако ньютонианская физика утратила ряд положительных черт картезианской физики, например идею о материальном единстве мира. Теперь мир представляли как скопления различного рода весомых и невесомых материй, метафизически разграниченных друг с другом. Возникло некое начало — силы, являющиеся причиной движения. Ньютонианская физика утратила идею о несотворимости и неуничтожимости движения. Учение о «невесомых» — наиболее последовательное выражение метафизического взгляда на природу в физической науке. Метафизическая концепция «невесомых» господствовала вплоть до первых десятилетий XIX в., пока развитие физики не пришло с ним в противоречие. Окончательный удар этой концепции был нанесен в середине XIX в. установлением закона сохранения и превращения энергии.

§ 20. РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ О ТЕПЛОТЕ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ТЕПЛОРОДА

Тепловыми явлениями ученые и философы начали интересоваться еще в древности. Однако ничего, кроме самых общих предположений об этих явлениях, носивших обычно самый фантастический характер, ни в древности, ни в средние века высказано не было. По-настоящему учение о тепловых явлениях начало развиваться только в XVIII в. после изобретения первого теплоизмерительного прибора — термометра. История изобретения термометра довольно длинная. Она начинается с изобретения Галилеем прибора, который можно назвать термоскопом. Прибор Галилея состоял из тон-

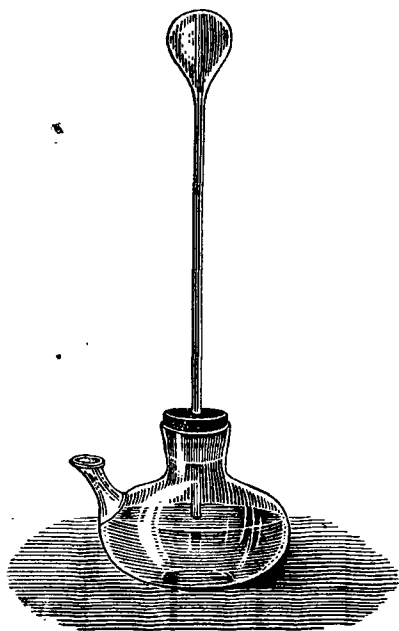


Рис. 30. Термоскоп Галилея

кой стеклянной трубки, один конец которой заканчивался шариком (рис. 30). Открытый конец трубки опускался в сосуд с водой, которая заполняла и часть трубки. Когда воздух в шарике нагревался или охлаждался, столбик воды в трубке опускался или поднимался. После Галилея многие ученые конструировали подобного рода приборы, постепенно совершенствуя их (рис. 31). Стеклянные трубки стали снабжать шкалой, возникло представление о существовании постоянных температурных точек и т. д. Однако первые термометры были еще очень несовершенны. В их конструкциях не было единообразия, каждый изобретатель выбирал свои основные температурные точки и шкалы. Сравнить показания различных термометров было практически нельзя.

Впервые практически пригодные термометры, дающие одинаковые показания, были изготовлены голландским мастером-стеклодувом Фаренгейтом в начале XVIII в. Термометры Фаренгейта имели современный вид. Фаренгейт использовал спирт или ртуть. В его

шкале, которая в последующем получила распространение, за одну основную температурную точку была выбрана температура смеси воды, льда и поваренной соли, равная 0° . За вторую температурную точку он взял температуру смеси льда и воды, которую принял за 32° . Температура человеческого тела по шкале Фаренгейта равна 96° . Эту температуру он принял за третью основную температурную точку. При такой шкале температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении оказалась равной 212° .

Новый способ изготовления и калибровки термометров предложил француз Реомюр в 1730 г. Он принял одну постоянную точку — температуру таяния льда, а за один градус считал температуру, соответствующую расширению спирта на одну тысячную долю своего объема. Определяя затем температуру кипения воды, он получил ее равной 80° . Эта шкала температур: 0° — температура таяния льда и 80° — температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении — стала называться шкалой Реомюра.

В 1742 г. шведский астроном Цельсий предложил стоградусную шкалу температур, по которой за 0° принималась температура кипения воды, а за 100° — температура таяния льда. Современная стоградусная шкала, носящая название шкалы Цельсия, была введена несколько позже. В XVIII в. предлагались и другие температурные шкалы, но они не удержались в процессе развития термометрии.

Интересно отметить, что появление и усовершенствование термометра в значительной степени было обусловлено его применением для метеорологиче-

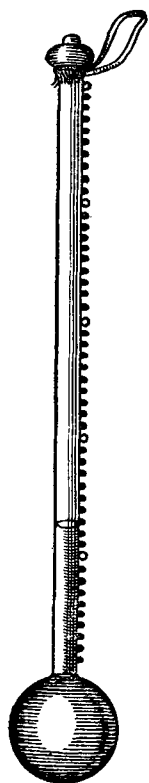


Рис. 31. Рисунок одного из ранних термометров

ских исследований. Первоначально термометр вместе с барометром и гигрометром часто рассматривали как метеорологический прибор. Так, например, в «Экспериментальной физике» Х. Вольфа описание термометра помещено в части, носящей название «Об опытах и наблюдениях около перемен атмосферы»¹⁾. Термометр, конечно, нашел и другие применения. Его стали использовать в быту, медицине, для физических исследований и т. д. Однако еще в 70-х годах в немецком издании «Элементов химии» Бургаве автор писал, что термометр «является, как известно физико-математическим прибором, принадлежащим к аэрометрии»²⁾.



Георг Рихман

Изобретение термометра дало возможность заняться количественными исследованиями тепловых явлений. С другой стороны, эти исследования стимулировались задачей усовершенствования термометра. Первые исследования тепловых явлений были посвящены калориметрии, изучению теплового расширения тел и явлений теплопроводности.

Исследования по калориметрии начались еще тогда, когда не было выяснено, что теплота имеет две меры: температуру и количество теплоты, еще не существовало понятие теплоемкости и т. д. Именно в процессе развития прежде всего калориметрических исследований и сформировались эти основные понятия теплофизики. Первые исследования по калориметрии, давшие существенные результаты, принадлежат петербургскому академику Георгу Рихману (1711—1753). В 1744 г. Рихман установил формулу для температуры смеси. Он полагал как само собой разумеющееся, что если теплота, распределенная в какой-либо массе жидкости, затем распределяется в такой же жидкости, имеющей массу в k раз большую, то температура при этом уменьшается в k раз. Из этого предположения следует, что если имеется масса m жидкости, в которой распределена теплота температуры t , а затем эта же теплота распределяется в массе m' такой же жидкости, то температура последней равна

$$t' = mt/m'.$$

В общем же случае температура t смеси масс жидкостей $m_1, m_2,$

¹⁾ Ломоносов М. В. Полн. собр. соч. Т. I. М., Изд-во АН СССР, 1950, с. 454.

²⁾ Voerhave H. Elementen der chemie. Leipzig, 1753, s. 990.

m_3, \dots , имеющих соответственно первоначальные температуры t_1, t_2, t_3, \dots , определяется формулой

$$t = (m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3 + \dots) / (m_1 + m_2 + m_3 + \dots).$$

Хотя Рихман уже интуитивно чувствует, что для тепловых явлений следует различать две величины — температуру и количество теплоты, тем не менее он еще не разделяет их. Рихман использовал термин «теплота» и в смысле температуры, и в смысле количества теплоты, хотя употреблял и термин «температура».

Вопрос о распределении теплоты между неоднородными телами был более сложным. Опыты по определению температуры смеси двух разных жидкостей проводились еще до исследования Рихмана. Так, например, Бургаве измерял температуру смеси воды и ртути, имеющих первоначально разные температуры. Но как в общем случае распределяется теплота при тепловом контакте различных тел, было еще не ясно. Высказывались некоторые догадки, в частности, предполагалось, что теплота распределяется равномерно по объему. Однако вскоре выяснилось, что этот вопрос решается не так просто. Исследования привели к возникновению понятия удельной теплоемкости и выявили, что эта величина не имеет простой связи ни с каким свойством того или иного вещества. Были измерены удельные теплоемкости ряда веществ.

Важным было открытие теплоты плавления. Оно было сделано английским ученым Джозефом Блэком (1728—1799). Еще в 50-х годах он установил, что если взять определенную массу льда при температуре его плавления и такую же массу воды при температуре примерно 80°C , то в результате смешивания весь лед растает, а температура воды станет равной первоначальной температуре льда (т. е. 0°C). Отсюда он сделал вывод, что на процесс таяния льда затрачивается определенное количество теплоты, хотя температура его при этом не изменяется. Теплота поглощается водой, образовавшейся из льда. Эта теплота была названа Блэком «скрытой теплотой». Блэк также открыл существование «скрытой теплоты парообразования».

Проводились исследования распределения теплоты между телами из различных веществ при тепловом контакте. В результате возникло понятие о теплоемкости и удельной теплоемкости. Были проведены измерения удельных теплоемкостей ряда твердых и жидких тел. При этом совершенствовалась техника калориметрических исследований, были сконструированы простейшие калориметры. Постепенно выяснялся и вопрос о мерах теплоты и о различии понятий температуры и количества теплоты. Блэк уже в 1753 г. в своих лекциях специально подчеркивал:

«Когда мы говорим о распределении теплоты, всегда нужно различать количество теплоты и силу теплоты и не смешивать эти две величины»¹⁾.

Развитие калориметрических исследований было связано с пред-

¹⁾ M a c h E. Die Principien der Wärmelehre. Leipzig., 1900, S. 156.

ставлением о сохранении количества теплоты при ее распределении между телами (это представление использовали и при исследовании теплопроводности). Постепенно физики и химики привыкали пользоваться уравнением теплового баланса, на основе которого производятся все калориметрические расчеты. Уравнение теплового баланса для простейшего случая использовал уже Рихман. В более общей форме им пользовался Блэк. Обсуждая опыт смешения одинаковых масс ртути и воды, Блэк писал:

«...когда нагретую ртуть смешивают с нагретой водой, то температура смеси падает до 120° вместо 125° (125° — средняя температура; вода берется при температуре 100° , а ртуть при температуре 150° Фаренгейта. — Б. С.). Ртуть, таким образом, охлаждается на 30° , а вода нагревается на 20° , однако количество теплоты, которое получила вода, равно количеству теплоты, которое потеряла ртуть»¹⁾.

Можно считать, что к 80-м годам XVIII в. сложились основные понятия учения о теплоте. В вышедшем в 1783 г. сочинении «Мемуар о теплоте» французских ученых Антуана Лавуазье (1743—1794) и Пьера Лапласа (1749—1827), подводющем как бы итог развития учения о теплоте, понятия температуры, количества теплоты, теплоемкости и т. д. считаются уже установленными.

Исследуются явления передачи теплоты, которые также играли важную роль в установлении основных понятий учения о теплоте. В работе 1701 г., посвященной вопросам теплоты, Ньютон установил закон охлаждения тел:

«Теплота, которую нагретое железо сообщает в заданное время смежным с ним холодным телам, т. е. теплота, которую железо утрачивает в продолжении заданного времени, пропорциональна всей теплоте железа; поэтому, если времени охлаждения принимать равными, то теплоты будут в геометрической прогрессии»²⁾.

Дальнейшие исследования передачи теплоты показали, что этот процесс осуществляется различными способами, имеющими разную физическую природу. Возникли два самостоятельных направления: изучение теплопроводности и теплового излучения. В изучении теплового излучения в XVIII в. были сделаны только самые первые шаги, что же касается вопроса теплопроводности, то во второй половине XVIII в. начали проводить теоретические и экспериментальные исследования этого явления, а в начале XIX в. была создана теория теплопроводности французским ученым Жаном Батистом Фурье (1768—1830). Итогом его исследований явилась монография «Аналитическая теория теплоты», вышедшая в свет в 1822 г.

Первая попытка теоретического анализа явлений теплопроводности была основана на прямом применении закона охлаждения Ньютона. Однако при этом возникли трудности. Закон охлаждения, если можно так сказать, интегральный закон, а для теории теплопроводности было необходимо установить соответствующий диффе-

¹⁾ Mach E. Die Principien der Wärmelehre, S. 157.

²⁾ Вавилов С. И. Исаак Ньютон, с. 197, 198.

ренциальный закон. Если рассматривать поток тепла вдоль стержня, то для того, чтобы составить соответствующее дифференциальное уравнение, нужно рассматривать бесконечно близкие слои в этом стержне. Но разность температур между такими слоями также бесконечно мала и непосредственное применение закона охлаждения Ньютона приводит к выводу, что и поток теплоты от слоя к слою также должен быть бесконечно малой величиной. Таким образом, приходим к нелепому результату, равноценному утверждению, что тело не может ни нагреваться, ни охлаждаться за конечный промежуток времени. Фурье разрешил эту трудность, установив, что поток тепла пропорционален не просто разности температур, а разности, отнесенной к единице длины, т. е., говоря современным языком, градиенту температуры. Он установил основной закон теплопроводности. По Фурье, количество теплоты Q , проходящей через площадку S за время τ вдоль направления x , таково:

$$Q = kS\tau \frac{dT}{dx},$$

где $\frac{dT}{dx}$ — изменение температуры на единицу длины (градиент температуры); k — коэффициент теплопроводности, зависящий от свойств теплопередающей среды. Этот коэффициент Фурье определяет как «количество теплоты, которое протекает в однородном твердом теле, ограниченном двумя бесконечными параллельными плоскостями, в течение одной минуты через площадку в один квадратный метр, параллельную пограничным плоскостям (находящимся на расстоянии, равном единице.— Б. С.), когда эти плоскости поддерживаются при температурах: одна при температуре кипения воды, другая — тающего льда»¹⁾.

Чтобы получить общее уравнение теплопроводности, Фурье применяет найденный закон к бесконечно малым элементам в теплопроводящей среде, устанавливая при этом связь между изменением содержания теплоты в ней и изменением температуры. Фурье, решая задачи по теплопроводности, разработал метод разложения функций в тригонометрические ряды, получившие название рядов Фурье. Он полагал, что довел теорию теплоты до того состояния, до которого развил механику Лагранж, поэтому по аналогии с «Аналитической механикой» Лагранжа Фурье назвал свою книгу «Аналитической теорией теплоты». Что же касается взглядов на природу теплоты, то Фурье признавал теорию теплорода.

В XVIII в. начинаются систематические исследования расширения тел при нагревании. Помимо чисто научного интереса явление расширения тел при нагревании имело практическое значение. Изучение расширения тел было необходимо для совершенствования термометра, основанного на явлении расширения жидкостей. Усовершенствование термометров, а также других приборов требовало исследования процесса расширения твердых тел. Так, например,

¹⁾ Fourier G. Théorie analytique de la chaleur. Paris, 1822, p. 54.

уже в XVIII в. для конструкторов точных часов, необходимых в мореплавании, учет расширения твердых тел в результате нагревания стал технической необходимостью. Известно, что английский конструктор Гаррисон, получивший премию от парламента за свои хронометры, добился хороших результатов после того, как учел законы теплового расширения металлов, из которых изготовлялись детали часов. Первые хорошие количественные результаты по измерению теплового расширения твердых тел получили Лавуазье и Лаплас в начале 80-х годов. Они указывали на важность измерения коэффициентов теплового расширения тел:

«Это свойство, присущее телам, занимать различный объем в зависимости от температуры, до которой они доведены, является препятствием, с которым приходится встречаться на каждом шагу в физике и в инженерной практике каждый раз, по крайней мере, когда хотят достигнуть высокой степени точности»¹.

Особое значение для развития теории теплоты имели исследования теплового расширения и вообще тепловых свойств газов. Первый газовый закон был установлен англичанином Бойлем и французом Мариоттом во второй половине XVII в., называющийся с тех пор законом Бойля — Мариотта.

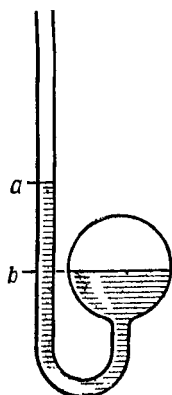


Рис. 32

Интересно исследование свойств газов, проведенное французом Амонтоном, которое было опубликовано в 1703 г. Амонтон занимался конструированием термометра еще до появления термометра Фаренгейта. Ему пришла мысль использовать для измерения температуры изменение упругости воздуха при нагревании. Он сконструировал воздушный термометр, который состоял из U-образной стеклянной трубки, короткий конец которой заканчивался большим стеклянным шаром (рис. 32). Трубка и часть шара заполнялись ртутью. При нагревании шара давление воздуха в нем изменялось и ртуть в трубке поднималась. Помещая шар в тающий лед, а затем в кипящую воду, Амонтон установил, что давление при этом возрастает примерно в три раза. После работ Амонтона вскоре были изобретены практически удобные термометры Фаренгейта, Реомюра и Цельсия. Вопрос о газовом термометре потерял свою значимость. Однако вскоре было замечено, что показания термометров, наполненных ртутью и спиртом, не полностью совпадают. Значит, за основой следовало принять термометр с определенной жидкостью, считая, что ее расширение строго пропорционально повышению температуры. За такую жидкость была принята ртуть, и ртутный термометр стали рассматривать как эталонный. Постепенно, однако, выясняется, что, вообще говоря, тела расширяются не совсем равномерно с ростом температуры. В начале XIX в. английский химик Дэви показал, что термометры, в которых используются

¹ Д о р ф м а н Я. Г. Лавуазье. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1948, с. 267.

различные жидкости, показывают разную температуру в промежутке от 0 до 100°C.

В конце XVIII в. были открыты кислород, азот, а затем и другие газы и выяснено, что существует множество газообразных веществ различной природы. При установлении физических и химических свойств открытых газов исследовали и их тепловое расширение. Исследованиями теплового расширения газа занимались французский физик Жозеф Луи Гей-Люссак (1778—1850) и английский химик Джон Дальтон (1766—1844). В 1802 г. независимо друг от друга они открыли закон, согласно которому все газы расширяются при нагревании одинаково и имеют один и тот же постоянный коэффициент расширения, равный — 0,00375 град⁻¹. Естественно поэтому было предположить, что за эталон следует взять газовый термометр и считать, что газы расширяются пропорционально увеличению температуры. Однако в дальнейшем было выяснено, что этот закон справедлив только для очень разреженных и сильно нагретых газов (так называемых идеальных газов) и соответственно эталонным считать термометр с идеальным газом. Только развитие термодинамики позволило установить шкалу температур, не зависящую от избранного тела — абсолютную термодинамическую шкалу, о чем будет сказано ниже, при изложении развития термодинамики.

В заключение обзора истории теплофизики в рассматриваемый период остановимся кратко на развитии взглядов на природу теплоты. В XVII в. еще не существовало разработанных теорий о сущности теплоты и ученые придерживались различных мнений по этому вопросу. Однако уже наметились два основных направления развития представлений о природе теплоты. Согласно первому направлению, теплоту рассматривали как внутреннее движение частиц тела. Этому взгляда придерживались Ф. Бэкон, Декарт, а также Бойль, Гук и др. (правда, Бойль, считая, что теплота есть движение частичек тела, признавал также и существование материи огня, которая способна приводить эти частички в движение). Представители противоположного направления рассматривали теплоту как вещество. Такого взгляда, например, придерживался Галилей. Он писал:

«...тепло, которое мы называем общим словом «огонь», есть множество мельчайших телец, имеющих те или иные фигуры и движущихся с той или иной скоростью»¹⁾.

Такое же представление о теплоте высказывал Гассенди, который признавал существование не только атомов тепла, но и атомов холода. Кроме этих двух основных направлений существовали и промежуточные. Ньютон, например, считал, что теплота есть движение эфира. В XVIII в. основные направления продолжают развиваться. Представление о теплоте как о движении частиц тела развивали Иоганн и Даниил Бернулли, Герман и др. Наконец, в середи-

¹⁾ Галилео Галилей. — Сборник, посвященный 300-летней годовщине со дня смерти. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1943, с. 47.

не XVIII в. М. В. Ломоносовым была разработана кинетическая теория теплоты. Однако постепенно вещественная теория теплоты получала все большее и большее распространение и в середине XVIII в. стала господствующей. Нагретость тела объясняли присутствием тепловой материи, которая, подобно другим тонким материям, признавалась невесомой. О взглядах физиков и химиков на природу теплоты в последней трети XVIII в. Лавуазье и Лаплас писали:

«Физики по своим воззрениям на природу теплоты не единодушны. Большинство рассматривает теплоту как жидкость, которая по своей природе стремится расширяться и проникать в большей или меньшей степени в поры тел, в соответствии с температурой и тепловыми свойствами этих тел». «Другие физики, — продолжают авторы, — рассматривают теплоту как результат неразличимого движения молекул материи... Принимая в расчет принцип сохранения живых сил, можно дать определение: теплота есть живая сила, то есть сумма произведений масс каждой молекулы на квадрат ее скорости»¹⁾.

Лавуазье и Лаплас не высказались за или против той или иной гипотезы, придерживаясь принципа не измышлять гипотезы. Но в других сочинениях они явно выступали за вещественную теорию теплоты. Лавуазье даже счел нужным включить в число химических элементов теплород. Лаплас также развивает взгляд на природу теплоты, исходя из представления о существовании специальной тепловой материи²⁾.

Победа вещественной теории теплоты над кинетической во второй половине XVIII в. была, конечно, исторически обусловлена. Тепловые явления изучали вне связи с другими физическими явлениями, не затрагивая процессы превращения теплоты в работу. Физики имели главным образом дело с явлениями перераспределения теплоты и ее передачей, когда общее количество теплоты остается неизменным. Они полагали, что теплота переходит от одного тела к другому, сохраняя свое общее количество, подобно жидкости, переливаемой из одного сосуда в другой. Они также считали, что теплота «перетекает» по телу, например стержню, без потерь, подобно воде по трубам. Это хорошо укладывалось в представление о теплоте как о веществе; с помощью вещественной теории теплоты легко было объяснять наличие теплового баланса при калориметрических измерениях, явления теплопроводности и т. п.

Гораздо более трудными были эти вопросы для кинетической теории теплоты (учитывая тогдашнее состояние науки). Наблюдаемые тепловые явления, казалось, ей противоречили. Так, например, казалось, что из кинетической теории следует пропорциональность теплоемкости тела его плотности. Действительно, отождествляя теплоту с живой силой молекул, надо было признать, что чем больше масса тела, тем больше живой силы нужно передать ему, чтобы со-

¹⁾ Lavoisier A. L. und De Laplace P. S. Zwei Abhandlungen über die Wärme Ostwald's klassiker. Leipzig, 1892, s. 5—6.

²⁾ См., например: Laplace P. S. Traité de mécanique Céleste, T. V. Paris, 1823, p. 89.

общить молекулам ту же самую скорость, т. е. нагреть тело до той же температуры. Ничего подобного на опыте не наблюдалось. Между прочим, такого рода аргумент против кинетической теории привел Блэк. Он писал:

«Более плотные тела должны несомненно усилнее передавать теплоту другим телам. Опыт учит в большинстве случаев прямо противоположному. Подобного рода мнение (кинетическую теорию теплоты.— Б. С.) поэтому нельзя согласовать с фактами»¹⁾.

Потребовалось длительное развитие физики, механики и математики, прежде чем кинетическая теория смогла объяснить детали тепловых явлений и их количественные закономерности. Теория теплорода, будучи более простой, в значительно большей степени удовлетворяла эмпирическим и формалистическим тенденциям физиков и химиков, следовавших принципу «гипотез не измышляю». Объясняя тепловые явления присутствием теплорода, частицы которого наделены дальнедействующими силами, эта теория очень хорошо подошла к общей направленности ньютонианской физики. Теория теплорода была исторически необходимым этапом в развитии физики: она сыграла и положительную роль, объединив целый ряд накопленных факторов и частных теорий, и позволила их систематизировать с единой точки зрения. Хотя и в искаженной форме, эта теория отражала некоторые действительные закономерности тепловых явлений. Поэтому она на определенном этапе не тормозила развитие физической науки и не сразу пришла в противоречие с действительностью, продержавшись более столетия. Отношение теории теплорода к кинетической теории теплоты Энгельс сравнивал с отношением диалектики Гегеля к диалектике Маркса. Он писал:

«Но и в самом естествознании мы достаточно часто встречаемся с такими теориями, в которых действительные отношения поставлены на голову, в которых отражение принимается за отражаемый объект и которые нуждаются поэтому в подобном перевертывании. Такие теории нередко господствуют в течение продолжительного времени. Именно такой случай представляет учение о теплоте: в течение почти двух столетий теплота рассматривалась не как форма движения обыкновенной материи, а как особая таинственная материя; только механическая теория теплоты осуществила здесь необходимое перевертывание. Тем не менее физика, в которой царил теория теплорода, открыла ряд в высшей степени важных законов теплоты... Точно так же в химии флогистонная теория своей вековой экспериментальной работой впервые доставила тот материал, с помощью которого Лавуазье смог открыть в полученном Пристли кислороде реальный антипод фантастического флогистона и тем самым ниспровергнуть всю флогистонную теорию. Но это отнюдь не означало устранения опытных результатов флогистники. Наоборот, они продолжали существовать; только их формулировка была перевернута, переведена с языка флогистонной теории на современный химический язык, и постольку они сохранили свое значение.

Гегелевская диалектика так относится к рациональной диалектике, как теория теплорода — к механической теории теплоты, как флогистонная теория — к теории Лавуазье»²⁾.

¹⁾ Meyer K. Die Entwicklung des Temperaturbegriffs. Braunschweig, 1913, s. 108.

²⁾ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 20, с. 371—372.