



М. В. Ломоносов

1711—1765

О природе теплоты

Идея о том, что теплота обусловлена движением мельчайших частиц, высказывалась еще античными философами. В XVII в. подобной точки зрения на природу теплоты придерживались почти все крупные физики, в том числе Декарт, Бойль, Гук, Ньютон. Однако дальнейшее развитие теплоты как самостоятельного раздела физической науки на рубеже XVII—XVIII вв. привело к почти повсеместному признанию существования «теплорода» — особой невесомой жидкости, ответственной за тепловые явления. Предпринятая Д. Бернулли попытка математически обосновать молекулярно-кинетические воззрения не получила поддержки со стороны западноевропейских ученых. Таково было положение дел, когда в 40-х годах XVIII в. М. В. Ломоносов приступил к исследованию «причин теплоты и холода».

Михаил Васильевич Ломоносов родился 19 ноября 1711 г. в семье крестьянина-помора в деревушке Мешанинской недалеко от Архангельска. Ломоносов с детства стремился к знаниям, но лишь в девятнадцать лет ему удалось начать систематическую учебу. Он изучал латынь и средневековую схоластику в первых русских высших учебных заведениях: Московской славяно-греко-латинской академии и Киевской духовной семинарии, а затем стал студентом университета при образованной в 1725 г. по приказу Петра I Петербургской Академии наук. Как одного из лучших студентов университета его посылают за границу для совершенствования образования в области металлургии. Пятилетнее пребывание за границей позволило Ломоносову основательно пополнить свои знания в точных науках и ознакомиться с научной деятельностью немецких университетов. Возвратившись в Россию с большими планами, он сразу же натолкнулся в Академии на враждебное отношение некоторых иностранцев. С этими «неприятелями наук российских» он боролся всю свою жизнь. В 1745 г. Ломоносов становится профессором химии. С этого времени начинается его активная научная и общественная деятельность.

Диапазон научных интересов Ломоносова был исключительно широк, его без преувеличения можно назвать энциклопедистом.

Он внес значительный вклад в развитие химии и химической технологии, географии, минералогии, геологии, астрономии. При этом Ломоносов был замечательным поэтом, одним из основателей современной системы русского стихосложения, художником, историком, экономистом, философом и просветителем.

Весьма плодотворна была деятельность М. В. Ломоносова и в области физики. Вдохновившись опытами Франклина, Ломоносов совместно с академиком Г. В. Рихманом начинает экспериментально изучать атмосферное электричество. На заре развития науки об электричестве ученый старается создать единую эфирную теорию электрических и световых явлений. Он выдвигает гипотезу о связи электрических и оптических явлений, намечая следующий опыт: «Будет ли луч света иначе преломляться в наэлектризованных стекле и воде?». Это замечание Ломоносова можно рассматривать как предвосхищение эффекта двойного лучепреломления в веществе, помещенном в электрическое поле, которое было открыто в 1875 г. Дж. Керром.

Не поддаваясь авторитету Ньютона, Ломоносов настойчиво пропагандировал волновую теорию света Гюйгенса. Стремясь к механическому объяснению распространения света, он построил оригинальную, хотя и фантастическую, теорию образования цветов.

Следует отметить заслуги Ломоносова в развитии астрономии и астрономической оптики. Он усовершенствовал телескоп Ньютона, предложил конструкцию оригинальной «ночезрительной трубы», позволявшей рассматривать объекты при недостаточном освещении. Ломоносову удалось открыть атмосферу Венеры во время наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца 26 мая 1761 г.

Однако центральное место в творчестве Ломоносова-физика занимают его работы в области атомистики и кинетической теории теплоты. Наиболее совершенный вид его взгляды по этим вопросам получают в работах «Размышления о причине теплоты и холода», «Опыт теории упругости воздуха» и «Прибавления к размышлениям об упругости воздуха». История их такова. Возвратясь из зарубежной командировки (1741), молодой ученый составляет план своих будущих физико-химических исследований, среди которых первой значится тема «О теплоте и холоде». 7 декабря 1744 г. Ломоносов представил для обсуждения на конференции Академии диссертацию «О причинах теплоты и холода», которая вскоре (январь 1745 г.) и была прочитана на заседании Академии, однако ее печатание было задержано. Противник Ломоносова, советник канцелярии Академии Шумахер, мечтая отстранить его от профессорской должности, отослал в Берлин ряд естественно-научных работ Ломоносова, включая и эту диссертацию, на отзыв Л. Эйлеру. Ответ от Эйлера был получен 21 ноября 1747 г. Вопреки ожиданиям Шумахера немецкий ученый дал высокую оценку работам Ломоносова, в том числе и «Размышлениям о причине теплоты и холода»:

«Все сии сочинения, — писал Л. Эйлер, — не токмо хороши, но и превосходны, ибо он изъясняет физические и химические материи, самые нужные и трудные, кои совсем неизвестны и невозможны были к истолкованию самым остроумным ученым людям, с таким основательством, что я совсем уверен в точности его доказательств. При сем случае я должен отдать справедливость господину Ломоносову, что он одарован самым счастливым остроумием для объяснения явлений физических и химических...».

Отзыв Эйлера оказался своевременным и способствовал укреплению авторитета Ломоносова в Академии. Все труды по физике и химии, представленные ученым в Канцелярию, были «признаны достойными» и включены в первый том «Новых Комментариев». Перед сдачей в набор в июле 1749 г. Ломоносов внес в «Размышления о причинах теплоты и холода» ряд дополнений, еще решительней подчеркнув свои атомистические взгляды. В обстановке почти всеобщего признания флогистонной теории теплоты Ломоносов смело и уверенно показывает, что теплота «заключается во внутреннем движении частичек материи». На основании своей теории теплоты он предсказывает существование нижней границы температур, при которой прекращается «внутреннее движение невидимых частиц». Умер М. В. Ломоносов 15 апреля 1765 г.

Размышления о причине теплоты и холода

§ 1. Очень хорошо известно, что теплота * возбуждается движением: от взаимного трения руки согреваются, дерево загорается пламенем; при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаливается от проковывания частыми и сильными ударами, а если их прекратить, то теплота уменьшается и произведенный огонь в конце концов гаснет. Далее, восприняв теплоту, тела или превращаются в нечувствительные частицы¹ и рассеиваются по воздуху, или распадаются в пепел, или в них настолько уменьшается сила сцепления, что они плавятся. Наконец, зарождение тел, жизнь, произрастание, брожение, гниение ускоряются теплотою, замедляются холодом. Из всего этого совершенно очевидно, что *достаточное основание теплоты заключается в движении*. А так как движение не может происходить без материи, то необходимо, чтобы *достаточное основание теплоты заключалось в движении какой-то материи*. (...)

§ 3. Так как тела могут двигаться двояким движением — *общим*, при котором все тело непрерывно меняет свое место при покоящихся друг относительно друга частях, и *внутренним*, которое есть перемена места нечувствительных частиц материи, так как при самом быстром общем движении часто не наблюдается

* Под этим именем мы понимаем и более напряженную ее силу, обычно называемую огнем.

теплоты, а при отсутствии такового движения наблюдается большая теплота, то очевидно, *теплота состоит во внутреннем движении материи.* <...>

§ 6. Внутреннее движение мы представляем себе происходящим трояким образом: 1) нечувствительные частицы непрерывно изменяют место или 2) вращаются, оставаясь на месте, или, наконец, 3) непрерывно колеблются взад и вперед на нечувствительном пространстве в нечувствительные промежутки времени. Первые мы назовем *поступательным*, второе — *вращательным*, третье — *колебательным* внутренним движением. Теперь следует рассмотреть, которое же из этих движений производит теплоту. Чтобы это выяснить, мы примем за основу следующие положения. 1) *То внутреннее движение не есть причина теплоты, отсутствие которого будет доказано в горячих телах.* 2) *Не является причиной теплоты и то внутреннее движение, которое имеет у тела менее горячего, чем другое тело, лишенное этого движения.* <...>

§ 8. Наоборот, частицы твердых тел, особенно более твердых иеорганических, оказываются соединенными такой тесной связью, что энергично сопротивляются внешней силе, стремящейся их разъединить. Вследствие этого им невозможно самопроизвольно, разрушив связь сцепления, отойти друг от друга и двигаться внутренним поступательным движением. Поэтому даже самые незначительные знаки, вырезанные на них, сохраняются веками и уничтожаются лишь от постоянного употребления, или от действия воздуха, или от перехода самого тела в жидкое состояние. В этом отношении хорошим доказательством служит пример золота, которое, будучи нанесено на поверхность серебряных изделий, долгое время остается на ней и стирается только от частого пользования. Наоборот, оно мгновенно оставляет поверхность и распространяется по всей массе серебра, как только серебряная позолоченная вещь плавится на огне. Все это ясно показывает, что частицы твердых тел, особенно более твердых и иеорганических, не имеют поступательного движения.

§ 9. Установив это, рассмотрим, во-первых, какой-нибудь серебряный сосуд или другой предмет из этого металла, покрытый золотом и снабженный самыми мелкими вырезанными знаками, нагретый до такой степени тепла, при которой кипит вода. Мы увидим золото на поверхности незатронутым и знаки нимало не изменившимися; самая твердость сосуда остается прежней, и этим совершенно исключена возможность отделения нечувствительных частиц. Отсюда совершенно очевидно, что тело может быть сильно нагрето без внутреннего поступательного движения. Во-вторых, сравним какой-нибудь очень твердый камень, например алмаз, нагретый до температуры плавления свинца (что мастера часто делают, собираясь его шлифовать, без всякого вреда или изменения драгоценного камня), с довольно холодной водою, растворяющей соль и тем самым еще более охлаждающейся, или со ртутью, разъедающей серебро. Первый

мы найдем очень горячим без внутреннего поступательного движения, а вода и ртуть, обладающие таким движением, показывают очень малую степень теплоты. Это самым наглядным образом свидетельствует, что весьма часто тела, обладающие внутренним поступательным движением, нагреты гораздо меньше, чем те, которые не обладают таковым движением. Отсюда в силу положений, приведенных в § 6, следует, что *внутреннее поступательное движение связанной материи не есть причина теплоты.*

§ 10. Из определения внутреннего колебательного движения (§ 6) ясно видно, что при таком движении частицы тел не могут быть в сцеплении друг с другом. Хотя расстояния, на которых совершаются их крайне малые колебания, весьма незначительны, однако невозможно, чтобы при этом частицы не лишились взаимного касания и по большей части не оказывались вне его. Для ощутимого сцепления частиц тела требуется непрерывное взаимное соприкосновение их; следовательно, частицы тела не могут находиться в ощутимом сцеплении, если они сотрясаются внутренним колебательным движением. Но так как большинство тел при нагревании до огненного каления сохраняет очень сильное сцепление частей, то очевидно, что *теплота тел не происходит от внутреннего колебательного движения связанной материи (§ 6).*

§ 11. Итак, после того как мы отвергли поступательное и колебательное внутренние движения, с необходимостью следует, что *теплота состоит во внутреннем вращательном движении (§ 6) связанной материи (§ 4)* — ведь необходимо приписать ее которому-нибудь из трех движений.

§ 12. Здесь можно, однако, задать вопрос: могут ли частицы твердых тел, находясь в непрерывном и совершенном сцеплении, вращаться одна около другой? Чтобы ответить на него, достаточно вспомнить, что два куска мрамора, сложенные полированными поверхностями, легко движутся по отношению друг к другу и этому нисколько не препятствует взаимное сильное сцепление; также стеклянные чечевицы при шлифовке столь плотно пристают к быстро вращающимся формам, что не могут быть сдвинуты по линии, перпендикулярной плоскости касания, без норчи их. Приняв это во внимание, мы можем ясно представить себе, что мельчайшие частицы тел могут вращаться одна вокруг другой, несмотря на сцепление, тем легче, чем в меньшем отношении находятся их плоскости соприкосновения ко всей поверхности. Что касается жидкостей, то вполне очевидно, что их частицы, которые в большинстве движутся внутренним поступательным движением, вследствие отсутствия сопротивления, производимого сцеплением, могут иметь и вращательное движение, сохраняя первое.

§ 13. Из этой нашей теории выводятся такие следствия:

1. Для нашего теплотворного движения самой подходящей является шарообразная форма корпускул материи, так как такие

частицы могут взаимно касаться только в одной точке и не производят по отношению друг к другу почти никакого трения.

2. Так как каждое движение, будучи величиной, может увеличиваться и уменьшаться, то надо то же предполагать и для теплотворного движения. Но чем больше это движение, тем значительно будет его действие. Отсюда при увеличении теплотворного движения, т. е. при более быстром

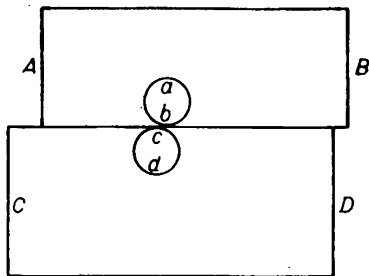


рис. 61

вращении частиц связанной материи, теплота должна увеличиваться, а при более медленном — уменьшаться.

3. Частицы горячих тел вращаются быстрее, более холодных — медленнее.

4. Горячие тела должны охлаждаться при соприкосновении с холодными, так как оно замедляет теплотворное движение частиц; наоборот, холодные тела должны нагреваться вследствие ускорения движения при соприкосновении. Итак, когда рука ощущает теплоту в каком-либо теле, то частицы связанной материи руки приводятся в более быстрое вращательное движение, а при ощущении холода их вращательное движение замедляется.

§ 14. Нет более надежного способа доказательства, чем способ математиков, которые подтверждают выведенные а priori положения примерами и проверкой а posteriori. Поэтому мы, чтобы развить далее нашу теорию, по примеру математиков объясним важнейшие явления, наблюдаемые для огня и теплоты, и тем подтвердим полную правильность выдвинутого в § 11 положения.

§ 15. *Явление 1.* При взаимном трении твердых тел одно из них движется по другому и скребет его [рис. 61]; отсюда следует, что частицы, расположенные на поверхностях трения, ударяются друг о друга. Итак, пусть тело AB движется по телу CD из B в A . Частица ab частью своей поверхности b ударяет в часть c поверхности частицы cd , так что частица ab возбуждает движение частицы cd , и, наоборот, частица cd силою своего соприкосновения возбуждает к обратному движению частицу ab . Так как и та и другая входят в состав твердого тела, то они не могут оставить своего места и двигаться поступательно, но движение тела AB не прекращается. Следовательно, частица cd будет двигаться вокруг своего центра в том направлении, в каком ее толкает частица ab , а частица ab — около своего центра в том направлении, в котором ее задерживает частица cd , т. е. обе будут двигаться вращательно. Когда, таким образом, придут во вращательное движение отдельные частицы, которые расположены в плоскости трения, то вследствие распространения трения придут во вращательное движение и остальные частицы,

составляющие тела AB и CD . Отсюда ясно, каким образом твердые тела нагреваются от взаимного трения. Далее, происходят такие следствия.

Явление 2. Чем сильнее при трении сжимаются поверхности тел AB и CD и чем скорее они движутся друг возле друга, тем сильнее возбуждаются к вращательному движению частицы ab и cd и тем быстрее разогреваются тела.

Явление 3. Так как частицы жидких тел очень слабо сцеплены друг с другом и очень легко уходят со своего места, то частицы ab и cd , если они находятся на поверхности жидких тел, уступая место друг другу, не могут воспринять то вращательное движение, которое получают частицы, входящие в состав твердого тела. Вследствие всего этого жидкие тела не только не нагреваются заметным образом от трения, возникающего между массами взбалтываемой жидкости, но не нагреваются заметным образом и твердые тела, если поверхность их смочена жидкостью. (...)

§ 26. Здесь представляется уместным указать и причину расширения тел, которые обыкновенно увеличиваются и уменьшаются соответственно их теплоте. Но так как расширение происходит не непосредственно от теплоты, но от упругости воздуха, включенного в поры тела, то мы оставляем рассмотрение этого явления до другого раза. Далее, нельзя назвать такую большую скорость движения, чтобы мысленно нельзя было представить себе другую, еще большую. Это по справедливости относится, конечно, и к теплотворному движению; поэтому невозможна высшая и последняя степень теплоты как движения. Наоборот, то же самое движение может настолько уменьшиться, что тело достигает, наконец, состояния совершенного покоя и никакое дальнейшее уменьшение движения невозможно. Следовательно, по необходимости должна существовать наибольшая и последняя степень холода, которая должна состоять в полном прекращении вращательного движения частиц.

§ 27. Итак, хотя высшая степень холода возможна, однако нет недостатка в данных, говорящих о том, что таковая на земноводном шаре нигде не существует. Действительно, все, что нам кажется холодным, лишь менее тепло, чем наши органы чувств. Так, самая холодная вода еще тепла, так как лед, в который вода превращается на более сильном морозе, холоднее ее, т. е. менее тепел. Если плавящийся воск действительно горяч, то почему воде, которая кажется нам очень холодной, на самом деле не быть теплой — она ведь не что иное, как расплавленный лед. Не следует, однако, считать замерзание тел признаком наибольшего холода: ведь металлы, затвердевшие тотчас после плавления, представляют собою своего рода лед, но они настолько горячи, что зажигают приближенные к ним горячие тела. Впрочем, существуют жидкие тела, которые не замерзают ни при какой известной степени холода. Так как их жидкое состояние обусловлено теплотворным движением (§ 24), то ясно, что эти жидкие тела всегда в какой-то степени обладают теплотою. Далее, тела

обыкновенно имеют степень теплоты, присущую среде, в которой они находятся значительное время. А так как воздух, всегда и везде наблюдаемый, жидок, т. е. (в силу показанного) тепел, то все тела, окруженные земной атмосферой, хотя бы и казались чувствам холодными, теплы; и поэтому высшей степени холода на нашем земноводном шаре не существует.

§ 28. Таким образом, мы доказали а priori и подтвердили а posteriori, что причиною теплоты является внутреннее вращательное движение связанной материи. Теперь переходим к рассмотрению мнений, которые большинство современных ученых высказывают относительно теплоты. В наше время причина теплоты приписывается особой материи, которую большинство называет теплотворной, другие — эфиром, а некоторые — элементарным огнем. Говорят, что тем большее количество ее находится в теле, чем бóльшая степень теплоты в нем наблюдается, так что в соответствии со степенью теплоты данного тела количество теплотворной материи в нем увеличивается или уменьшается. И хотя иногда принимают, что теплота тела увеличивается силою движения этой вошедшей в нее материи, но чаще всего считают истинной причиною увеличения или уменьшения теплоты простой приход или уход разных ее количеств. Это мнение в умах многих пустило такие глубокие корни и настолько укрепилось, что повсюду приходится читать в физических сочинениях о внедрении в поры тел названной выше теплотворной материи, как бы привлекаемой каким-то приворотным зельем; или, наоборот, о бурном выходе ее из пор, как бы объятаго ужасом. Поэтому мы считаем нашей обязанностью подвергнуть эту гипотезу проверке. Прежде всего надо осветить источники, из которых проистекало это мнение. Важнейшие из них четыре, которые следовало бы скорее обратить на истолкование других явлений природы.

§ 29. После того как ученые начали более внимательно изучать явления, связанные с нагреванием тел, они легко заметили, что при увеличении теплоты растет и объем каждого тела. И так как они точно знали, что к телам не прибавилось ничего, кроме теплоты, а в умах еще крепко держалось представление древних об элементарном огне, то они не поколебались заключить, что при накаливании в поры тел входит какая-то материя, свойственная огню, и расширяет их, а при выходе ее тела охлаждаются и сжимаются. Охотно согласились бы мы с ними, если бы было так же легко, как предположить это, показать, что именно теплотворная материя загоняется во внезапно нагревающиеся тела. Каким образом, спрашивается, в самую холодную зиму, когда все охвачено лютым морозом, или в самой холодной морской глубине*, где, согласно этой гипотезе, теплотворной материи почти совершенно нет, порох, зажженный малейшей внезапно зародившейся искрою, вспыхивает вдруг огромным пламенем? Откуда и в силу какой удивительной способности материя эта

* Бургава. Элементы химии. Ч. 2. Из Синклера. О тяжести. С. 301.

мгновенно стягивается в одно место? Но пусть она слетается столь стремительно, по какой бы то ни были причине, из самых отдаленных мест и, зажигая, расширяет порох. Но ведь в этом случае необходимо, или чтобы другие тела, окружающие порох, раньше его нагрелись от прилетевшего огня и расширились, или чтобы этот летучий огонь ничего, кроме пороха, не мог зажигать и расширять, т. е. должен был бы позабыть свою природу. Первое, очевидно, противоречит опыту, а второе — здравому смыслу. <...>

§ 34. На основании изложенного мы утверждаем, что нельзя приписывать теплоту тел сгущению какой-то тонкой, специально для того предназначенной материи, но что теплота состоит во внутреннем вращательном движении связанной материи нагретого тела. При этом мы не только говорим, что такое движение и теплота свойственны и той тончайшей материи эфира, которой заполнены все пространства, не содержащие чувствительных тел, но и утверждаем, что материя эфира может сообщать полученное от Солнца теплотворное движение нашей Земле и остальным телам мира и их нагревать, являясь той средой, при помощи которой тела, отдаленные друг от друга, сообщают теплоту без посредничества чего-либо осязательного. <...>

Комментарий

Перевод с латинского диссертации М. В. Ломоносова «Размышления о причине теплоты и холода» выполнен Б. Н. Меншуткиным. Первая публикация диссертации: *Novi Commentarii Academiae scientiarum imperialis Petropolitanae*. Т. 1, 1750, р. 206—229. Отрывки из диссертации воспроизводятся по изданию: Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. Т. 2. Труды по физике и химии. 1747—1752 гг. М. — Л., 1951.

¹ Так Ломоносов называет молекулы.

Литература

- [1] Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. В 11 т. М. — Л., 1950—1983.
- [2] Вавилов С. И. Михаил Васильевич Ломоносов. М., 1961.
- [3] Елисеев А. А., Литинецкий И. Б. М. В. Ломоносов. Первый русский физик. М., 1961.
- [4] Кузнецов Б. Г. Творческий путь Ломоносова. М., 1961.

Голин Г. М., Филонович С. Р.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3