

УДК 82–94

Михаил Ломоносов о природе теплоты и холода

Д-р мед. наук А. В. БУТОРИНА

РНИМУ им. Н. И. Пирогова, 117997, г. Москва, ул. Островитянова, 1

Д-р техн. наук А. М. АРХАРОВ, д-р техн. наук В. А. МАТВЕЕВ,

д-р техн. наук А. И. СМОРОДИН,

МГТУ им. Н. Э. Баумана, 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул, 5

Д-р техн. наук Е. И. БОРЗЕНКО,

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Д-р техн. наук С. Б. НЕСТЕРОВ

НИИ вакуумной техники им. С. А. Векшинского, 117105, г. Москва, Нагорный проезд, 7



19 ноября 2011 года отмечался знаменательный юбилей для всей Российской и Мировой науки — 300 лет со дня рождения Михаила Васильевича Ломоносова, крестьянского сына, поразившего весь мир высотой и широтой своего таланта ученого.

Среди фундаментальных законов природы, являющихся основой современного естествознания, особое место по своей важности занимают законы сохранения различных физических величин.

Наиболее важным из них является закон сохранения и превращения энергии. Значение этого закона выходит далеко за рамки физики. Можно смело сказать, что он является теоретической основой всего современного естествознания и в то же время служит основой для технических расчетов в различных прикладных науках (теплотехника, химия, термодинамика и т.д.). Кроме того, как всякий общий закон природы, он имеет большое философское значение.

Истоки закона сохранения и превращения энергии, так же как и вообще ряда общих законов естествознания, уходят далеко вглубь веков, к тому периоду в истории человечества, который связан с развитием древней Греции и Рима. Речь идет, не о каких-либо, хотя бы примитивных формулировках этого закона, а о тех учениях, которые в конечном итоге способствовали его установлению. Одним из них было учение о движении, разрабатывавшееся и развивавшееся древнегреческими и римскими философами.

Еще на заре развития древнегреческой философии — в 6 веке до н. э., представители материалистической ионийской школы (Фалес, Анаксимандр, Анаксимен и др.) объясняли многообразие явлений природы движением единого материального начала. Таким началом была «вода» у Фалеса, особое вещество — неопределенная материя «апейрон» у Анаксимандра,

«воздух» — у Анаксимена. Наиболее яркое выражение идея движения получила у Гераклита Эфесского (530–470 гг. до н. э.), тесно примыкавшего к идеям философов ионийской школы. Единым материальным началом у него был огонь, который понимался как нечто материальное. Изменение огня, согласно Гераклиту, и являлось первопричиной различных природных явлений.

Гераклит был одним из замечательных диалектиков своего времени, ему принадлежат мудрые изречения: «На того, кто входит в ту же самую реку, каждый раз текут новые воды»; «В одну и ту же реку нельзя войти дважды, и нельзя дважды застичнуть смертную природу в одном и том же состоянии» [1, 2].

М. В. Ломоносов не сразу стал сторонником корпускулярной теории теплоты. Естествоиспытатель, философ и теоретик науки Христиан Вольф (1679–1751 гг.) сыграл огромную роль в становлении Ломоносова как ученого, именно к Х. Вольфу Ломоносов относился «как к своему благодетелю и учителю».

В первой студенческой работе, отправленной в Петербург 4 октября 1738 г., Ломоносов ссылается на опыт Вольфа о том, что вода, из которой удален воздух с помощью воздушного насоса, замерзает быстрее, чем обычная вода. При написании работы «О превращении твердого тела в жидкое в зависимости от движения предшествующей жидкости» М. Ломоносов еще находился под влиянием своего учителя Х. Вольфа, разделяя частично его взгляды на сущность тепла [3]. Но уже спустя несколько лет он совершенно определенно заявляет, что «теплотворная особливая материя... есть только один вымысел».

Период 1741–1750 гг. характеризуется большими творческими достижениями М. В. Ломоносова. Он разработал и обосновал новую отрасль знания — физическую химию, кинетическую теорию теплоты и газов, сформулировал закон сохранения материи и движения.

М. Ломоносов писал Л. Эйлеру (1748 г.): «Все изменения, случающиеся в природе, происходят так, что если что-либо прибавится к чему-либо, то столько же отнимется от чего-то другого».

В набросках и планах будущих работ, собранных под общим заголовком «276 заметок по физике и корпускулярной философии» (1741–1743 гг.) имеется ряд

заметок, из которых видно, что М. В. Ломоносов имел намерение при помощи «корпускулярной философии» объяснить различные физические и химические явления, в том числе и тепловые [2, 3].

Систематическое развитие эти взгляды получили в двух диссертациях М. В. Ломоносова, написанных в 1743–1744 гг.: «Опыт теории о нечувствительных частицах тел и вообще о причинах частных качеств» и «О составляющих природные тела нечувствительных физических частицах, в которых заключается достаточное основание частных качеств».

Основные положения учения Ломоносова о строении материи сводятся к следующему: *«Материя — то, из чего состоит тело и от чего зависит его сущность. Материя бывает собственная, составляющая тело, и посторонняя, заполняющая промежутки тела, не заполненные собственной материей»* [3].

Все физические тела, говорит М. Ломоносов, могут делиться на очень мелкие части, пределом которых являются «мельчайшие нечувствительные частицы, физически разделенные». Эти отдельные физические частицы непроницаемы, обладают силой инерции, могут двигаться и находиться в состоянии покоя, обладают протяженностью. «Нечувствительные физические частицы, фактически не делящиеся на другие, меньшие», Ломоносов называет физическими монадами. Его монады, за исключением наименования, не имеют ничего общего с монадами Лейбница. Если у этого последнего монады не материальны, это некие метафизические точки, то монады Ломоносова вполне конкретные материальные частицы — предел делимости материи, движение которых обуславливает физические свойства тел.

В пятой главе диссертации «Опыт теории о нечувствительных частицах тел и вообще о причинах частных качеств» М. В. Ломоносов дает наброски своей теории тепла; он показывает, что сущность теплоты заключается во внутреннем вращательном движении монад. Эта глава была развита в особую диссертацию «Размышления о причине теплоты и стужи», написанную в декабре 1744 г., в которой он излагает свои взгляды на природу теплоты.

В «276 заметках» имеется ряд высказываний, показывающих, что уже с 1741 г. М. Ломоносов достаточно ясно представлял себе сущность тепловых явлений. К этому времени у него накопился ряд опытных доказательств несостоятельности теории теплорода. *«Не следует выдумывать много разных причин там, где достаточно одной; таким образом, раз центрального движения корпускул достаточно для объяснения теплоты, так как оно может увеличиваться до бесконечности, то не следует придумывать другие причины»* [3].

Диссертация «Размышления о причине теплоты и стужи» была доложена на заседании конференции Петербургской Академии наук 21–25 января 1745 г. Уже в первых параграфах своего сочинения, исходя из корпускулярной философии, Михаил Ломоносов делает вывод, что *«причина теплоты состоит во внутреннем вращательном движении частиц связанной материи»*. Этот вывод — основа его теории, и поэтому его он обосновывает со всей возможной тщательностью. Вращательное движение частиц и является причиной отталки-

вательной силы тепла, так как каждая вращающаяся частица «отталкивает другую тем сильнее, чем энергичнее вращательное движение». Поэтому жидкое и газообразное состояние тел объясняется именно наличием такого вращательного движения и, следовательно, тела газообразные и жидкие всегда имеют в себе теплоту, хотя бы и небольшую, какими холодными они ни казались».

При помощи своих представлений М. В. Ломоносов объясняет ряд тепловых явлений, как-то: плавление, испарение, теплопроводность и т. д. Вот его объяснение теплопроводности: «Если более теплое тело *A* приходит в соприкосновение с другим телом *B*, менее теплым, то находящиеся в точке соприкосновения частички тела *A* быстрее вращаются, чем соседние с ними частички тела *B*. От быстрого вращения частички тела *A* ускоряют вращательное движение частичек тела *B*, т. е. передают им часть своего движения: сколько движения уходит от первых, столько же прибавляется ко вторым. Поэтому, когда частички тела *A* ускоряют вращательное движение частичек тела *B*, то замедляют свое собственное. А отсюда — когда тело *A* при соприкосновении нагревает тело *B*, то само оно охлаждается».

Вполне естественными являются два вывода М. В. Ломоносова: первый вывод (§ 25) о том, что теплота всегда переходит от тела с высокой температурой к телу с более низкой температурой. Этот факт М. Ломоносов объясняет, пользуясь по существу уже законом сохранения вещества и движения: «...Тело *A* при действии на тело *B* не может придать последнему большую скорость движения, чем какую имеет само. Если поэтому тело *B* холодно и погружено в теплое газообразное тело *A*, то тепловое движение частичек тела *A* приведет в тепловое движение частички тела *B*, но в частичках тела *B* не может возбудить более быстрого движения, чем какое имеется в частичках тела *A*. Поэтому холодное тело *B*, погруженное в тело *A*, не может воспринять большую степень теплоты, чем какую имеет *A*» [2, 4]. Ломоносов первый объяснил эту особенность тепловых явлений в рамках корпускулярной теории тепла.

Именно Ломоносов предвидел существование абсолютного нуля (нуля термодинамической температуры), введенного в науку спустя сто лет. При абсолютном нуле, объяснял Ломоносов, тепловое движение «нечувствительных частичек» в веществе совсем прекращается. Это объяснение остается правильным и в настоящее время. М. В. Ломоносов различал теплоту и холод только по значению температуры. Холод, как утверждал он, является низкотемпературной теплотой, а теплота состоит во внутреннем движении материи.

Любопытен интерес М. В. Ломоносова к задачам получения низких температур. Он писал: *«Смешением поваренной соли со снегом или толченым льдом физики получают материю, называемую по производимому ею действию холодильной, так как вода, поставленная в нее в каком-либо сосуде, превращается в лед»*. Он дал объяснения этим процессам и предложил новые варианты: *«Селитра, в (теплой же) воде разведенная, дает столь сильную стужу, что она (в пристойном сосуде) среди лета замерзает»*.

Заключительные параграфы этой работы посвящены опровержению теории теплорода. О том, что «теп-

лотворная материя» есть фикция, М. Ломоносову было ясно еще до написания рассматриваемой диссертации.

Так, среди его различных заметок мы находим и ряд примеров, которые, по мысли Ломоносова, явно противоречат теории теплорода. Приведем некоторые из них:

«Так как при самом сильном холоде тяжесть не уменьшается, то, следовательно, теплота не зависит от вхождения теплотворной материи»;

«Если бы теплотворная материя приставала к известям, то сами извести, вынутые из огня, оставались бы горячими. Следовательно, или эта материя к ним не пристает, или пристающая материя — не теплотворная»;

«Снег, тая от соли, делается холоднее; поэтому, если бы теплота представляла собою концентрированную теплотворную материю, то, несомненно, теплотворная материя скорее изгонялась бы в противоположащее тело, т. е. в воду, и она делалась бы теплее, а не превращалась бы в лед» [4].

В § 28 своей диссертации он пишет: *«Таким образом, мы доказали..., что причиною теплоты является внутреннее вращательное движение связанной материи; теперь переходим к рассмотрению мнений, которые многие современные философы высказывают относительно особой материи, называемой большинством теплотворной... Это мнение в умах многих пустило такие могучие побеги и настолько укоренилось, что можно прочесть в физических сочинениях о внедрении в поры тел названной выше теплотворной материи... Поэтому мы считаем нашей обязанностью подвергнуть эту гипотезу расследованию» (2).*

М. В. Ломоносов последовательно, шаг за шагом, опровергает все доводы сторонников этой теории, а явления, которые считались опытным подтверждением теории теплорода, объясняет «вращательным движением частичек связанной материи».

Прежде всего М. В. Ломоносов опровергает представление о том, что «огненная материя» входит в поры тел при прокаливании и производит увеличение в весе и объеме. *«Мы охотно согласились бы с ними (сторонниками теории теплорода), если было бы так же легко, как предположить, так и показать, чем именно теплотворная материя вдруг загоняется в нагреваемые тела. Спрашиваю: каким образом в самую холодную зиму... или на очень холодном морском дне (где, значит, согласно этой гипотезе, теплотворной материи почти совершенно нет), порох, зажженный внезапно проскочившей искрой, вспыхивает вдруг огромным пламенем. Откуда и в силу какой удивительной способности материя эта собирается в один момент времени... Вполне очевидно, что это противоречит прежде всего опыту, а затем здравому смыслу» [2, 4].*

Одним из достаточно убедительных аргументов в пользу теории теплорода ее сторонники считали тот факт, что солнечные лучи, собранные в фокусе вогнутого зеркала, способны воспламенить легко зажигающиеся предметы. М. В. Ломоносов опровергает и этот факт, показывая, что здесь «следует заменить сгущение огненной материи в фокусе зеркала конденсацией теплотворного движения».

На основании своего анализа М. В. Ломоносов делает вывод, *«что нельзя приписывать теплоту тел сгу-*

щению какой-то тонкой, специально для того предназначенной материи, но что теплота состоит во внутреннем вращательном движении связанной материи нагретого тела».

Обзор достижений М. В. Ломоносова в области разработки теории теплоты был бы неполным, если бы мы не упомянули о его работах по кинетической теории газов, в которых он также предвосхитил многие идеи, ставшие достоянием науки много лет спустя. По этому вопросу им было написано несколько диссертаций. В частности, ему принадлежит основная идея современной кинетической теории газов — идея о мгновенном взаимодействии соприкасающихся частиц. М. В. Ломоносов, исходя из установленной на опыте связи между упругостью воздуха и теплотой, приходит к выводу, что «взаимодействие частиц обусловлено только теплотой».

Однако подавляющее большинство представителей официальной науки как в России, так и за рубежом не только не поняло его идей, но и подвергло их незаслуженной критике. Вот отзыв о диссертации «Размышления о причине теплоты и стужи» академиков, слушавших чтение этой диссертации: *«...Нужно похвалить охоту и прилежание господина адъюнкта, занявшегося изучением теории теплоты и холода, но им кажется, что он еще слишком преждевременно взялся за дело, которое, по-видимому, пока находится выше его сил. Во-вторых, потому, что доводы, которыми он попытался частью утвердить, частью опровергнуть различные внутренние движения тел, совершенно недостаточны, что признает и сам господин адъюнкт, когда ему будет угодно свои доводы вывести частным порядком и представить в форме силлогизма. Затем господину адъюнкту поставили на вид, что он поносит в своем произведении Бойля, столь известного своими трудами: он (Ломоносов) извлек из писаний Бойля те места, в которых этот последний говорит как будто вздор, но обошел молчанием очень многие другие, в которых Бойль дал образчики глубокой учености» [5].*

Далеко не все отзывы на диссертации были благоприятными для Ломоносова. В частности, немецкий магистр Ш. Арнольд представил в Эрлангенский университет в 1754 г. диссертацию «Об объяснении теплоты движением частичек тел и особенно вращательным вокруг их осей», в которой пытался доказать несостоятельность воззрений М. В. Ломоносова. Это обстоятельство побудило его написать особую диссертацию «О должности журналистов в изложении ими сочинений, назначенных для поддержания свободы рассуждения», в которой, в частности, есть такое наставление: *«Кто берется сообщать публике содержание новых сочинений, должен наперед взвесить свои силы, ибо он предпринимает труд тяжелый и весьма сложный, которого цель... уметь охватить новое и существенное в сочинениях, принадлежащих иногда людям самым гениальным...» [5].*

Понять истинный смысл научного творчества М. В. Ломоносова могли немногие его современники. Только гениальный математик Леонард Эйлер (1707–1783 г.), которому были посланы на отзыв диссертации М. В. Ломоносова, оценил их по достоинству. Эйлер в своем отзыве писал: *«Все сии диссертации не только хороши, но и превосходны, ибо он пишет о материях физических и химических весьма нужных, которые поны-*

не не знали и истолковать не могли самые остроумные люди. Что он учинил с таким успехом, что я совершенно уверен о справедливости его изъяснений. При сем случае господину Ломоносову должен отдать справедливость, что он имеет превосходное дарование для изъяснения физических и химических явлений. Желать должно, чтобы и другие Академии в состоянии были произвести такие откровения, какие показал господин Ломоносов» [5].

Диссертация Михаила Ломоносова «Размышления о причине тепла и стужи» (1744 г.) и мемуары Сади Карно (1824 г.) «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» легли в основу классической термодинамики и проложили пути к пониманию как природы теплоты (холода), так и возможности ее преобразования.

В конце 1759 г. в Петербурге стояли сильные морозы до -37°C . В эти дни академик Йозеф Адам Браун и М. В. Ломоносов проводили опыты над ртутью. С помощью охлаждающих смесей они сумели понизить температуру до -56°C и получить твердую ртуть, которую можно было ковать, рубить и пилить. О своей работе Браун рассказал на публичном заседании Академии наук в докладе «О удивительной стуже, искусством произведенной, от которой ртуть замерзла». Открытие замерзания ртути, сообщения о котором появились во множестве научных журналов, произвело настоящую сенсацию в ученом мире. Это явилось существенным ограничением в использовании ртути в термометрах, особенно наружных, т.к. морозы, близкие к точке замерзания ртути, в России не так-то и редки... В 1760 г. Ломоносов опубликовал работу «Рассуждение о твердости и жидкости тел».

Большое значение имеет разделение М. В. Ломоносовых растворов на такие, при образовании которых теплота выделяется и для составления которых нужно затратить тепло.

В 1745 году М. В. Ломоносов перевел с латинского на русский язык шестой раздел книги ученика Х. Вольфа Л. Ф. Тюммига, назвав его «Вольфианская экспериментальная физика», в которой рассматривались вопросы: о воздушном насосе, о свойствах воздуха, о разных действиях воздуха, о барометре, о манометре, о теплоте, о огне, о магнитных опытах, о звоне, о скважинках тел, о опытах над животными, а особливо в безвоздушном месте. Изданная в 1746 г. в 600 экземплярах, книга быстро разошлась, в 1747 г. Академия наук выпустила еще 600 экземпляров, а в 1760 г. книга вышла вторым изданием. Эта книга является первым отечественным учебником по технике.

Ломоносов М. В. является основателем русской научной и технической терминологии, он ввел понятия: воздушный насос, барометр, экспериментальная физика, упругость, удельный вес, влажность, атмосфера, микроскоп, термометр и многие другие.

20 июня 1746 г. М. В. Ломоносов впервые в истории России выступил с публичной лекцией по экспериментальной физике на русском языке.

Удар по теории теплорода был нанесен в результате доказательства ложности флогистонной теории горения. М. В. Ломоносов первый в истории химии, когда флогистонная теория была в полном расцвете, поставил под сомнение существование самостоятельной «огненной материи».

Ломоносов сумел подняться до более глубокого обобщения и объединил положение Декарта о сохранении движения в природе с высказанным им положением о сохранении вещества и сформулировал их вместе как единый всеобщий закон природы — закон сохранения вещества и движения — в своем знаменитом письме к Эйлеру (в 1748 г.): «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своей силой другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает» [2, 6].

Только через 17 лет А. Лавуазье (1743–1794 гг.) пришел к тем же результатам, что и М. Ломоносов, и, создав свою теорию горения, положил конец флогистонной химии. В своих исследованиях Лавуазье опирался на экспериментальные данные в области газов, полученные Блэком, Шееле (1742–1786 гг.) и Пристли (1733–1804 гг.). Этими учеными было показано, что при горении всегда исчезает часть воздуха. Пристли доказал, что исчезающая часть воздуха представляет собой обогащенный «флогистоном» газ — флогистонный газ, и что этот газ входит в состав воздуха. Позднее Шееле дал этому газу название кислород.

В 1772 г. Лавуазье приступает к проведению серии своих знаменитых опытов, при помощи которых он пришел к правильному воззрению на процессы горения и к открытию сложного состава воздуха. Он пишет: «Физики расходятся во взглядах на природу теплоты...»

Двойственность взглядов на природу теплоты, в то время как корпускулярная теория в работах М. В. Ломоносова достигла блестящих успехов, проходит красной нитью через все сочинения Лавуазье. Он так и не оставлял своих сомнений до конца жизни: этим, по-видимому, объясняется тот факт, что вследствие его большого авторитета молекулярно-кинетические представления о природе теплоты не получили должного распространения как во Франции, так и в других странах Западной Европы. При нагревании твердых тел теплородные атмосферы сгущаются и их отталкивающее действие усиливается. Тело расширяется и при достаточном количестве теплоты может перейти в жидкое, а затем и в газообразное состояние.

Солнце является основным источником энергии биосферы и регулятором всех геологических, химических и биологических процессов на нашей планете. Ее роль образно выразил один из авторов закона сохранения и превращения энергии Юлиус Майер (1814–1878 г.), отметивший, что жизнь есть создание солнечного луча.

Именно М. В. Ломоносовым было положено начало физическому изучению планет Солнечной системы. В работе «Опыт теории упругости воздуха» (1748 г.) он писал: «...атмосферный воздух должен быть тем реже, чем более он отделен от центра земли; ...воздух не может бесконечно расширяться, ибо должен существовать предел, где сила тяжести верхних атомов воздуха превысит силу, воспринятую ими от взаимного столкновения».

По мнению М. В. Ломоносова — жизнь как материя и энергия существует во Вселенной вечно и поэтому

не имеет своего начала. Земля конечна в своих размерах, но бесконечна во времени и организованности биосферы. Именно в противоречии, по словам Ломоносова, и состоит вся тайна великого управления в природе. «*Природа крепко держится своих законов и всюду одинакова*», — писал М. В. Ломоносов.

Чем дальше отделяет нас время от периода жизни М. В. Ломоносова, тем величественней его гений. Ломоносов оставил неизгладимый след в истории науки, его мысли и взгляды способствовали формированию подлинно научного материалистического мировоззрения передовых ученых. Все знают слова М. В. Ломоносова: «*Всякое добро происходит от просвещенного разума, а, напротив того, зло — искореняется*».

Список литературы

1. Сборник «Материалисты древней Греции». — М., 1955.
2. Гельфер Я. М. Сохранение и превращение энергии в его историческом развитии. — М.: Учпедгиз, 1959.
3. Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. Т. 1. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950.
4. Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. Т. 2. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951.
5. Мениуткин Б. Н. Труды Ломоносова по физике и химии. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936.
6. Любимов Н. А. История физики. Опыт изучения логики открытий в их истории. Т. 1–3. 1892–1896.



12-я международная специализированная выставка КРИОГЕН-ЭКСПО Промышленные Газы



27-29 ноября 2013, Москва, ЦВК “Экспоцентр”, пав. 5



Организатор

Мир-Экспо
Выставочная компания

Проводится при содействии

- Международного института холода
- Международной академии холода
- Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА»



ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

- криогенное оборудование
- вакуумное оборудование
- насосное, компрессорное и теплообменное оборудование
- микроркриогенная техника
- водородные технологии
- гелиевые технологии
- производство промышленных, редких газов и CO₂
- применение криогенных технологий в промышленности
- СПГ-технологии
- метрология и средства измерения при низких температурах
- криогенная арматура, вспомогательное оборудование
- оборудование для хранения, транспортировки и потребления жидкостей и газов
- технологии генерации и использования озона
- on-site технологии, проектирование систем «под ключ»

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА: Десятая международная научно-практическая конференция
28 ноября 2013 «Криогенные технологии и оборудование. Перспективы развития»
Москва, ЦВК “Экспоцентр” Международная конференция «Промышленные газы»
павильон 5, зал 2 Международная конференция «Сжиженный природный Газ»

Информационная поддержка:



Дирекция выставки:

Москва, проспект Андропова, 22
Тел/факс: +7 499 618 0565, +7 499 618 3688
E-mail: info@cryogen-expo.ru
Сайт: www.cryogen-expo.ru | Твиттер: @cryoexpo_ru

