



МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ
ЛОМОНОСОВ
(1711—1765)

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

К 250-летию со дня рождения М. В. Ломоносова

М. В. ЛОМОНОСОВ И РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ

Б. И. Спасский

Научная деятельность в области физики первого русского академика, основоположника естествознания в России М. В. Ломоносова протекала в середине XVIII столетия.

XVIII столетие для физики было временем, когда эта наука, сформировавшись как самостоятельная область естествознания, переживала первый период своего развития. Этот период характеризовался прежде всего тем, что физика накапливала естественнонаучный фактический материал и на основе добытых конкретных знаний устанавливала частные закономерности, охватывающие лишь ограниченный круг физических явлений.

Различные физические формы движения изучались физикой по отдельности. Фактически физика делилась на ряд разделов — механику, учение о теплоте, учение об электричестве, учение о магнетизме и т. д., которые развивались самостоятельно без должной связи между собой.

Такое раздельное изучение физических явлений покоилось на господствовавшем тогда представлении о так называемых невесомых материях. Согласно этому представлению каждой физической форме движения ставилась в соответствие специфическая невесомая жидкость (теплород, световые частицы, электрические жидкости и т. д.). Полагали, что, в отличие от обычного вещества, сила тяготения на эти материи не действовала. На основе представлений о невесомых физики XVIII в. пытались объяснить все физические явления.

Несмотря на господство такого рода взглядов, среди физиков середины XVIII в. еще чувствовались отголоски иного взгляда на явления природы — картезианства, под влиянием которого в значительной степени происходил процесс освобождения естествознания от мировоззрения средних веков.

Декарт — основоположник картезианства, — в отличие от естествоиспытателей XVIII в., считал необходимым создать общую картину природы, согласно которой все физические и другие явления природы объяснялись бы как результат движения больших и малых частиц, образованных из единой материи. Не имея возможности опираться на сколько-нибудь достаточный экспериментальный материал, Декарт и его последователи злоупотребляли гипотетическими рассуждениями, которые нельзя было проверить экспериментально или же экспериментальная проверка которых давала отрицательный результат.

Основной удар картезианским взглядам в конце XVII в. нанес Ньютон. Если картезианцы пытались объяснить движение планет и силу тяжести, основываясь на представлении, что всякое действие возможно только при прямом соприкосновении, то Ньютон исходил из дальнего действия. В основу всей небесной механики он положил закон всемирного тяготения, который давал количественную характеристику взаимодействия тел на расстоянии; при этом Ньютон принципиально отказался от объяснения самого механизма действия этого закона. Борьба между картезианцами и ньютоновцами закончилась победой Ньютона и его последователей, после чего и сформировалось общее физическое направление, основанное на представлении о невесомых жидкостях. К середине XVIII в. оно стало господствующим среди физиков.

Только начиная с первых десятилетий XIX в. положение в физике начинает изменяться. Развивается новый подход к исследованию физических явлений. Постепенно все более широко начинают исследоваться явления, в которых осуществляются процессы превращения одних форм движения в другие. Концепция невесомых начинает разрушаться. Окончательная ее ликвидация происходит вместе с открытием и всеобщим признанием закона сохранения и превращения энергии, который связывает воедино все физические процессы. Физические явления теперь представляются как различного рода формы движения, способные в определенных количественных соотношениях превращаться друг в друга. На первых порах эти формы движения рассматриваются как механические. Задача теперь заключается в выяснении особенностей этих движений. Этому вопросу посвящаются усилия физиков второй половины XIX в. И только новые открытия в начале нашего столетия приводят к сознанию невозможности выполнения этой задачи.

Научная деятельность Ломоносова протекала в то время, когда концепция невесомых заняла господствующее положение в физике. Подавляющее большинство физиков того времени уже сроднились с этой концепцией. Только единицы шли своим оригинальным путем. Среди этих ученых самое видное место занимает Ломоносов.

По ряду причин Ломоносов как физик был глубоко отличен от своих современников. В науке он не пошел тем путем, которым шло большинство физиков его времени. Он встал выше своего времени. С гениальной прозорливостью он выбрал новый путь для науки, тот путь, на который физическая наука встала позже, в XIX в., и на котором она достигла больших успехов.

Ломоносов сумел высказать ряд новых положений, новых гипотез, сделать ряд новых открытий, которые предвосхищали достижения физики следующего, XIX в. В результате его физические взгляды оказались ближе к физике XIX в., нежели к физике своего времени.

Ломоносов был непримиримым противником концепции невесомых. Он не желал измышлять невесомых материй, как это делали в его время. Единственная невесомая материя, которую он признавал, был эфир. Весомая материя, состоящая из нечувствительных частичек, как он называл атомы, и эфир — вот все, что существует и из чего состоит вся окружающая действительность, по Ломоносову.

Отказавшись от признания невесомых материй, Ломоносов, вопреки мнениям большинства своих современников, рассматривал все физические явления как результат движения больших и малых масс весомой материи и эфира. Но такая точка зрения стала основой теоретических воззрений физиков лишь во второй половине XIX в. К этому времени восторжествовала волновая теория света, рассматривающая свет как распространяющиеся механические возмущения в эфире, начала развиваться кинетиче-

ская теория теплоты, возникла электромагнитная теория поля, первоначально представлявшая электрические и магнитные процессы как результат механических движений, происходящих в эфире.

Хорошо известно, что Ломоносов уже в середине XVIII в. рассматривал теплоту как движение мельчайших частичек весомых тел. При этом Ломоносов не просто высказал эту гипотезу, но обосновал ее и написал целую работу «Размышление о причине теплоты и холода», разработав эту гипотезу до состояния научной теории.

После Ломоносова долгое время, вплоть до середины XIX в., кинетическая теория тепла совсем не развивалась. Правда, среди физиков, особенно в XIX в., были ученые, которые высказывались против теории теплорода, за гипотезу о том, что теплота есть движение атомов, однако дальше отдельных высказываний они не шли.

О том, что существует взгляд на теплоту как на движение наряду со взглядом на нее как на невесомую материю, указывалось также в различного рода курсах физики, в справочных изданиях и т. д. Так, например, в одном из распространенных справочных изданий XIX в., в физическом словаре, составленном Геллером, в статье «Теплота»¹ излагались различные воззрения на природу теплоты, в том числе довольно подробно излагалась и теория Ломоносова. Однако при изложении взглядов на теплоту как движение обычно делались замечания о том, что взгляды эти устарели и являются пройденным этапом, примерно так же, как теперь говорится о теории эфира. Именно так оценивал теорию Ломоносова автор статьи «Теплота» в словаре Геллера.

Только в середине XIX в. кинетическая теория теплоты начинает развиваться и выделяться в целый новый раздел физики. Интересно отметить, что ряд самых первых работ по кинетической теории тепла в это время как бы является прямым продолжением работ Ломоносова, поскольку исходят из тех же конкретных взглядов на природу теплового движения, что и Ломоносов.

Не признавая существование дальнедействующих сил, Ломоносов полагал, что частицы, составляющие твердые тела, должны находиться в соприкосновении. В противном случае, согласно Ломоносову, тело как целое не могло бы существовать. В связи с такими взглядами на строение твердого тела Ломоносов и пришел к мысли о том, что тепловое движение в твердых телах, а значит, вообще во всех телах, должно состоять во вращательном движении его частичек, ибо только при таком движении не нарушается контакт между частицами.

Вот эта общая гипотеза Ломоносова о характере теплового движения, правда, уже без указанного выше обоснования, встречается в ряде первых работ, посвященных кинетической теории тепла в середине XIX в.

Так, например, в одной из работ Джоуля, написанной в 1844 г.², в которой высказывается точка зрения на теплоту как на движения, автор полагает, что эти движения являются вращательными. Джоуль считает, что молекулы в телах окружены некой электрической атмосферой. Вращательное движение этих атмосфер, по мнению Джоуля, и есть теплота. При этом угловая скорость вращения этих атмосфер пропорциональна температуре. Позже, в 1851 г., Джоуль, сравнивая гипотезу о тепловом движении как о вращательном с гипотезой о поступательном движении и используя вторую, тем не менее писал: «Я буду исходить из предположения, что гипотеза вращательного движения в равной мере хорошо согласуется с явлениями»³.

Гипотезу о том, что тепловое движение является вращательным движением частиц тела, очень широко использовал английский физик

и инженер Ранкин, которому принадлежит большое число работ по термодинамике и кинетической теории материи.

В работе 1850 и последующих лет⁴, опираясь на гипотезу, аналогичную гипотезе Джоуля, он предпринял попытку построить молекулярную теорию тепла и, в частности, даже дать молекулярно-кинетическое толкование второму закону термодинамики.

Взгляды Ломоносова на оптические явления также расходились со взглядами большинства его современников и также оказались созвучными взглядам физиков XIX в. Воззрение на свет как на распространяющиеся возмущения во всепроникающей среде — эфире возникло еще в XVII в. В этот же период возникла и противоположная точка зрения, рассматривающая свет как поток особого рода невесомых — световых частиц. После работ Ньютона, который фактически встал на вторую точку зрения и защищал корпускулярную теорию света, большинство физиков последовали за ним и господствующее положение в науке заняла корпускулярная теория света; такое положение продолжалось вплоть до 30-х годов XIX столетия. Только весьма малое число физиков в XVIII в. придерживались волновой теории света. На воззрения этих физиков смотрели как на своего рода анахронизм. Именно так расценивали взгляды Эйлера, который в XVIII в. выступал в защиту волновой теории и пытался дать ей дальнейшее развитие. Пристли в своей книге «История и современное состояние оптики», вышедшей во второй половине XVIII в., писал: «...никто, однако, не оспаривал ньютоновскую теорию с таким усердием и энергией, как знаменитый математик г. Эйлер, вызвавший снова к жизни и защищавший гипотезу Гюйгенса, согласно которой свет заключается в колебаниях, распространяющихся от светящихся тел в тонкой эфирной среде»⁵.

Ту же характеристику как энергичному приверженцу волновой теории света, которую дал Пристли Эйлеру, можно дать с полным правом и Ломоносову. В ряде своих работ, особенно в работе, специально посвященной вопросам оптики, в «Слове о происхождении света, новую теорию о цветах представляющем», он резко нападает на корпускулярную теорию света и защищает волновую.

Он приводит ряд соображений против корпускулярной теории, говорящих в пользу волновой теории. Часть из этих соображений совпадает с аргументами, приведенными Эйлером против теории Ньютона в его известных «Письмах к немецкой принцессе», вышедших в 1767—1772 гг., уже после смерти Ломоносова. Ломоносов, например, указывает, что с точки зрения корпускулярной теории света непонятно, как могут световые лучи одновременно пронизывать какое-либо прозрачное тело в разных направлениях, не мешая друг другу. Вокруг алмаза, пишет Ломоносов, можно поставить тысячи свечей, так что тысячи пучков света будут пересекать друг друга и при этом ни один луч не будет мешать другому. По мнению Ломоносова, этот факт противоречит корпускулярной теории света, что же касается волновой теории, то он объясняется сам собой, так как волны проходят в разных направлениях через одну и ту же точку пространства, не мешая друг другу.

Касаясь этого вопроса в другом аналогичном случае, Ломоносов высказывает интересные соображения: «Тоже нашим глазам показывают волны вод: так, если при спокойном воздухе бросить в разные места водной поверхности камни, то каждый в отдельности вызывает собственные волны, направляющиеся в прямом направлении от точки падения во все стороны навстречу друг другу. Они непрерывно то поддерживают, то взаимно ослабляют друг друга, но продолжают до тех пор, пока приложенная сила не притушится по другим причинам»⁶. Если бы Ломоносов остановился

на данном вопросе более подробно и рассмотрел случай встречи волн, приходящих в одну точку в различных фазах, то весьма возможно, что он пришел бы к принципу интерференции волн, который был открыт английским физиком Юнгом позднее, на рубеже XVIII—XIX вв.

Ломоносов сформулировал и другое интересное возражение против корпускулярной теории света. Возьмите песчинку, говорит он, и положите ее на солнце. В эту песчинку, по теории Ньютона, потекут световые частицы. Как бы долго ни продержат на солнце эту песчинку, но если затем ее унести в темное помещение, она нисколько не будет светиться. Спрашивается: куда же деваются все световые частицы, которые попали в песчинку? Ведь они не отражались от нее, так как черные тела поглощают все световые лучи, падающие на них. «Черные материи,— пишет Ломоносов,— приходящих к себе лучей ни назад не отвращают, ни сквозь себя не пропускают» и добавляет:— «Скажите мне, любители и защитители мнения о текущем движении материи, свет производящая, куда она в сем случае скрывается?»⁷.

Это возражение против корпускулярной теории света являлось весьма существенным. Особый же интерес его заключается в том, что Ломоносов здесь касается явления поглощения света. Оказывается, Ломоносов интересовался вопросом поглощения света и еще более того вопросом о связи между поглощательной и излучательной способностями тел. Об этом говорит целый ряд его замечаний.

Прежде всего, Ломоносов подчеркивал, что от раскаленного тела распространяется не только свет, но и тепловые лучи. Он установил, что разные тела по отношению к поглощательной и отражательной способности ведут себя отлично для света и тепловых лучей. Он, например, писал, что лучи Солнца, будучи отражены от Луны и собраны в фокусе зажигательного стекла, хотя «светят весьма живо и ясно, но теплоты чувствительной не производят»⁸. Это он объяснял тем обстоятельством, что от поверхности Луны хорошо отражаются световые лучи и плохо — тепловые.

Ломоносов также указывал на опыт, проделанный им самим. Он писал: «Зажигательное сильное зеркало, покрытое черным лаком, производит в зажигательной точке свет превеликий, жару — ни мало, ясно показывая, что коловратное движение эфира в черной материи утомилось, зыблющееся безпрепятственно осталось»⁹. Напомним, что по гипотезе Ломоносова световые лучи являются волнами в эфире, а тепловые — распространением вращательного движения его частиц, следовательно, он утверждает, что световые лучи хорошо отражаются от упомянутого зеркала, а тепловые поглощаются им.

В истории физики считается, что понятие теплового излучения или лучистой теплоты было введено шведским ученым Шееле в 1777 г., впервые употребившим термин «лучистая теплота». Шееле установил существование тепловых лучей, подобных световым, выяснил, что стеклянное зеркало отражает световые лучи и не отражает тепловые, а металлическое зеркало отражает и те и другие, и т. д.

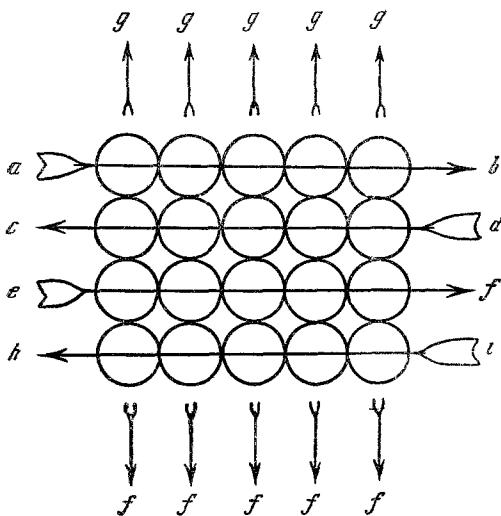
Затем исследованиями тепловых лучей занимались: швейцарские ученые Пикте и Прево, а также немецкий астроном Гершель. Они подтвердили выводы Шееле и открыли ряд новых свойств теплового излучения. Однако еще в начале XIX в. факт существования тепловых лучей оспаривался англичанином Лесли, который отрицал возможность передачи тепла через пустое пространство.

Вышеприведенные исследования Ломоносова по тепловому излучению и высказанные им при этом соображения заставляют нас признать, что его следует зачислить в число предшественников Шееле и других ученых, изучавших тепловое излучение.

Занимаясь оптическими исследованиями, Ломоносов разработал также и теорию цветов. Эта теория, естественно, была примитивной, она основывалась на гипотезе существования трех видов частиц эфира и соответственно пяти видов частиц обычного вещества — основных элементов. Мы не излагаем здесь эту теорию. Отметим только интересный факт, что из этой теории следовало существование связи между испускательной и поглощательной способностями тел. Точнее, из этой теории вытекало, что спектральный состав лучей, которые тело способно поглощать и которые оно излучает, будучи нагрето, один и тот же. Если, например, тело поглощает красные лучи, то оно при нагревании должно испускать также красные лучи. Таким образом, хотя и в примитивной форме, в теории Ломоносова содержится правильная

идея о связи между поглощательной и испускательной способностями тел.

В связи с теорией света и цветов Ломоносова следует отметить еще одно интересное обстоятельство. Ломоносов не считал световые волны волнами сгущения и разрежения эфирной среды, подобно звуковым волнам, являющимся волнами сгущения и разрежения воздуха. В случае звука подобные волны могут иметь место, по мнению Ломоносова, потому, что частицы воздуха находятся на «чувствительных» расстояниях друг от друга, между тем как частички эфира соприкасаются между собой.



В качестве подтверждения этого предположения Ломоносов приводит факт несравненно большей скорости распространения света по сравнению со скоростью звука.

Подобные соображения могли бы привести к мысли о том, что световые волны, в отличие от звуковых, являются поперечными. И действительно, мысль о поперечности световых волн была высказана Ломоносовым, хотя он ее специально и не подчеркивал. Набрасывая схему механизма распространения волн в эфире, он высказывает мысль о том, что направление распространения возмущений в эфирной среде перпендикулярно к этим возмущениям. Он пишет: «Пусть будет движение в частицах эфира таким порядком, что когда ряды их *ab* и *ef* тряхнутся от *a* и *e* к *b* и *f*, в то самое время ряды *cd* и *hi* тряхнутся в противную сторону из *d* и *i* к *c* и *h*. Чрез сие должно воспоследовать сражению частиц и движению в стороны *fi* и *g* ближних частиц эфира, и так повсюду свет разливаться и со всех сторон видим быть может»¹⁰ (см. рисунок).

Идея о поперечности световых волн была высказана в XIX в. Юнгом и Френелем и впервые применена для объяснения явлений, связанных с интерференцией поляризованных лучей, а затем использована Френелем при построении волновой теории света. Как известно, эта идея встретила первоначально большое сопротивление со стороны многих физиков того времени.

В области исследования электрических явлений главная заслуга Ломоносова заключается в разработке теории образования атмосферного элект-

тричества. В этой теории, как неоднократно подчеркивалось, он в самых общих чертах высказывал правильную гипотезу о механизме образования атмосферного электричества, которая была вновь высказана и начала развиваться значительно позже, уже во второй половине XIX в. Однако Ломоносов не ограничился исследованием только атмосферного электричества. В его работах и заметках содержится попытка набросать и общую теорию электрических явлений.

Сущность электрических явлений Ломоносов видел в движении того же самого эфира, движением которого он объяснял оптические явления. По мнению Ломоносова, электрические явления объясняются вращательным движением частиц эфира. Такого рода движения весьма легко возбуждаются трением, и оно способно передаваться внутри «чувствительных тел» частичками эфира, заключенными в порах этих тел. Если же такого рода движения передаются эфиру, окружающему обычные тела, то в соответствии с оптическими взглядами Ломоносова должны происходить явления, связанные с выделением тепла и излучением света; например, может проскакивать искра, наблюдаться свечение в «шаре, из которого вытянут воздух», и т. д. «Сим орудием электрическая сила действует и ясно представлена, истолкована и доказана быть может без помощи непонятно вбегающих и выбегающих без всякой причины противным движением чудотворных материй»¹¹, — замечает Ломоносов.

Теория электричества Ломоносова была, вероятно, первой теорией, в которой электрические явления объяснялись движением эфира. До работ Ломоносова в вопросе о сущности электричества господствовала точка зрения, согласно которой электрические явления объяснялись истечением особого рода электрических жидкостей из наэлектризованных тел. Несколько иначе к вопросу о природе электричества подошел Франклин. Он полагал, что электрические явления можно объяснить, если принять существование электрической жидкости, между частицами которой, а также между ними и частицами вещества действуют силы притяжения и отталкивания. Однако Франклин одновременно предполагал, что наэлектризованные тела окружены некой «электрической атмосферой».

Объяснить электрические явления действием эфира пытался, кроме Ломоносова, и Эйлер, который полагал, что в наэлектризованном теле плотность эфира отличается от плотности эфира в окружающем пространстве. Если плотность эфира в теле больше, чем плотность в окружающем пространстве, то тело наэлектризовано положительно, если меньше — то отрицательно.

Однако еще при жизни Ломоносова появилось новое воззрение на электрические явления, основанное на допущении дальнедействующих сил, действующих между частицами электрической материи, а также между последними и частицами весомых тел. Начало этому направлению положил петербургский академик Эпинус, а после того как был установлен закон Кулона, этот взгляд стал общепринятым. Он продержался вплоть до работ Максвелла, который, следуя идеям Фарадея, вновь возродил представление о том, что сущность электрических явлений заключается в движении эфира.

В связи со сказанным выше мы можем с полным правом считать Ломоносова основоположником того самого направления в учении об электричестве, которое уже во второй половине XIX в. привело к созданию теории электромагнитного поля, и полагать его в этом отношении предшественником Фарадея и Максвелла. При этом следует особенно подчеркнуть то обстоятельство, что Ломоносов высказал идею и о единой природе оптических и электрических явлений. И те и другие явления, по Ломоносову, есть результат движения одного и того же эфира. В этом

отношении Ломоносова следует также рассматривать как предшественника Максвелла, разработавшего идею об электромагнитной природе света.

Особенно ценным является то обстоятельство, что идея о единой природе электрических и оптических явлений у Ломоносова не являлась простым «измышлением». Известно, что Ломоносов пришел к этой идее в результате целого ряда проделанных им самим опытов.

В заметках Ломоносова можно найти немало записей его наблюдений или указаний на предполагаемые опыты, имеющие целью исследовать связь между электрическими и оптическими явлениями. Так, например, Ломоносов собирался «отведать в фокусе зажигающего стекла или зеркала электрической силы; испробовать, будут ли цвета радуги ярче в горячей воде или холодной или наоборот. То же в воде наэлектризованной и простой». Очень интересный опыт, который Ломоносов собирался проделать, был направлен к выяснению связи между электричеством и светом; он заключался в проверке: «Будет ли луч света иначе преломляться в наэлектризованном стекле и воде?» Подобный эксперимент, как известно, был произведен в 1875 г. Керром, который установил явление двойного лучепреломления в электрическом поле.

Характерной чертой Ломоносова являлось стремление установить связь не только между электрическими и оптическими явлениями, но исследовать связи между физическими явлениями различной природы, а также между физическими и химическими явлениями.

Оптические и электрические опыты, по мнению Ломоносова, должны были производиться для выяснения свойств не только света и электричества, но и свойств самих тел, их молекулярного строения, химического состава и т. д. И наоборот, химические исследования должны были помочь выяснению природы света и электричества. Вообще экспериментальные исследования, по Ломоносову, следует ставить так, чтобы изучение одних явлений было связано с изучением других.

В планах опытных исследований Ломоносова мы встречаемся со множеством предполагаемых экспериментов подобного рода. Например: «Будет ли наэлектризованное олово плавиться при меньшей степени огня?», «изучать преломление солнечных лучей в растворах сравнительно с таковым в воде», «приносит ли что-нибудь электрическая сила к растворению солей?», «каков будет цвет электрических искр и пламень, вызванный в растворах солей и в соляных жидкостях?», «наблюдать, способствует ли электрическая сила кристаллизации или мешает», «ускоряет ли осаждение электрическая сила?» и т. д.

Подобные опыты не были характерными и общепринятыми для того времени, когда жил Ломоносов. Они стали характерными для науки XIX в., когда перед физикой встали новые задачи, задачи исследования связей между отдельными физическими явлениями.

Одним из основных принципов Ломоносова, которым он руководствовался в своих исследованиях по физике и химии, был принцип неуничтожаемости и несотворимости материи и движения. Этот общий принцип как принцип сохранения основных величин в природе Ломоносов впервые сформулировал в письме к Эйлеру. Вот хорошо известная формулировка этого принципа: «Все встречающиеся в природе изменения происходят так. что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю от бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому»¹².

Это общее положение применительно к материи и движению не являлось новым. Идея о сохранении материи зародилась еще в Древней Греции, а затем была воспринята большинством естествоиспытателей и философов XVII—XVIII вв. Она была тесно связана с учением об атомах, согласно которому атомы не исчезают и не творятся из ничего, а все изменения в природе происходят в результате соединения и разъединения их.

Однако, несмотря на то, что эта идея имела довольно широкое распространение, она еще не подвергалась экспериментальной проверке и не оформилась в виде конкретного естественнонаучного закона. Кроме того, в концепциях, в которых признавалось существование невесомых материй, было не ясно, как гипотеза о невесомых согласуется с общей идеей о несотворимости и неуничтожаемости материи вообще. И вот Ломоносов сделал первый решающий шаг в направлении установления естественнонаучного закона — закона сохранения вещества, являющегося конкретным выражением общего принципа сохранения материи.

В 1673 г. английский ученый Роберт Бойль сообщил о своих опытах по определению весомости огня, который он рассматривал как особую материю, обуславливающую нагретость тела. Он нагревал запаянные реторты со свинцом, взвешивал свинец до нагревания и после и обнаружил, что вес свинца увеличивается. Отсюда он сделал вывод, что во время прокаливании свинца через стенки реторты проникала материя огня, которая, прибавляясь к свинцу, превращала его в окалину и увеличивала его вес. В последующее время, в связи с развитием флогистонной теории горения, по которой металлы считались соединением окалины с флогистоном, результаты опыта Бойля нужно было бы объяснить тем, что при нагревании из окалины свинца выходит флогистон, который обладает отрицательным весом.

Уже в своей работе «Размышление о причине теплоты и холода» Ломоносов не согласился с бойлевским объяснением увеличения веса прокаливаемого металла. Он высказал мысль, что такое увеличение веса можно объяснить, например, соединением металла с окружающим воздухом, заключенным в реторте. Он писал, что все опыты Бойля «над увеличением веса при действии огня сводятся к тому, что весом обладают либо части пламени, сожигающего тело, либо части воздуха, во время обжигания проходящего над прокаливаемым телом»¹³.

В 1756 г. Ломоносов повторил опыт Бойля. Но он взвешивал не металл до и после нагревания, а реторту, в которой находился этот металл во время обжига. При этом он нашел, что общий вес реторты с металлом при прокаливании не изменяется. В отчете о своей деятельности за этот год он писал: «Между разными химическими опытами, которых журнал на 13 листах, деланы опыты в заплавленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать, прибывает ли вес металла от чистого жару; оными опытами нашлось, что славного Роберта Боила мнение ложно, ибо без пропускания внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере»¹⁴.

Этот опыт показывал, что общий вес двух веществ до химической реакции и после не изменяется, тем самым устанавливался закон сохранения веса при химических реакциях, являющийся первым конкретным выражением общего закона сохранения материи, сформулированного Ломоносовым в виде всеобщего естественнонаучного закона.

В 1774 г. Лавуазье опубликовал работу, в которой описал опыты, аналогичные опытам Ломоносова с обжигом металла. Он, так же как и Ломоносов, установил, что общий вес реторты с металлом до нагревания и после не изменялся. При этом он сделал новый шаг, он не только взвесил реторту с металлом до и после обжига, но и определил изменение веса металла и веса воздуха в отдельности. При этом он нашел, что уменьшение

воздуха в реторте равно увеличению веса металла после его обжига. Отсюда он заключил, что при прокаливании металл соединился с воздухом, находящимся в реторте.

Результаты этих опытов Лавуазье первоначально рассматривал лишь как доказательство ложности теории флогистона и только в 1789 г. он высказал закон сохранения веса при химических реакциях, истолковывая его как выражение принципа сохранения материи.

Ломоносов не опубликовал результатов своих опытов с обжигом металла, и приоритет в открытии закона сохранения вещества долгое время приписывался Лавуазье, который, в отличие от Ломоносова, напечатал свои исследования, и они были хорошо известны в Европе.

Впервые записи Ломоносова, в которых излагались результаты его опытов, были опубликованы лишь в 1865 г. Билярским. Но прошло еще немало времени, пока на них обратили внимание и приоритет Ломоносова в открытии закона сохранения вещества был установлен. Естественно, возникает вопрос: почему Ломоносов не опубликовал результатов своих опытов по обжигу металлов? Объяснить этот факт тем, что он мог бояться затронуть авторитет Бойля, нельзя. Ломоносов, уже в то время (1756) пользовавшийся большим авторитетом в Петербургской Академии наук и не боявшийся выступать против взглядов великого Ньютона, хотя бы по вопросу о природе света, вряд ли побоялся бы выступить против неправильных выводов Бойля. По-видимому, дело заключается в том, что Ломоносов или не придавал принципиального значения проведенному им опыту, или же затруднялся в его толковании. Мнение это подтверждает и тот факт, что, составляя в конце своей жизни «Обзор важнейших открытий, которыми постарался обогатить естественные науки Михайло Ломоносов»¹⁵, он совсем не упоминает об исследованиях по обжигу металлов, которые приводят к установлению закона сохранения веса при химических реакциях.

Почему Ломоносов мог не придавать принципиального значения этим опытам в установлении закона сохранения материи? Вполне возможно, что он мог сомневаться в том, что установленный им факт сохранения общего веса веществ при химических реакциях является выражением этого закона. Для того чтобы сделать положительное заключение, нужно было исходить из того, что вес тела определяет количество материи в нем, как это считал Ньютон, установивший, что сила пропорциональна массе, и полагавший массу мерой количества материи.

Будучи противником теории дальнего действия, Ломоносов не считал это положение бесспорным. Полагая, что сила тяжести объясняется действием «тяготительной материи», возможно, того же эфира, он должен был считать, что вес тела пропорционален не количеству материи, содержащейся в его частицах, а поверхности этих частиц, на которые действует тяготительная материя. Известно, что Ломоносов размышлял над этим вопросом. В письме к Эйлеру еще в 1748 г. он писал: «При попытках привести к достоверности начала химии и все, что широко распространено в области углубленной физики, мне преграждает путь общепринятое мнение, считающееся у большинства аксиомой, что плотность связана с материей тел пропорционально их весу. Что это справедливо для тел однородных, я признаю без колебания... Я изъявляю полное согласие, когда читаю у выдающегося мужа Исаака Ньютона: воздух удвоенной плотности в удвоенном пространстве делается четверным, в утроенном — шестерным; то же самое предполагаю для снега или порошков, уплотненных сжатием или приведением в жидкое состояние (Математические начала

натуральной философии, опред. 1). Но не могу согласиться с высказываемым в конце общим заключением, что «масса познается по весу каждого тела»¹⁶.

Значительно позже в работе «Об отношении количества материи и веса» Ломоносов вновь высказывается в том же духе. В этой работе он опирается на гипотезу о существовании тяготительной материи, из чего, по его мнению, следует, что «удельный вес тел изменяется пропорционально поверхностям, противопоставляемым тяготительной жидкости непроницаемыми для нее корпускулами»¹⁷. Вследствие этого, утверждает он, «количество материи не будет пропорционально тяжести»¹⁸. Наконец, о взглядах Ломоносова на этот вопрос имеется свидетельство ученика Эйлера Румовского. Румовский в письме к Эйлеру писал, что Ломоносов доказывает, будто «тяжесть тел не пропорциональна количеству вещества» и что он находит в рассуждениях Ньютона и других физиков погрешность, называемую *circulus*, «когда они хотят доказать, что тяжесть тел пропорциональна количеству вещества»¹⁹.

Если принять во внимание приведенные выше высказывания, то можно сделать вывод, что, по мнению Ломоносова, закон сохранения веса не мог служить выражением общего сформулированного им закона сохранения материи. И, более того, согласно Ломоносову, должна существовать известная трудность в объяснении установленного им факта сохранения общего веса вещества при химических реакциях. Весьма возможно, что такого рода сомнения и помешали ему опубликовать установленный им закон сохранения веса при химических реакциях.

Общий закон сохранения, установленный Ломоносовым, включает в себя и закон сохранения движения. По вопросу о сохранении движения в науке того времени положение было несколько иным, чем с законом сохранения материи. Уже в XVII в. были предложены две различные количественные формулировки этого закона: закон сохранения количества движения, высказанный Декартом, и закон сохранения живых сил, установленный Лейбницем.

Декарт руководствовался общей идеей о том, что материя и ее движение неуничтожимы и несотворимы. Он предполагал, что при всех процессах в природе общее количество движения участвующих в этом процессе тел остается неизменным. При этом за количество движения он принимал величину, равную произведению, говоря в современных терминах, массы на абсолютное значение скорости.

Вскоре выяснилось, что декартов закон сохранения следует исправить, приняв за количество движения произведение массы на скорость с учетом направления последней, т. е. считая скорость векторной величиной. Но в такой форме закон сохранения количества движения уже не мог иметь такого фундаментального значения, какое ему приписывал Декарт. Так, например, два тела, движущиеся навстречу друг другу с любой скоростью, обладают общим количеством движения, равным нулю, так же как и покоящееся тело. Однако этот вопрос в то время еще не был достаточно ясным, и ряд ученых продолжал придерживаться точки зрения Декарта.

Несколько позже Лейбницем был предложен другой закон сохранения: закон сохранения живых сил. Согласно ему в природе при всех процессах сохраняется общая живая сила, включая сюда и так называемую мертвую силу, т. е. в современных понятиях — потенциальную энергию. Между последователями Декарта и Лейбницем, а также последователями последнего разгорелась весьма жаркая дискуссия о том, что сохраняется в природе — количество движения или живая сила.

Во времена Ломоносова этот вопрос не был еще разрешен и дискуссия по этому вопросу продолжала вестись, хотя постепенно теряла свою

остроту. Обоими законами сохранения уже широко пользовались в механике; они постепенно теряли свое общее принципиальное значение как всеобщие законы сохранения, принимая характер чисто механических теорем. Нужно добавить к этому, что Ньютон высказывался против признания того, что в природе действует какой-либо закон сохранения движения. В своей «Оптике» он писал: «Разнообразие движений, которое мы находим в мире, постоянно уменьшается, и существует необходимость сохранения и пополнения его посредством активных начал — такова причина тяготения, при помощи которого планеты и кометы удерживают свои движения в орбитах и тела приобретают большое движение при падении»²⁰. Известно также, что между Лейбницем и учеником Ньютона Кларком велась довольно длительная полемика по вопросу о сохранении движения в природе. В противовес Лейбницу, Кларк опровергал действие закона сохранения живых сил и полагал, что бог должен время от времени пополнять движение в природе, так сказать, заводить «мировые часы»²¹.

Ломоносов вновь после Декарта и Лейбница высказался за признание общего принципа сохранения движения в природе как всеобщего закона, действующего во всех явлениях природы. Не ограничиваясь этим, он широко применял этот принцип при своих исследованиях. Так, обосновывая положение, что теплота есть движение, он пользовался принципом неуничтожаемости движения. При трении пропадает механическое движение видимых тел. Но так как движение уничтожиться не может, то оно должно переходить в движение невидимых частичек — атомов — так рассуждал Ломоносов.

Для объяснения передачи тепла от нагретого тела холодному Ломоносов прямо привлекал положение о сохранении движения. Он писал: «Если более теплое тело *A* находится в соприкосновении с другим телом, *B*, менее теплым, то находящиеся в точках соприкосновения частицы тела *A*, вращаясь быстрее, чем соседние с ними частицы тела *B*, более быстрым вращением ускоряют вращательное движение частиц тела *B*, т. е. передают им часть своего движения; столько же движения уходит от первых, сколько прибавляется у вторых, т. е. когда частицы тела *A* ускоряют вращательное движение частиц тела *B*, то замедляют свое собственное»²².

Положение о сохранении движения Ломоносов использует и в своих возражениях против признания существования дальнодействующих сил. По его мнению, если два тела, первоначально находящиеся в покое, приходят под действием чисто дальнодействующих сил в движение и при этом в окружающем пространстве ничего не происходит, то это означает возникновение движения из ничего, что, как полагает Ломоносов, является невозможным, так как противоречит закону сохранения движения в природе.

Таким образом, применяя общий принцип о сохранении движения в природе к различным физическим процессам, используя его уже по существу как эвристический принцип, Ломоносов идет дальше Декарта и Лейбница в направлении развития учения о сохранении движения, делает новый шаг в раскрытии закона сохранения и превращения энергии.

Естественно, что Ломоносов не мог пройти мимо вопроса о мере движения. Он указывал, что вопрос о мере движения не является решенным. Он писал: «Самые первые начала механики, а тем самым и физики, еще спорны, и... наиболее выдающиеся ученые нашего века не могут прийти к соглашению о них. Самый явный пример этого — мера сил движения, которую одни принимают в простом, другие — в двойном отношении скорости»²³.

Как решая этот вопрос сам Ломоносов, можно только догадываться. В письме к Эйлеру Румовский сообщал о соображениях Ломоносова по

этому вопросу: «Г. Ломоносов хочет издать рассуждения, которыми намеревается ниспровергнуть все, что до сих пор успели открыть, потому что он доказывает ..., что количество движения не пропорционально массе, помноженное на квадрат скорости»²⁴. В другом письме он же сообщает, что Ломоносов для решения вопроса о мере движения демонстрировал какой-то опыт, «произведенный при помощи малого колеса, помещенного в канал, через который текла вода»²⁵.

На основе этих высказываний может показаться, что Ломоносов примыкал по вопросу о мере движения к Декарту, полагая, что в природе сохраняется количество движения. Однако это будет поспешный вывод. Мнение Ломоносова на этот счет, по-видимому, было более глубоким и оригинальным. Можно предполагать, что он считал необходимым для определения меры движения макроскопического тела учитывать не только массу и скорость этого тела, но и скорость и массу эфира, приводимого в движение этим телом, поскольку оно окружено и пронизано этим эфиром. Именно в таком духе он говорит в работе «Об отношении количества материи и веса». Он пишет: «Действительно, допустив плотный эфир, окружающий все тела и наименьшие частицы тел, никоим образом нельзя решить и точно определить, сколько сопротивления надо приписать собственной материи движущегося тела и сколько сопротивляющемуся эфиру»²⁶.

Эти взгляды и рассуждения Ломоносова чрезвычайно интересны, ибо здесь он предвосхищает целый ряд идей, получивших развитие лишь на рубеже XIX и XX вв. в связи с развитием электронной теории.

В 1881 г. Дж. Дж. Томсон исследовал вопрос о движении заряженного шара и показал, что для случая скоростей, значительно меньших скорости света, за счет создаваемого при его движении магнитного поля масса этого шара как бы увеличивается на некоторую величину, пропорциональную e^2/r , где e — заряд, а r — радиус шара. Дж. Дж. Томсон и другие ученые это увеличение инерции шара, естественно, интерпретировали как результат того, что движущийся шар приводит в движение окружающий его эфир, что проявляется как магнитное поле, создаваемое зарядом, находящимся на этом шаре.

После открытия электрона и установления факта зависимости его массы от скорости возникло представление об электромагнитной массе и электромагнитном количестве движения. Эти понятия на первых порах истолковывались именно как результат того, что при движении электрических зарядов, из которых построено любое вещество, их инерция является не только результатом инерции обычной массы самих зарядов, т. е. массы в ньютоновом понимании, как количества материи, но и инерции окружающего заряды эфира, приводимого в движение движущимися зарядами, связанными с веществом.

Таким образом, идея Ломоносова о том, что инерция тела определяется не только инерцией самих частиц, составляющих это тело, но и инерцией окружающего и проникающего это тело эфира, правда, в новой форме, возродилась на рубеже нашего столетия, т. е. почти спустя 150 лет после того, как она была впервые им высказана.

Помимо изложенных выше работ, теорий и мыслей Ломоносова, в которых содержатся положения и гипотезы, ставшие затем основой для развития физики последующего времени, можно было бы указать на целый ряд его научных достижений, касающихся более частных вопросов физики и смежных с ней наук. Известно, например, что Ломоносов предложил не мало конструкций различного рода физических, метеорологических и других приборов. Многие конструкции таких приборов стали применяться в научных исследованиях значительно позже, в XIX и даже XX вв.

В этой статье мы не касаемся этой стороны деятельности Ломоносова, но и сказанного достаточно, чтобы правильно оценить гений первого русского естествоиспытателя, основоположника русской науки М. В. Ломоносова, который в своих научных исследованиях ушел далеко вперед по сравнению со своим временем, предугадав путь развития физической науки, на который она встала много лет спустя.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Gehler's physikalische Wörterbuch (1824—1841).
2. J. P. J o n l e, Das mechanische Wärmeäquivalent, Braunschweig, 1872, стр. 54.
3. Основатели кинетической теории материи. Сб. работ., М.—Л., 1937, стр. 36.
4. W. R a n k i n e, Miscellaneous scientific papers, London, 1881, стр. 16.
5. Priestleys Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, Leipzig, 1775, стр. 258.
6. Б. Н. М е н ш у т к и н, Труды Ломоносова по физике и химии, М.—Л., 1936, стр. 205.
7. М. В. Л о м о н о с о в, Полное собр. соч., М., Изд. АН СССР, т. III, 1952, стр. 324.
8. Там же, стр. 326.
9. Там же, стр. 338.
10. Там же, стр. 123—125.
11. Там же, стр. 330.
12. М. В. Л о м о н о с о в, то же, т. II, 1951, стр. 183—185.
13. Там же, стр. 47.
14. М. В. Л о м о н о с о в, Соч., т. X, 1957, стр. 392.
15. Там же, стр. 404.
16. М. В. Л о м о н о с о в, Соч. т. II, стр. 173—175.
17. М. В. Л о м о н о с о в, Соч., т. III, стр. 367.
18. Там же.
19. П. П. П е к а р с к и й, История Императорской Академии наук в Петербурге, т. II, СПб., 1873, стр. 600.
20. И. Н ь ю т о н, Оптика, М.—Л., 1927, стр. 310.
21. Полемика Г. Лейбница и С. Кларка, Изд. Ленингр. ун-та, 1960.
22. М. В. Л о м о н о с о в, Полн. собр. соч., М., Изд. АН СССР, т. II, стр. 29.
23. М. В. Л о м о н о с о в, то же, т. III, стр. 351.
24. П. П. П е к а р с к и й, История Императорской Академии наук в Петербурге, т. II, СПб., 1873, стр. 600.
25. Там же, стр. 601.
26. М. В. Л о м о н о с о в, Полн. собр. соч., М., Изд. АН СССР, т. III, стр. 353.