

К теории флогистона (или теплорода)?

Владислав Миркин, ктн.

Однажды очень коротко, между делом рассказал одному металлургу, кандидату технических наук о своем эфире и о том, как нагреваются планеты и астероиды, а он, вдруг, прореагировал: «А я всегда считал, что флогистон существует». Вот так, как только ни шельмовали и осмеивали эфир в школе и в высших учебных заведениях, а вполне квалифицированные специалисты в глубине своей души все равно верили в давно забытые и отринутые истины.

Наверное, не все знают, что понятия флогистона и теплорода не совсем идентичны (насколько я знаю, для многих они вообще являются синонимами). Флогистон, как субстанция горения был введен в физику Иоганном Бехером и Георгом Шталем в 1703 году, а в 1770-ые годы опровергнут работами Антуана Лавуазье, который вместо него ввел понятие теплорода (субстанции тепла). Но уже через 15-16 лет Бенджамин Румфорд и Гемфри Дэви своими опытами показали, что тепло порождается механическим движением (до них аналогичное предположение высказал Михайло Ломоносов, но никак его не доказывал), и это сочли доказательством отсутствия теплорода, хотя понятно, что любое явление может вызываться не единственной причиной.

Был еще один сомнительный аргумент, что при нагревании тела (в частности, металлического цилиндра сверлом) масса тела с учетом массы стружки остается постоянной. Другими словами, масса тела не зависит от его температуры, то есть, никакая «жидкость» в тело не вливается, а иначе масса бы увеличивалась.

Почему я назвал аргумент сомнительным? Во-первых, ни тогда, ни даже сейчас мы не знаем, как образуется масса тела (что бы нам ни говорили по поводу бозонов Хиггса), а потому мы не можем оценить, насколько масса могла бы увеличиться в зависимости от роста температуры. Во-вторых, весь диапазон температур, который в те времена был доступен исследователям, был очень узким. Минимально достижимые температуры были, наверное, порядка минус 20-25 градусов Цельсия (258-263 градуса Кельвина). Максимально

возможные вряд ли превышали тысячу градусов (ведь нужно было взвешивать на весах, которые отнюдь не были теплостойкими). Если я ошибаюсь в своих оценках, то все равно диапазон не простирается от долей градуса по шкале Кельвина, до миллионов градусов, которые свойственны недрам звезд.

То есть, на основании весьма неточных измерений массы в узком диапазоне изменения температур был сделан глобальный вывод, что масса тел не зависит от температуры (то есть, всегда и при любой температуре), и это говорит об отсутствии теплорода.

Я не случайно назвал температуры, близкие к абсолютному нулю, и температурам звезд. Дело в том, что такие явления, как свертекучесть жидкого гелия (явление можно было бы считать объясненным, если бы кто-то сумел объяснить, что такое принцип неопределенности), а также свертекучесть твердого гелия [1], которую обнаружили по уменьшению частоты вращательного колебания крутильного маятника, на самом деле могут быть объяснены тем, что при низких температурах уменьшается масса тел [2]. В звездах же обнаружен эффект присутствия темной материи (их движение таково, будто их масса в несколько раз больше, чем должна бы быть). Но несмотря на тысячи страниц книг и статей о темной материи, несмотря на все попытки обнаружить ее частицы, этого так и не было сделано.

1. Униполярный эфир является аналогом теплорода и флогистона.

А вот то, что масса при высоких температурах может зависеть от скорости движения звезд (и даже планет с астероидами) я показал в той же работе [2].

В этой работе я показал, что движение тела, когда оно пронизывает среду (то есть, эфир), которая, в свою очередь, пронизывает тело (а именно так и должно происходить при движении тела в эфире, частицы которого легко проходят между частицами вещества), в соответствии с законом Бернулли в эфире происходит одновременное снижение давления статического (которое я и посчитал массой тела) и возрастание давления динамического, которое тратится на увеличение температуры тела. Парадокс в том, что масса и температура тела возрастают одновременно, и в этом и есть закон сохранения энергии.

С учетом сказанного, не вдаваясь в лингвистические тонкости понятий флогистона и теплорода, можем сказать, что эфир и является понятием, эквивалентным тем древним физическим понятиям.

Очевидно, что присутствие эфира никак не препятствует (а, скорее, позволяет это делать) обмену энергией нагретого и холодного тел при соприкосновении (молекулы и атомы кристаллических решеток и в

самом деле испытывают колебания, которые могут передаваться от тела к телу), не препятствует перемешиванию молекул нагретого и холодного газа. То есть, никакого противоречия с каноническими представлениями здесь нет. Немного по-другому при передаче энергии тепла излучением, которое по эфирным представлениям может происходить лишь в том случае, когда между телами есть среда, пропускающая электромагнитные волны. Но если кто-то верит, что непонятно какое поле является переносчиком ЭМ волн, то и тут большого противоречия нет.

2. Неверная модель теплового излучения тела.

Противоречия в другом. В том, как излучает энергию нагретое тело. Любая теория, как бы она ни была оснащена математически, начинается с ПРОСТОЙ физической модели. Какая же модель была положена в основу теории Бенджамина Томсона (графа Рэлей)? Он предположил, что энергия излучается на тех частотах, которые в полости излучающего тела создают стоячие волны. То есть, от стенки до стенки укладывается целое число полуволн. Изменения, внесенные Максом Планком, показывают, что ни он, ни нынешние физики не отказались от этого предположения. Мне сейчас не хочется тратить усилия на выяснение причин, почему данное предположение привело к «правильному» выводу (хотя, надо признать, что совпадение с экспериментами было только лишь для больших длин волн, а для малых привело к ультрафиолетовой катастрофе): обычно этого достигают «правильным» подбором коэффициентов, устанавливающих связь между теорией и экспериментом. Я попробую проанализировать данное предположение логически, или на основании аналогий: в конце концов и Рэлей делал его чисто умозрительно.

В теории колебаний известно, что оптимальная длина излучающего осциллятора равна четверти длины волны излучения. Другие максимумы излучения наблюдаются в случаях, когда длина осциллятора составляет нечетное количество четвертей длин волн. Абсолютно такую же закономерность мы будем наблюдать в излучающих антеннах. То есть, максимумы излучения будут наблюдаться в случае, когда на конце антенны будет не узел стоячей волны (здесь излучения как раз и не будет), а ее пучность. Достаточно похожей была ситуация, когда мы пытались найти применение СВЧ энергии для пастеризации молока в стеклянной трубке. Молоко начало пригорать к стенкам трубки. Интенсивность пригорания имела периодичность по длине трубки, равную половине длины волны. При этом участки, где пригорание было минимальным (или вообще

отсутствовало), были очень короткими и располагались в тех местах, где были узлы стоячей волны.

Из сказанного выше следует вывод: излучение происходит не в узле, а в пучности, а также во всех точках, которые лежат между узлом и пучностью (просто там меньшая интенсивность излучения). Другими словами, все происходит с точностью до наоборот: не излучение в отдельных точках числового ряда длин волн, а во всех точках этого ряда, кроме отдельных точек. Я вот думаю, неужели Солнце греет нас только на тех частотах, у которых количество длин полуволен является рядом целых чисел на расстоянии в 150 млн. км?

Мы получили весьма странный результат: представления Рэля (и формула Рэля-Джинса) получены из совершенно неверных предположений о том, как излучаются стоячие волны, но дали относительно верную количественную оценку излучения абсолютно черного тела. По крайней мере, утверждают, что для длинных волн. (Данное утверждение основано на том смешном факте, что все кривые гиперболического типа при больших аргументах практически совпадают друг с другом. То есть, всегда, какие бы ошибки мы ни сделали.) И лишь на коротких волнах (то есть, именно там, где это нам интересно, поскольку здесь кривые и дают нам какую-то информацию) мы можем наблюдать ультрафиолетовую катастрофу.

При выводе формулы было использовано еще одно экзотическое предположение, что энергия излучения равномерно распределена между всеми степенями свободы. Мне кажется, что данное предположение неверно хотя бы потому, что его никто и никогда не доказал: это просто какое-то наше странное требование к природе. На самом деле, если система обладает бесконечным числом степеней свободы (ясно, что если в системе укладывается некое число длин волн, то за ним всегда следует бесконечный ряд чисел, кратных данной частоте), то любая конечная энергия, разделенная на бесконечное число, будет равна нулю. Или при конечной энергии, приходящейся на любой конечный интервал, ей будет соответствовать бесконечная энергия суммарного колебания.

На рис.1 видна еще одна странность, которая уже относится к экспериментальным кривым. Возьмем для примера температуру 5000 градусов. Максимум кривой (чуть больше 1,0) находится на длине волны приблизительно 550 нм. На уровне интенсивности порядка 0,4 частотный интервал от 350 до 1200 нм, на уровне интенсивности 0,2 интервал частот от 300 до 1500 нм. То есть, во всех случаях в указанные диапазоны частот попадает несколько длин волн, которые в

соответствии с предположением Рэля могут излучаться, а также целые отрезки частотной шкалы, где излучение невозможно. Тогда почему кривые гладкие? Гладкими они могут быть лишь в случае, если предположение Рэля неверно, и на самом деле действует иной механизм излучения.

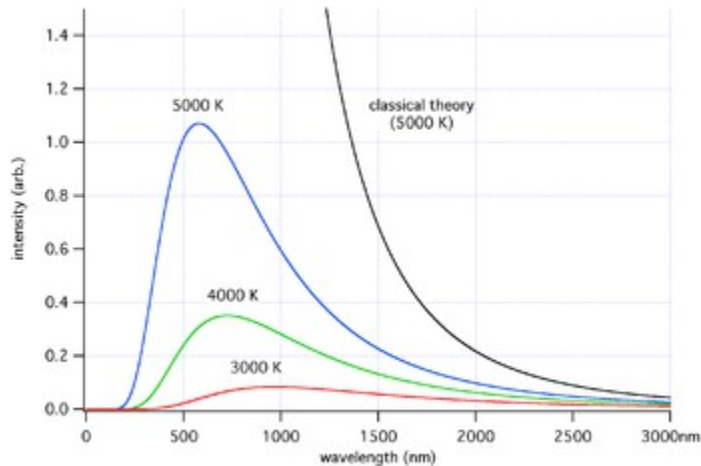


Рис.1. Зависимость испускательной способности абсолютно черного тела от длины волны для разных температур (выделены цветом) и её вид, исходя из классических рассуждений Рэля и Джинса (черный цвет). (Рисунок взят из Википедии).

Повторю, что и Макс Планк, и современные физики используют эти неверные предположения Рэля. Более того, практически такие же предположения используют сейчас, чтобы объяснить силы Казимира. То есть, и здесь мы вправе ожидать аналогичные ошибки и свою «ультрафиолетовую катастрофу».

О каких мистических осцилляторах, излучающих бесконечный ряд длин волн мы вообще ведем речь? Мы ведь абсолютно точно знаем, что излучают атомы материала, которым покрыто любое излучающее тело. И излучение происходит, когда электроны переходят с одного энергетического уровня на другой (это особенно понятно, когда излучение происходит в цветовом диапазоне). При нагреве тела за счет увеличения интенсивности колебаний атомов (их ядер) может происходить некоторое смещение уровней электронов, приводящее к изменению частоты излучения, увеличению его интенсивности и уширению линии излучаемого спектра. Кстати, совершенно непонятно, почему кривые имеют максимум интенсивности излучения. Если взять те же 5000 градусов, то излучение уже интенсивно, например, на длине волны примерно 400 нм. Тогда почему оно еще более интенсивно на 550 нм? Может интенсивность зависит от формы абсолютно черного тела?

Но тогда почему об этом нет информации на графике и в описании экспериментов? Другими словами все выглядит так, будто перед нами лишь одна спектральная линия, соответствующая только одному переходу электрона между энергетическими уровнями. Но почему она уширена?

3. Механизм уширения спектральных линий.

Кстати, а почему уширены все спектральные линии, ведь по теории следует, что частота такого перехода между уровнями в точности (математически точно) должна быть линией, не имеющей толщины? Конечно, можно говорить о присутствии магнитных и электрических полей, о направлениях вращения электронов, о том, что все это подтверждается экспериментами. Но что ими подтверждается? Линии и в самом деле уширены. Они и в самом деле могут уширяться благодаря названным причинам. Но, дело в том, что количественно это сопоставить невозможно, коэффициент связи между приложенным напряжением поля и уширением линии может зависеть не только от того, насколько сместился энергетический уровень.

Давайте представим себе дифракционную решетку в сильно упрощенном виде, как это показано на рис.2.

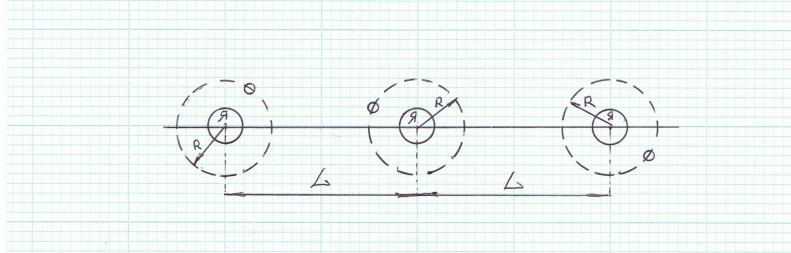


Рис.2. Схематическое изображение дифракционной решетки. L -расстояния между узлами $Я$ (ядрами атомов), R - радиус электронной орбиты.

Для того, чтобы понять причины уширения линий, давайте попробуем представить себе, что же делает анализатор спектра. Я понимаю, что когда кривую типа показанной на рис.1, приносят теоретику, то он думает, что именно так изменяется частота процесса, а вслед за ней меняется интенсивность. Более того, я верю, что даже экспериментаторы думают так же. Но здесь есть существенный момент, который искажает данную идилию: анализатор спектра вовсе не снимает частотную зависимость процесса. Он строит данную кривую по точкам, которые получены по следующей схеме.

Поскольку переход электрона с одного энергетического уровня на другой с равной вероятностью может происходить в любой точке его траектории, то можно считать, что у нас имеется дифракционная

решетка, в которой расстояния между ее узлами меняются в пределах от $L-2R$ до $L+2R$. Очевидно, что это вызовет уширение спектральной линии и, кроме того, интенсивность излучения (а, значит, высота спектральной линии) будет выше, когда будет происходить излучение в точках, между которыми будет расстояние, близкое к максимальному и минимальному значению шага решетки. Эту совершенно очевидную истину понять очень легко: если любой процесс описывается непрерывной периодической функцией типа синуса (а так и должно быть, если электрон вращается вокруг ядра), то вблизи ее максимума плотность точек функции при равных отрезках аргумента будет максимальной. То есть, любой анализатор спектра (даже если он имеет иной принцип построения) всегда будет уширять и удваивать спектральные линии на вершине не потому, что там есть реальный разброс по частоте, а потому, что таков принципиальный метод измерений.

4. Зависимость массы от температуры.

Давайте вернемся к измерению массы. Если мы находимся на позиции признания эфира, то и измеряемое тело, и гиря на другой чашке весов представляют собой совокупность частиц вещества, расположенных в пространстве на таком расстоянии от друг друга, что частицы эфира располагаются между ними, как молекулы воды в океане между островами. Вы сейчас можете сплести некие кубы из тонких проволочек, в которых расстояния между узлами решетки будет намного больше толщины проволоки. Положите два таких куба на две чашки весов, делайте это в неподвижном воздухе, в подвижном, в неподвижной воде и в подвижной. Если в неподвижной среде вы установили равновесие, а сплетены кубы по-разному, то в подвижной среде равновесие может нарушиться. Нарушиться из-за того, что у разных кубов может быть разная «подъемная сила». Однако, как вы понимаете, эта разница может быть очень маленькой. То есть, если на разных чашках весов будут лежать грузы при разной температуре, изменение массы из-за температуры может оказаться столь малым, что при неточных замерах вы его не обнаружите.

Это именно то, о чем я говорил, когда указал на относительно малый диапазон изменения температур в опытах 18-19 и даже двадцатого веков. Я уже прокомментировал изменение массы при температуре, близкой к абсолютному нулю. О высокой температуре можно сказать, что в недрах звезд возросшая скорость колебаний частиц эфира, а также увеличившаяся амплитуда колебаний частиц вещества (это эквивалентно уменьшению эффективного сечения каналов, по которым

эфир течет внутри звезды), приводит к увеличению падения статического давления, то есть, к возрастанию массы звезды. Другими словами, никаких частиц темной материи не существует, а все определяется скоростью движения частиц эфира. И тогда данный эфир и является тем самым теплородом, который казалось был опровергнут в конце 18-ого века.

1. E. Kim and M.H.W. Chan, Nature 427, 225 (2004), E. Kim and M.H.W. Chan, Science 305, 1941 (2004).
2. Владислав Миркин. Основа всех видов взаимодействия – электростатические силы. Библиотека Мошкова, сайт Наука и Техника.