

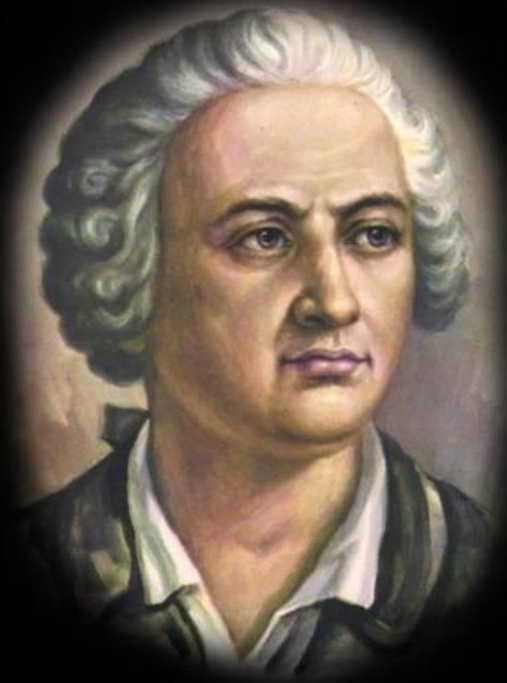
Муниципальное общеобразовательное учреждение
Ильинская средняя общеобразовательная школа

Молекулярно-кинетическая теория тепла

выдающееся
естественно-научное достижение
М.В. Ломоносова



2011 г.



Молекулярно-кинетическая
теория – что это такое?

Теплород и теория М.В.
Ломоносова

Вращательное
(«коловратное») движение
частиц

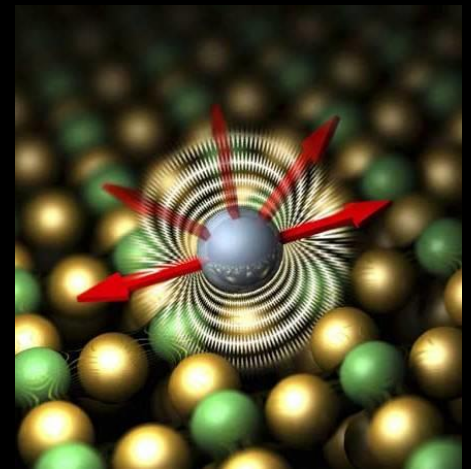
Из трудов М. В. Ломоносова —
к разъяснению корпускулярной
(молекулярно-кинетической)
теории тепла

Выход

Молекулярно-кинетическая теория тепла

Молекулярно-кинетическая теория тепла

(корпускулярно-кинетическая теория тепла) - выдвинутая в середине XVIII века М. В. Ломоносовым система принципов и взглядов, основанная на ряде теоретических положений, вытекающих из логических рассуждений и математических расчётов, и опирающихся на результаты экспериментов, или нашедших в них подтверждение. Явилась аксиоматичным опровержением господствовавшей в то время «флюидной теории», доказательством несостоятельности представлений о флогистоне и теплороде — вехой, завершающей алхимический и ятрохимический период естествоведения — переходом к современным методам физики, химии и всего естествознания в целом.



Молекулярно-кинетическая теория тепла



Теория использовалась М. В. Ломоносовым в его теоретических и практических исследованиях, касательство имеющих к основанной им физической химии (в современном понимании этой науки), — в основанной им же науке о стекле (методика и практика исследований, системный и экспериментальный принципы) и других направлениях его деятельности.

Эпистемологически (с точки зрения теории познания) по многим своим параметрам эта фундаментальная концепция предвосхитила формирование и принципы современной молекулярно-кинетической теории.



Теплород и теория М.В. Ломоносова

В середине XVIII века в европейской науке господствовала теория **теплорода**, впервые выдвинутая Робертом Бойлем. В основе этой теории лежало представление о *некой огненной (или, как вариант, холодообразующей) материи, посредством которой распространяется и передается тепло, а также огонь.*



Теплород и теория М.В. Ломоносова



М. В. Ломоносов обращает внимание ученого сообщества, что ни расширение тел по мере нагрева, ни увеличение веса при обжиге, ни фокусировка солнечных лучей линзой не могут быть качественно объяснены теорией теплорода. Связь тепловых явлений с изменениями массы отчасти и породили представление, что масса увеличивается вследствие того, что материальный теплород проникает в поры тел и остается там. Но, спрашивает М. В. Ломоносов, почему при охлаждении тела теплород остаётся, а сила тепла теряется?



Теплород и теория М.В. Ломоносова

Опровергая одну теорию, М. В. Ломоносов предлагает другую, в которой с помощью *бритвы Оккама* он отсекает лишнее понятие теплорода. Вот логические выводы М. В. Ломоносова, по которым, «достаточное основание теплоты заключается»:

- ✓ **«в движении какой-то материи»** — так как «при прекращении движения уменьшается и теплота», а «движение не может произойти без материи»;
- ✓ **«во внутреннем движении материи»**, так как недоступно чувствам;
- ✓ «во внутреннем движении собственной материи» тел, то есть «не посторонней»;
- ✓ **«во вращательном движении частиц собственной материи тел»**, так как «существуют весьма горячие тела без» двух других видов движения «внутреннего поступательного и колебательного», напр. раскалённый камень покоится (нет поступательного движения) и не плавится (нет колебательного движения частиц).



Теплород и теория М.В. Ломоносова

«Таким образом, мы доказали *a priori* и подтвердили *a posteriori*, что причиною теплоты является внутреннее вращательное движение связанной материи» .

Эти рассуждения имели огромный резонанс в европейской науке. Теория, как и полагается, более критиковалась, нежели принималась учёными. В основном критика была направлена на следующие стороны теории:

I. Частицы М. В. Ломоносова обязательно шарообразны, что не доказано (по мнению Рене Декарта, прежде все частицы были кубическими, но после стёрлись до шаров);

II. Утверждение, что колебательное движение влечет распад тела и потому не может служить источником тепла, тем не менее, общеизвестно, что частицы колоколов колеблются веками и колокола не рассыпаются;



Теплород и теория М.В. Ломоносова



III. Если бы тепло путем вращения частиц передавалось лишь передачей действия, имеющегося у тела, другому телу, то «б и куча пороху не загоралась» от искры;

IV. И так как, вследствие затухания вращательного движения при передаче его от одной частицы к другой «теплота Ломоносова купно с тем движением пропала; но сие печально б было, наипаче в России» .



"Коловратное движение" частиц

«Все сии диссертации не токмо хороши, но и весьма превосходны, ибо он (Ломоносов) пишет о материях физических и химических весьма нужных, которые по ныне не знали и истолковать не могли самые остроумные люди, что он учинил с таким успехом, что я совершенно уверен в справедливости его изъяснений. При сём случае г. Ломоносову должен отдать справедливость, что имеет превосходное дарование для изъяснения физических и химических явлений. Желать должно, чтоб и другия Академии в состоянии были произвести такая откровения, как показал г. Ломоносов. Эйлер в ответ к его сиятельству г. президенту 1747 года.»



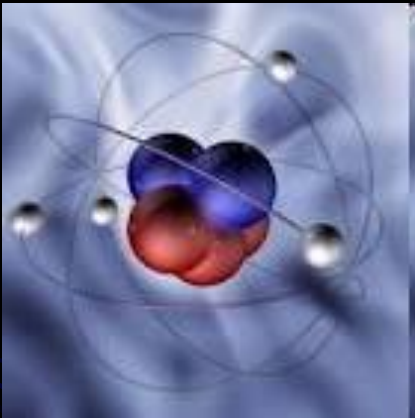
Л. Эйлер

*История Императорской Академии Наук в
Петербурге Петра Пекарского. Том второй..
1873*



"Коловратное движение" частиц

М. В. Ломоносов утверждает, что все вещества состоят из корпускул — молекул, которые являются «собраниями» элементов — атомов. В своей диссертации «Элементы математической химии» (1741; незакончена) учёный даёт такое определение: «Элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел... Корпускула есть собрание элементов, образующее одну малую массу».

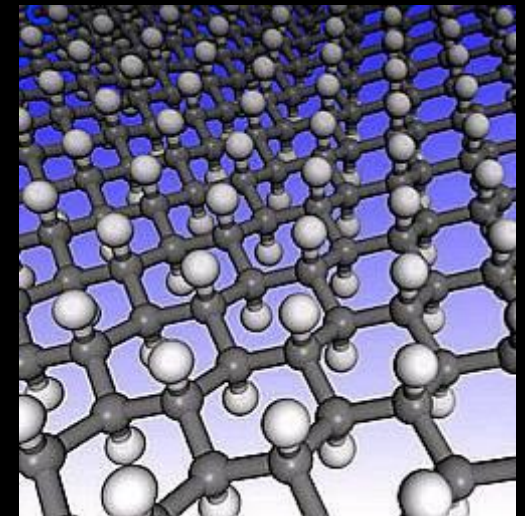


В более поздней работе (1748) он вместо «элемента» употребляет слово «атом», а вместо «корпускула» — партикула (лат. *particula*) — «частица» или «молекула» (лат. *molecula*). «Элементу» он придаёт современное ему значение — в смысле предела делимости тел — последней составной их части.



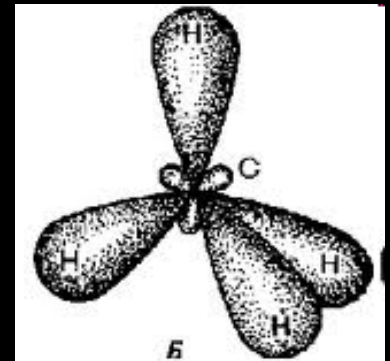
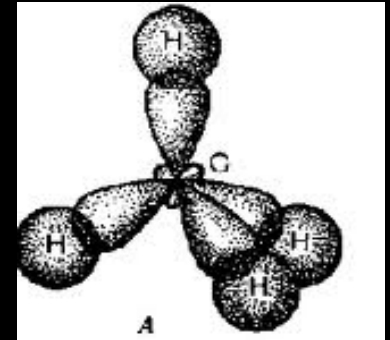
"Коловратное движение" частиц

Древние говорили: «Как слова состоят из букв, так и тела — из элементов». Атомы и молекулы (корпускулы и элементы) у М. В. Ломоносова часто также — «физические нечувствительные частицы», чем подчёркивает, что эти частицы чувственно неощутимы. М. В. Ломоносов указывает на различие «однородных» корпускул, то есть состоящих из «одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом», и «разнородных» — состоящих из различных элементов. Тела, состоящие из однородных корпускул, т. е. простые тела, он называет *началами* (лат. *principium*).



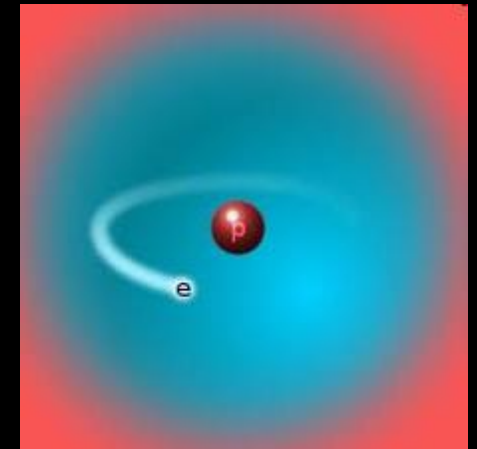
"Коловратное движение" частиц

Одним из основных заблуждений было мнение о том, что частицы соприкасаются (согласно современной модели они не находятся в постоянном соприкосновении, а соударяются, но фактор «соприкосновения» можно рассматривать, в соответствии с общими представлениями времени, как эквивалент нынешних факторов связи и взаимодействия частиц), при том, что неделимость их («нижний предел») не подразумевала какого бы то ни было строения, — следующий шаг был сделан только с гипотезой электрона (1874), а точнее — с формированием представления о вращательной симметрии электронного облака.

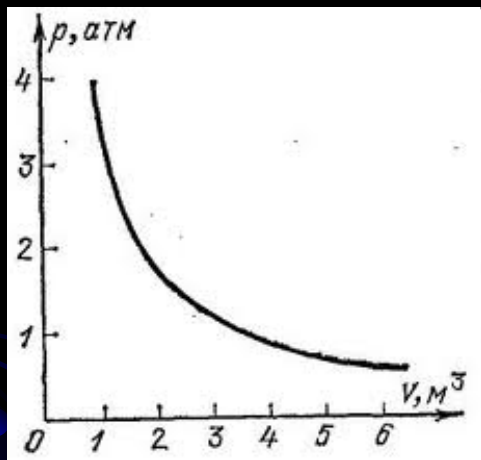


"Коловратное движение" частиц

Дальнейшее его рассуждение — о скорости вращения, увеличение которой выражается повышением температуры тел и среды, умозрачительно, не имеющей предела, в то же время — воображаемое отсутствие движение — состояние покоя, ближе всего подводит к мысли об *абсолютном нуле* («высшая степень холода... на земноводном шаре нигде не существует») — к основе второго начала термодинамики (1850). М. В. Ломоносов опытным путём вплотную приблизился к исключению *флогистона* и *теплорода* из системы естественнонаучных взглядов, и к окончательному «демонтажу» флюидной теории — к *открытию водорода*.



"Коловратное движение" частиц

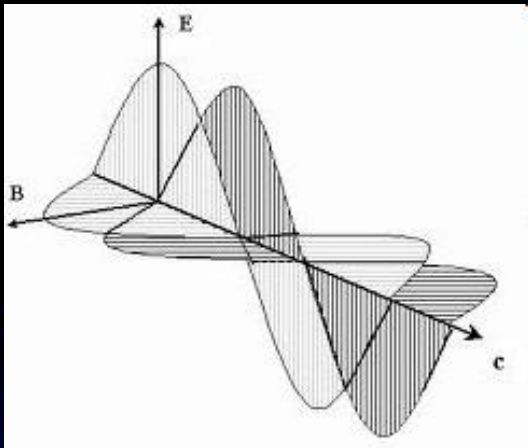


В статье «Опыт теории упругости воздуха» (1748) М. В. Ломоносов даёт кинетическую модель идеального газа, по отдельным положениям, при ряде поправок — соответствующую принятой в дальнейшем. По его гипотезе частицы отталкиваются подобно вращающимся телам, — а это является следствием того, что газ постоянно нагрет до определённой температуры. Учёный демонстрирует зависимость между объёмом и упругостью воздуха (*закон Бойля-Мариотта*); одновременно он указывает на то, что эта закономерность не распространяется на воздух при сильном его сжатии, причиной чему — конечный размер его молекул, — настоящая мысль применена Я. Д. Ван-дер-Ваальсом при выводе уравнения реального газа.



"Коловратное движение" частиц

Рассматривая тепло и свет, учёный в «Слове о происхождении света...» (1756—1757) приходит к выводам о *вращательном («коловратном»)* распространении первого и волновом (*«зыблющемся»*) — частиц второго, первые — поглощаются *«зажигательным сильным зеркалом»*, а вторые — отражаются; в 1771 году тепловое излучение («лучистая теплота») рассматривает К. В. Шееле. Русский учёный указывает на происхождение света и электричества как следствия движения одного и того же эфира, что при определённых поправках и с учётом обусловленного временем упрощённого понимания явления, можно сопоставить с положениями электромагнитной теории Д. К. Максвелла.



"Коловратное движение" частиц

Справедливость такого рода соответствий можно наблюдать во многих разделах концепции М. В. Ломоносова, аналогии эти и предшествование его гипотез достаточно убедительно показаны выдающимся химиком и историком науки Н. А. Фигуровским. Вообще же вращательное движение М. В. Ломоносов ставит во главу угла своей «Натуральной философии», как один из фундаментальных принципов мироздания. При всём умозрительно-философском характере логических рассуждений М. В. Ломоносова, по сложившемуся превратному мнению — *при отсутствии математической доказательной базы* (что, впрочем, несправедливо, как мы увидим далее, учёный достаточно широко использовал математический аппарат; при том, что математика не есть «*абсолютный гарант достоверности*»

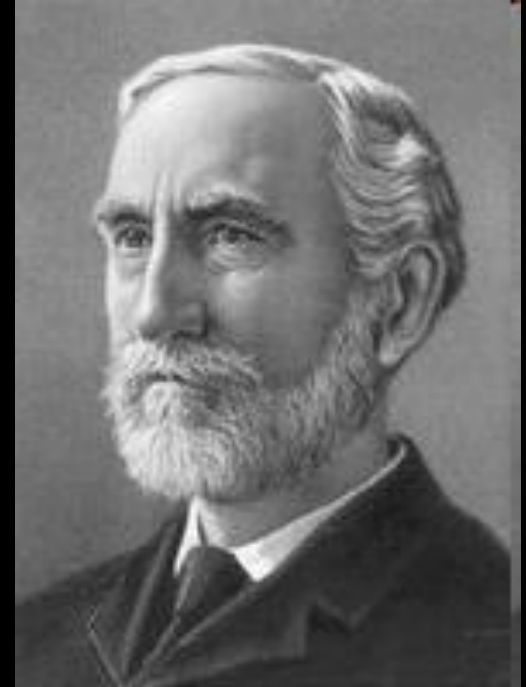


Н. А. Фигуровский



"Коловратное движение" частиц

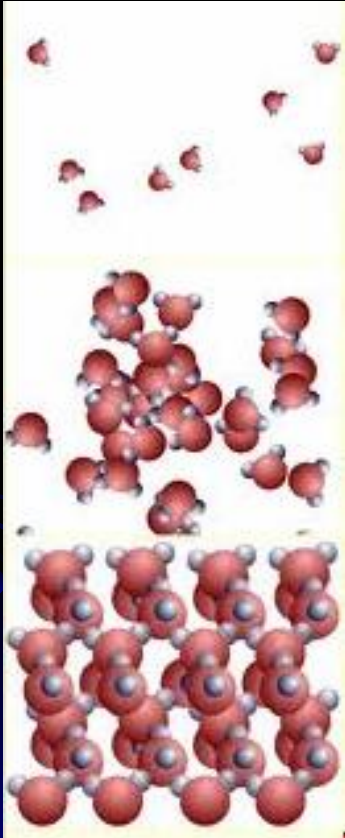
Не случайно У. Гиббс заявляет:
«Математик может говорить всё, что ему заблагорассудится, физик должен сохранять хоть толику здравого смысла»), они убедительны и справедливы (это отмечал, как мы видим, и математик Леонард Эйлер) и хорошо согласуются с последовавшими через многие десятилетия открытиями — подобно открытию продолжателя его — Д. И. Менделеева, который, не зная строения атома, дал фундаментальный закон, которым впоследствии руководствовались те, кто постигал именно это строение.



У. Гиббс



"Коловратное движение" частиц



§26 .. Нельзя назвать такую большую скорость движения, чтобы мысленно нельзя было представить себе другую, ещё бóльшую. Это по справедливости относится, конечно, и к теплотворному движению; ...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.

М. В. Ломоносов. О причине теплоты и холода. Июль 1749



"Коловратное движение" частиц

Выводы механической теории теплоты, подтвердив саму её, впервые обосновали гипотезу об атомно-молекулярном строении материи — атомистика получила объективные естественнонаучные доказательства. С корпускулярной теорией и молекулярно-кинетическими взглядами М. В. Ломоносова напрямую связано его понимание актуальности закона сохранения вещества и силы (или движения). Принцип сохранения силы (или движения) для него стал начальной аксиомой в рассмотрении им аргументов в обосновании молекулярного теплового движения. Принцип этот регулярно применяется им в ранних работах. В диссертации «О действии химических растворителей вообще» (1743) он пишет: *«Когда какое-либо тело ускоряет движение другого, то сообщает ему часть своего движения; но сообщить часть движения оно не может иначе, как теряя точно такую же часть».*



"Коловратное движение" частиц

Аналогичны соображения о принципе сохранения вещества, показывающего несостоятельность теории теплорода.

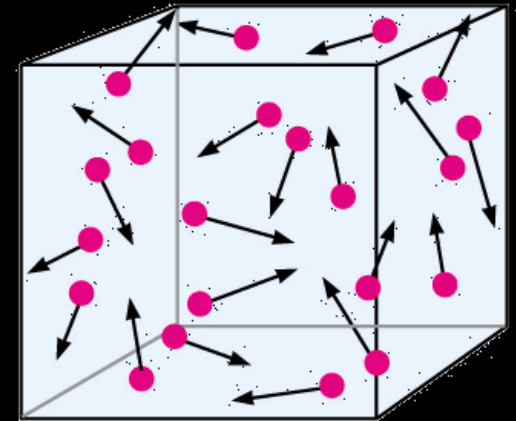
Руководствуясь им, М. В. Ломоносов выступает с критикой идеи Р. Бойля о преобразовании огня в *«стойкую и весомую» субстанцию*. В «Материалах для биографии Ломоносова» в документе № 165 — видим, что учёный пишет в декабре 1756 года: *«В Химии: 1) Между разными химическими опытами, которых журнал на 13 листах, деланы опыты в заплавленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать: прибывает ли вес металлов от чистого жару. Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожжённого металла остаётся в одной мере...»*. В 1774 году А. Л. Лавуазье опубликует работу, в которой описаны аналогичные опыты; позднее им был сформулирован и опубликован закон сохранения вещества — результаты опытов М. В. Ломоносова не были опубликованы, поэтому о них стало известно только через сто лет...



"Коловратное движение" частиц

В письме к Л. Эйлеру он формулирует свой «всеобщий естественный закон» (5 июля 1748 года). повторяя его в диссертации «Рассуждение о твердости и жидкости тел» (1760):

...Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, 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 своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает.



"Коловратное движение" частиц

Являясь противником теории флогистона, М. В. Ломоносов, тем не менее, вынужден был делать попытки согласования её со своей *«корпускулярной философией»* (например, объяснить механизм окисления и восстановления металлов и «состав» серы — рационального понимания явлений не было, отсутствовала научная теория горения — ещё не был открыт кислород), что было естественно в современной ему всеобщей *«конвенциональности»* относительно теории «невесомых флюидов», — иначе он не только не был бы понят, но его идеи вообще не были бы приняты к рассмотрению. Но учёный уже подвергает критике Г. Э. Шталя: *«Так как восстановление производится тем же, что и прокаливание, даже более сильным огнем, то нельзя привести никакого основания, почему один и тот же огонь то внедряется в тела, то из них уходит».*



"Коловратное движение" частиц

Основные сомнения М. В. Ломоносова связаны с вопросом невесомости флогистона, который, удаляясь при кальцинации из металла, даёт возрастание веса продукта прокаливания — в чём учёный усматривает явное противоречие *«всеобщему естественному закону»*. М. В. Ломоносов оперирует флогистоном как материальным веществом, которое легче воды — по существу указывая на то, что это — водород. В диссертации *«О металлическом блеске»* (1745) он пишет: *«...При растворении какого-либо неблагородного металла, особенно железа, в кислотных спиртах из отверстия склянки вырывается горючий пар, который представляет собой не что иное, как флогистон, выделившийся от трения растворителя с молекулами металла и увлеченный вырывающимся воздухом с более тонкими частями спирта.»*



"Коловратное движение" частиц

Ибо:

- 1) чистые пары кислых спиртов невоспламенимы;*
- 2) извести металлов, разрушившихся при потере горючих паров, совсем не могут быть восстановлены без добавления какого-либо тела, изобилующего горючей материей».*

К аналогичному выводу («горючий воздух» — флогистон, позднее названный водородом), более 20 лет спустя пришёл английский ученый Г. Кавендиш, который был уверен, что его открытие разрешает все противоречия теории флогистона. Идентичный вывод М. В. Ломоносова в работе «О металлическом блеске» (1751) остался незамеченным,

Своей «Корпускулярной философией» М. В. Ломоносов не только подвергает критике наследие алхимии и ятрохимии, но, выдвигая продуктивные идеи, использовавшиеся им на практике — формирует новую теорию, которой суждено было стать фундаментом современной науки.



Из трудов М. В. Ломоносова -

к разъяснению молекулярно-кинетической теории тепла

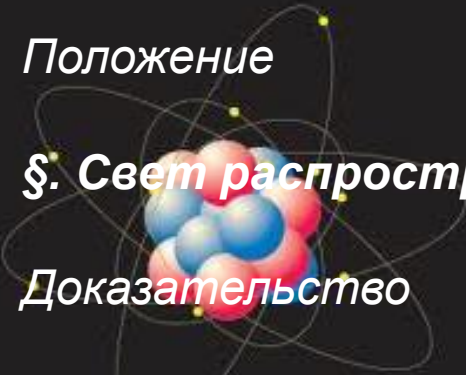
«Теория электричества, изложенная математически»
«Опыт теории упругости воздуха» (1748)
(1756) § 8. Что же касается фигуры

де
в к
По
им
ст
вс
ст
та

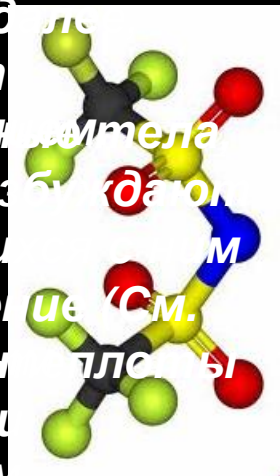
Положение

Доказательство

Свет не может распространяться движением, следовательно, вращательным, либо колебательным.



атомов воздуха... весьма близкая к шарообразной. Так как, да
жатым в течение 15 лет и
горячий воздух нагревает
пругость его неизменной.
м..., что частицы воздуха —
производят упругость,
от друга, — лишены
тел вращательное движение
тожения и организованного
способными переносить
изводить столь
вращательным, либо колебательным.
поразительные действия, должны быть крайне
движением распространяется и теплота; но тем движением,
прочными и не подверженными каким-либо
которым распространяется теплота, не распространяется
изменениям; поэтому их по справедливости
свет. Следовательно, свет не распространяется ни
следует назвать атомами. А так как они
доступательным, ни вращательным движением, а потому
физически действуют на вещественные тела, то
только колебательным.
сами должны иметь протяжение.



Из трудов М. В. Ломоносова - к разъяснению молекулярно-кинетической теории тепла

Положение

Таким образом, попытаюсь приписать
но так как время распространения света
вообще всем частям подобно, то частицы
на огромные расстояния в эфире, так, как
соединяются, так и частицы эфира должны быть в
соприкосновении, с частицами, связанными между
собой квантом действия... В чём же в основном
заключается задача? По существу в
установлении определённого соответствия
между распространением колебаний и
наблюдением, то есть между волнами и колебаниями.
Волны, как и частицы, должны быть связаны с
материальными частицами, так как каждая частица ударит от
другой, и каждая бесконечно малая, взятая
бесконечно большое число раз, даёт осязательное и большое.
Поэтому и время распространения света было бы заметным,
если бы частицы эфира не были все в соприкосновении;



Луи де Бройль, Волновая механика. — из книги

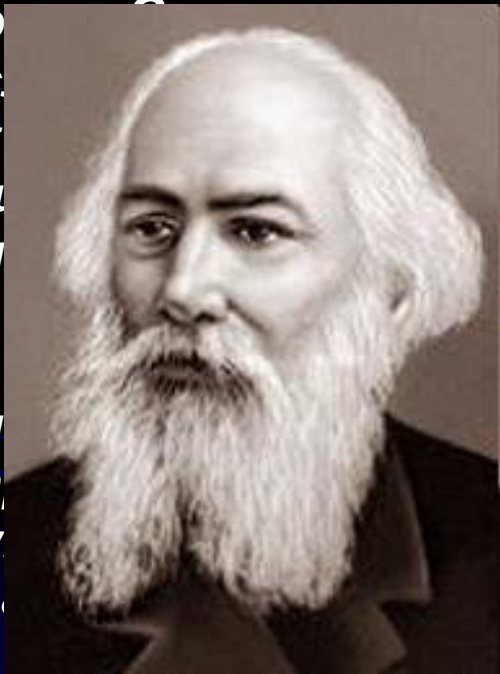
«Революция в физике» (1936)



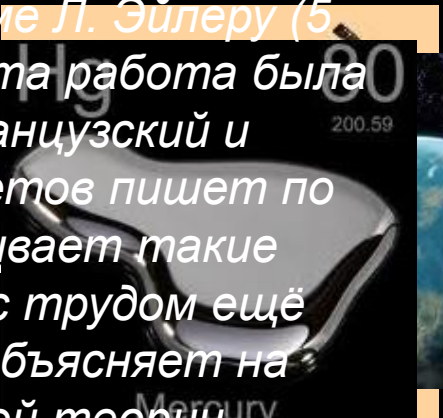
Из трудов М. В. Ломоносова -

к разъяснению молекулярно-кинетической теории тепла

В каждые осм минут совершается



железные поперечники подают свою твердость и живокости... от негной материи... в письме Л. Эйлеру (5-го июля 1748 года). В XIX веке эта работа была переведена на немецкий, французский и английский языки. Н. Н. Бекетов пишет по этому поводу: «Везде известны и уважаемы...»
М. В. Ломоносов, на основе своих исследований, объясняет на языке механики явление теплопроводности. Этот взгляд и теперь принят уже в сороковых и пятидесятых годах XIX века.



Железа была для утверждения теории...
примеры из многочисленных опытов, которые особенно мною учинены в изысканиях разноцветных стёкол к мозаичному художеству. ...

