

«Тепловая смерть» Вселенной отменяется!

Аннотация. Показано, что статистический механизм объяснения явлений термодинамики некорректен. Модель идеального газа противоречит положениям классической механики. Каноническое распределение Гиббса нельзя использовать для термодинамики. Показано, что уравнения Максвелла позволяют предложить новую интерпретацию термодинамических явлений. У материальных частиц существует «атмосфера» из частиц без инерции (виртуальных частиц). Она определяет энергетический обмен между материальными частицами и тепловым (волновым) излучением. Новый подход позволяет дать непротиворечивое описание качественной картины термодинамических явлений.

Введение

Мы в нашей области исследований до настоящего времени не касались термодинамики. С одной стороны, «арифметические уравнения» (закон Бойля-Мариотта, закон Шарля, закон Гей-Люссака) гарантировали *простоту описания явлений*. С другой стороны, имеется молекулярно-кинетическая теория (МКТ), за математическими «дебрями» которой угадывалась огромная «*Терра инкогнито*». Было как-то «неуютно идти» в эту область. Ощущение такое, как будто пытаешься проложить путь в неизведанной тайге, где бегают «*злые хищники-оппоненты*», готовые растерзать тебя за каждый неверный шаг.

Мы забрели в эту область совершенно случайно, исследуя структуру уравнений Максвелла [1]. Оказалось, что в электродинамике существуют результаты, которые могут помочь понять сущность ряда термодинамических явлений. Анализ возможности распространения выводов электродинамики на термодинамику составляет основу этой статьи.

В геометрии есть три элемента, на которые опирается эта наука: *линейка, карандаш и циркуль*. В термодинамике тоже есть такие элементы: *манометр, термометр, линейка и термостат*. Термостат – это замкнутый сосуд, в котором находится определенное количество газа. Мы можем наделять стенки этого сосуда определенными свойствами. С точки зрения теории идеального газа обычно полагают, что частицы идеального газа, сталкиваясь со стенкой, отскакивают, испытывая *идеально упругое соударение*.

1. Есть ли аналогия между волнами и корпускулами в классических теориях?

СВЧ резонатор [2]. Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим пример из электродинамики. Термостат с идеально проводящими стенками можно рассматривать как аналог объемного резонатора. Допустим, что мы подали внутрь резонатора энергию в виде короткого СВЧ-импульса с широким спектром частот для изучения электромагнитных колебаний. В резонаторе *при отсутствии потерь энергии* установится стационарный режим колебаний. Колебания в резонаторе не будут иметь случайного характера. В нем установятся колебания различных типов волн (моды) с определенными амплитудами.

Электрическое поле для ТЕ мод можно записать в виде:

$$\mathbf{E} = \sum \mathbf{E}_{l,m,n}(r,\varphi,z) \cos(\omega_{l,m,n}t + \phi_{l,m,n})$$

где: $\mathbf{E}_{l,m,n}(r,\varphi,z)$ - амплитуда собственного колебания моды ТЕ_{l,m,n}; $\omega_{l,m,n}$ - угловая частота соответствующей моды; $\phi_{l,m,n}$ - начальная фаза колебания.

Аналогичное выражение можно записать для волн ТМ_{l,m,n} мод. Частоты $\omega_{l,m,n}$ **строго детерминированы** механическими параметрами резонатора (размерами и формой). Амплитуды колебаний на частотах $\omega_{l,m,n}$ зависят от начальных условий и могут меняться в широких пределах. Никаких «случайных» отклонений быть не может, и все детерминировано.

Итак, мы имеем **дискретный спектр** собственных колебаний в резонаторе. Частоты собственных колебаний **не зависят от амплитуды**, возбуждившего колебания, а определяются только параметрами объемного резонатора.

Термостат. Рассмотрим теперь термостат. Допустим, в термостате имеется порция воздуха. Это N движущихся с разными скоростями частиц. Частицы двигаются, **абсолютно упруго сталкиваются** между собой и со стенками (как это принято считать в МКТ. Кажется, что со временем движение молекул воздуха

примет случайный характер из-за непредсказуемости соударений. Распределение частиц по скоростям со временем начнет подчиняться закону распределения Максвелла. Это мнение столь прочно засело в сознании теоретиков, что его уже не изменишь никакими аргументами. **Что же имеет место на самом деле?**

Хотя мы считаем все частицы одинаковыми, мы их пронумеруем и обозначим скорость каждой частицы. Поскольку все соударения частиц между собой и со стенками являются **абсолютно упругими**, система частиц является **замкнутой консервативной системой**. Для нее должен иметь место закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергий частиц. В нашем случае мы имеем дело только с кинетической энергией.

$$E = \sum_{0 < k < N} \frac{m_k}{2} v_k^2 = const$$

Система частиц в термостате, как уже говорилось, является **линейной замкнутой консервативной системой**. Как следует из классической механики консервативных систем, движение частиц в ней будет **детерминировано (!)**, т.е. **не будет** носить **случайного характера**. В замкнутой системе возникнут **собственные колебания**. Такие колебания в механике именуется **нормальными колебаниями**.

Это первый весьма **неприятный вывод** для сторонников индетерминизма. Итак, нормальные колебания частиц в термостате имеют детерминированный и стационарный характер. Как следствие, частотный спектр колебаний будет тоже **детерминирован**, а величины амплитуд нормальных колебаний будут зависеть только **от начальных условий**. В отличие от колебаний в объемном резонаторе здесь **набор частот зависит от начальных условий**. Это принципиальное отличие есть «тревожный звонок» сторонникам корпускулярно-волнового дуализма.

В каждом из **нормальных колебаний** системы могут принимать участие **несколько частиц**, т.е. любая частица может принимать участие одновременно в нескольких собственных колебаниях системы. Интересно отметить, что при одной и той же суммарной кинетической энергии частиц E амплитуды собственных колебаний (**распределение энергии по собственным частотам**) могут быть **различными**.

Еще раз повторим, что в идеальном термостате частицы идеального газа, имеющие абсолютно упругие соударения, никогда не будут подчиняться максвелловскому закону распределения частиц по скоростям! Мы не получим случайного процесса!

Идеальный случайный процесс должен иметь **непрерывную спектральную плотность** распределения энергии по шкале частот. Спектр случайного процесса не может быть детерминированным, составленным из суммы конечного числа изолированных спектральных линий. Например, спектральная плотность «белого шума» в радиотехнике имеет постоянное значение, не зависящее от частоты. При «белом шуме» амплитудное распределение случайного процесса (например, распределение частиц по скоростям) может подчиняться распределению Максвелла, распределению Гаусса или распределению Пуассона и т.д.

Чтобы колебания в замкнутой системе могли «приобретать» со временем случайный, хаотический характер, необходимы **неупругие** взаимодействия частиц между собой, с окружающей средой и со стенками. Если будет иметь место только диссипативное рассеяние механической энергии, система придет в тривиальное состояние (отсутствие любых колебаний из-за потери энергии). Вот по какой причине для реализации случайного процесса **необходим взаимный обмен энергией частиц с окружающей средой**. Должно иметь место взаимодействие частиц с электромагнитными волнами (**поглощение и излучение энергии волн частицами**) и неупругие соударения между собой и со стенками термостата.

Итак, мы установили, что в **консервативных замкнутых системах невозможно спонтанное возникновение хаотических колебаний**.

2. Распределение Гиббса

Обратимся к термодинамике. В ней фигурирует модель «идеального газа». На этой модели строится молекулярно-кинетическая теория термодинамики – МКТ [3]:

«**Идеальный газ**» это **математическая модель газа**. В ней предполагается, что **потенциальная энергия взаимодействия между молекулами столь мала по сравнению с кинетической энергией этих молекул, что потенциальной энергией можно пренебречь**. Можно считать, что между молекулами **не действуют силы притяжения или отталкивания**. **Длительности соударений молекул между собой и со стенками сосуда (термостата) пренебрежимо малы по сравнению со временем пролета между соседними столкновениями**.

Можно записать свойства идеального газа:

- 1 Молекулы идеального газа можно рассматривать, как **материальные точки**.
- 2 Молекулы испытывают только **упругие соударения** между собой и со стенками сосуда.

3 Молекулы идеального газа находятся в постоянном *хаотическом движении*.

Определение идеального газа внутренне противоречиво. С одной стороны, молекулы идеального газа в сосуде представляют собой *замкнутую консервативную систему*. Поэтому в ней могут существовать, как мы ранее установили, только *детерминированные колебания*. С другой стороны, в теории постулируется нечто прямо противоположное. Молекулы движутся *хаотически*, а столкновения носят *случайный* характер. При этом *не описан* и даже не упоминается *механизм «превращения»* детерминированных колебаний в хаотические, случайные. Хаос просто *постулируется* вопреки законам классической механики. Упоминание о случайном характере движения молекул газа выглядит как «заклинание» или постулат, не имеющий под собой реальной основы.

В доказательстве канонического распределения Гиббса используются малые фазовые объемы, образующие *статистическую систему*. Эти объемы практически *не взаимодействуют* между собой и окружающей средой. Начальные и граничные условия те же самые, что и в рассмотренном выше примере. Формально доказательство распределения Гиббса выглядит «научно». Однако, сравнение с условиями и результатами механических колебаний частиц из предыдущего примера показывает ошибочность доказательства Гиббса. Возможно, что каноническое распределение можно использовать где-нибудь. Но для физики с *механическим движением частиц* оно не приемлемо по упомянутым выше причинам.

Итак, мы установили, что *каноническое распределение Гиббса нельзя использовать для консервативных замкнутых систем механики*. МКТ это *ложная ветвь* термодинамики.

3. Внутренняя энергия

Первый закон термодинамики гласит: $Q = \Delta U + A$; количество тепла Q , переданное системе, равно сумме изменения внутренней энергии ΔU и механической работе A , произведенной системой. Согласно рассмотренной ранее модели идеального газа внутренняя энергия молекул представляет собой *сумму кинетических энергий всех молекул системы*.

. В *статистической физике* во внутреннюю энергию системы ΔU включается, как правило, только *энергия разных видов движения* входящих в систему частиц. Это энергия механического движения атомов и молекул (поступательное, вращательное, колебательное).

Термодинамика вопрос о природе внутренней энергии **не рассматривает**. Она не детализирует процессы, происходящие внутри системы на микро-уровне и внутримолекулярные энергетические превращения, которые имеют подчас весьма сложный характер.

Поэтому внутренняя энергия ΔU в статистической физике сводится только к сумме **кинетических энергий** всех частиц. Именно потому мы имеем дело с «сумасшедшими» скоростями молекул воздуха. По субъективным ощущениям (хотя это еще не критерий!) средняя скорость молекул при нормальных условиях должна порядка см/с. Конечно, наше мнение о скорости молекул воздуха, нуждается в экспериментальной проверке и подтверждении.

Рассудите сами. Мы знаем, что **реально** любая молекула *может поглощать энергию волн* и может сама ее *излучать* при определенных условиях. Раскаленная печь «буржуйка» излучает энергию, согревающую людей. Именно эту излученную печью энергию воспринимает кожа человека, а не кинетическую энергию молекул «согретого» воздуха. Даже не специалист МКТ подтвердит это: «Не загораживай мне тепло!».

Увы, специалисты МКТ не знают: куда и как «запасается» тепловая энергия волн, поглощенная молекулами, а потом выделяющаяся при горении? Где она хранится? Молекулы древесины имеют небольшую скорость, а при горении выделяется много тепла! Разумного объяснения в рамках МКТ нет и быть не может! Считать, что вся поглощаемая молекулами энергия идет только на увеличение скорости молекул (т.е. их кинетической энергии), весьма **неразумно**.

Примечание. В современной физике считается, что существуют только поперечные электромагнитные волны. Ниже мы покажем, что есть в рамках электродинамики потенциальная возможность излучения и приема продольных волн. Поэтому мы будем говорить о волновой энергии (тепловой энергии) излучения и поглощения.

Статистическая физика - это *независимая* математическая *теория, которую приспособили для термодинамики*. Интерес к ней в том, что она *имеет законченный математический аппарат*. Это удобно. *Случайные совпадения теории с отдельными экспериментальными фактами* и внешнее сходство описания всегда истолковывается как *подтверждение* МКТ! Серьезного физического аналога в природе она не имеет. Этот «прокол» мы будем подтверждать в дальнейшем.

Итак, внутренняя энергия свободной молекулы U должна складываться их двух частей:

а) из потенциальной энергии, запасаемой внутри молекулы E_p и

б) из кинетической энергии самой молекулы E_k .

$$\Delta U = E_p + E_k.$$

Это очевидный факт. Но запастись потенциальную энергию, запасенную молекулой (атомом) ученые, как мы видели, фактически не могут. Они не нашли «механизм превращений» волновой энергии тепла в потенциальную запасенную энергию (и, соответственно, механизм излучения).

Основная гипотеза. Мы будем считать, что практически *вся поглощенная энергия кванта энергии* преобразуется в потенциальную энергию поля, окружающего заряд. На долю кинетической энергии остается *очень маленькая часть*.

Новый подход является фактически «антиподом» МКТ. Практически вся поглощаемая тепловая энергия становится *не кинетической энергией* молекул, а запасенной *потенциальной энергией*. Снимается вопрос об энтропии. Как мы покажем ниже, она совершенно не нужна (бесполезна) при объяснении явлений термодинамики. Это первые шаги к новому истолкованию явлений термодинамики. Сложность в том, что пока до конца не ясен механизм поглощения тепловой энергии (волн) и ее радиационного излучения обратно в пространство. Возможный механизм мы позже обсудим.

Итак, основная часть поглощенного теплового кванта преобразуется в «*потенциальную внутреннюю энергию*», и только очень малая часть превращается в *кинетическую энергию* молекулы. Согласно МКТ средняя квадратичная скорость молекул воздуха определяется формулой

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad \text{где } \mu = 29 \text{ гр/моль}$$

При нормальных условиях эта скорость равна $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = 485 \text{ м/с}$. Вспомним теперь, что при этих же условиях скорость звука составляет всего 332 м/с! Это совершенно не вписывается в рамки здравого смысла и приводит к абсурдным выводам.

Пример 3.1. На скамейке в саду сидит старушка. Греет солнышко. Вокруг нее снуют молекулы воздуха. Согласно МКТ скорость частиц воздуха при нормальных условиях порядка 400 – 500 м/с. Это скорости артиллерийских снарядов! Такая скорость «испепелила» бы старушку! Молекулы безжалостно толкают старушку, но она этого не замечает. Подул ветерок 2 м/с, и старушка его почувствовала. А потом налетел шквал со скоростью 25 м/с. Вот тут старушка всполошилась и воскликнула: «Это ураганный ветер! Пора домой!». Почему старушка почувствовала скорость ветра 2 м/с, но удары молекул, бьющие в лицо со скоростью 450 м/с, она не чувствует? Сверхзвуковой истребитель эту скорость встречного движения хорошо «чувствует». По этой причине переднюю кромку крыла изготавливают из тугоплавкого титана. Бабушке же «титановая защита» не нужна.

В МКТ принято, что средняя кинетическая энергия беспорядочного движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре T . **Отказываясь** от канонического распределения Гиббса, от распределения Максвелла молекул по скоростям и от современного статистического подхода к теории газов, мы должны дать новое определение понятию «**температура**».

Мы ранее приняли, положение, согласно которому основная часть радиационного теплового излучения преобразуется во «внутреннюю энергию» молекулы, не связанную с кинетической энергией. Кинетическая энергия молекулы весьма мала и при поглощении теплового потока меняется незначительно. Величиной кинетической энергии в энергетическом балансе можно пренебречь. Мы исходим из того, что в стационарном состоянии (режим теплового равновесия) имеет место баланс между поглощенной телом энергии и излученной телом тепловой энергии. Поэтому целесообразно температуру тела связывать с плотностью потока тепловой энергии.

Определение. Абсолютная температура тела *пропорциональна плотности потока волновой энергии, излучаемой телом в свободное пространство, при условии, что окружающая среда не создает потоков энергии и только поглощает излученную энергию. Относительная температура двух тел пропорциональна разности плотностей потоков двух тел излучаемых в свободное пространство, для которых ищется относительная температура.*

Итак, мы выдвинули гипотезу, что *тепловая (волновая) энергия превращается практически в энергию внутреннего состояния молекулы*, и лишь пренебрежимо малая ее часть передается кинетической энергии молекулы. Таким образом, МКТ, как аспект термодинамики, утрачивает свою «научность». Теперь ученых не должны мучить по ночам «кошмары» о «тепловой смерти Вселенной».

4. Что натворил кризис физики?

Мы хорошо понимаем, что кризис физики, начавшийся в конце 19 столетия, далек от завершения. Но, вообще говоря, даже у нас полученные для МКТ выводы *вызвали шок*. Мы долго не могли поверить в их доказательность, пока не завершили основные исследования по электродинамике. Нас, вообще говоря, трудно чем-то удивить, кроме нелепых возражений догматиков. Именно они надолго затормозили развитие теоретической физики. Сколько раз мы обнаруживали ошибки и сколько раз удивлялись! Несколько примеров.

Пример 4.1. Нами была обнаружена ошибка геометров возрастом 200 лет! Оказывается, что в «пустом» пространстве невозможно построить самостоятельное *криволинейное пространство*. Построение невозможно, если нет «опорного» Евклидова или псевдо Евклидова пространства там, где будет расположено криволинейное пространство. Без опорного Евклидова пространства криволинейное пространство *не может существовать принципиально*. Этот факт **обрушивает** «физическую интерпретацию» явлений в рамках ОТО [4].

Пример 4.2. Физики постоянно восхищаются «*блестящим математическим формализмом*» релятивистской механики. А знаете ли вы, что релятивистский интеграл действия **не имеет экстремумов**, т.е. он постоянный по величине? Знаете ли вы, что в релятивистском интеграле действия «принцип наименьшего действия» **не выполняется** (не реализуется)? Как следствие, существует неоднозначность в формулах уравнения движения частиц (о чем пишут сами физики в учебниках) и в законах сохранения. Теория взаимодействия зарядов оказывается «*блестящим мыльным пузырем*»! То же самое можно сказать о теории ускорителей, о теории элементарных частиц [5]. Это следствия «*блеска*».

Пример 4.3. Мы мучительно долго искали логически верные решения для объяснения «парадоксов» СТО. Анализ показал, что преобразование Лоренца *математически корректно* [6]. Более того, **существует** большой класс преобразований, родственных преобразованию Лоренца. Ошибка А. Эйнштейна имеет *философский характер*. Он не видел различия между категориями «*явление и сущность*», поэтому он не смог дать непротиворечивое *объяснение* сущности преобразования Лоренца. Мы не имеем права обвинять Эйнштейна. Он разработал идею и имел право ее изложить публично. К несчастью, ученые-физики оказалось не на высоте, приняв ошибочные «объяснения» *за абсолютную истину*.

МКТ — это тоже пример ошибки. Обратимся теперь к электродинамике!

5. Виртуальные заряды

Виртуальные заряды — это не наше «изобретение». *Виртуальные заряды* появились в физике давно, когда впервые были сформулированы граничные условия для полей в электродинамике. Граничные условия **на поверхности металла**, например, имеют вид

$$[\mathbf{n} \times \mathbf{E}] = 0, \quad \varepsilon(\mathbf{nE}) = \rho_s \quad \text{и} \quad [\mathbf{n} \times \mathbf{H}] = -\mathbf{j}_s, \quad (\mathbf{nH}) = 0 \quad (5.1)$$

где: ρ_s - поверхностная плотность *виртуальных зарядов*; \mathbf{j}_s - поверхностная плотность *виртуальных токов*? \mathbf{n} — единичная нормаль к поверхности металла.

Граничные условия (5.1) справедливы для электромагнитных волн и квазистатических полей зарядов. Однако мало кто задумывается над проблемой: почему граничные условия выполняются практически **мгновенно**? Такую большую скорость *невозможно* объяснить перемещением «свободных электронов» в металле. Электроны имеют очень большую инерцию.

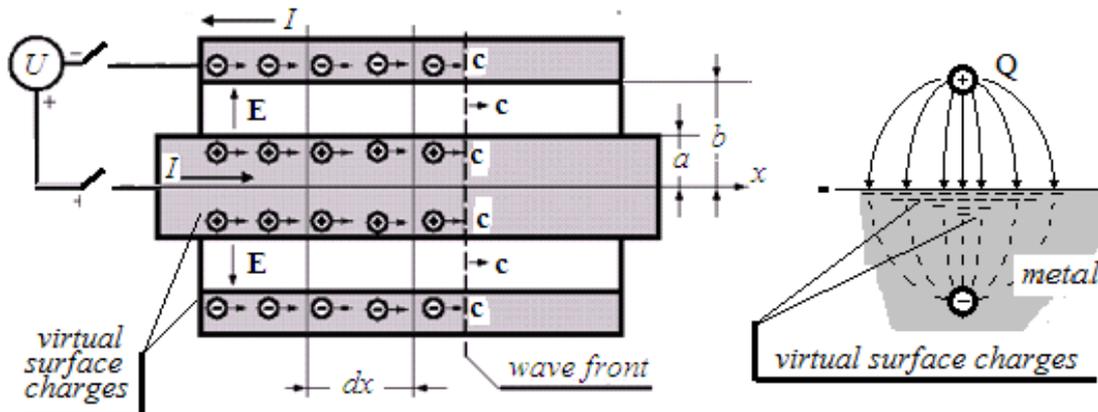


Рис. 1. Виртуальные (поверхностные) заряды в коаксиальной линии и на поверхности металла.

Виртуальные заряды и токи существуют на поверхностях волноводов, объемных резонаторов и коаксиальных линиях (см. Рис. 1). Фазовая скорость их распространения может превышать скорость света в вакууме [2]. Экспериментальные исследования виртуальных зарядов были опубликованы в [7].

Только благодаря этим виртуальным зарядам и токам **граничные условия** выполняются практически **мгновенно**. Попытки дать объяснение, опираясь на электронную проводимость, например, металлов оказались безуспешными из-за высокой инерции электронов. Таким образом, **нанесен удар по электронной теории проводимости в металлах**. У нее появился мощный конкурент!

Ниже мы будем говорить **только о виртуальных зарядах** с плотностью ρ (поверхностная плотность в металлах ρ_s), поэтому не вводим специальных обозначений. Экспериментальные исследования показали, что виртуальные заряды имеют прямую связь с токами Тесла [7].

6. Электродинамика подсказывает ...

Итак, в уравнениях Максвелла изначально присутствуют виртуальные заряды и токи. Однако из-за некорректного анализа они не вошли в физические теории. Строгий анализ был выполнен в работе [1]. Мы не будем пересказывать содержание этой работы. Выберем из нее то, что считаем наиболее важным для термодинамики и взаимодействия частиц.

1 Анализ уравнений Максвелла показал, что максвелловская электродинамика имеет две **независимых** ветви. **Первая ветвь** – квазистатическая электродинамика с ее мгновенным действием на расстоянии (!). **Вторая ветвь** – волновая электродинамика.

2. Было показано, что электрические заряды (электроны, протоны) **не способны самостоятельно** излучать и поглощать электромагнитные волны. Замкнутые системы зарядов являются **консервативными системами**. С этим мы столкнулись, излагая анализ в Части 1.

Примечание. Как известно, в науке нет абсолютно верных теорий. Каждая теория имеет пределы применимости, за которыми теория дает ошибочные предсказания. Это относится и к уравнениям Максвелла. Спешка, непоследовательность в создании новейших теорий привели к тому, что анализ уравнений Максвелла был проведен небрежно. Было незаслуженно удалено из физики, например, мгновенное действие на расстоянии и т.д. Возникло две классических проблемы: **проблема электромагнитной массы и проблема излучения**.

Первая проблема была решена недавно в рамках квазистатической электродинамики [8]. Некорректное решение проблемы излучения привело к проблеме «само-ускорения излучающего электрона». Она не решена. Как было выяснено в [1], физики далеки от ее решения (см. пункт 2 выше). Однако нами были получены интересные результаты.

3. Было получено условие отсутствия излучения продольных волн, из которого следует, что масса покоя виртуальных частиц равна нулю. Поперечные волны излучаются только вихревыми токами виртуальных частиц. Этот теоретический результат требует проверки.

4. Было показано, что **любую частицу** окружает «атмосфера» («шуба») из **виртуальных частиц** (см. Рис 2). Особенность виртуальных частиц в том, что они:

во-первых, не имеют **инерции** и связаны с атомом, электроном,

во-вторых, они могут при определенных условиях создавать **заряженный слой любого знака** и соответствующий ток (Рис. 1),

в-третьих, они ответственны за излучение электромагнитных волн и их поглощение, т.е. они способны превращать **внутреннюю, запасенную частицей энергию в волновую энергию и обратно**.

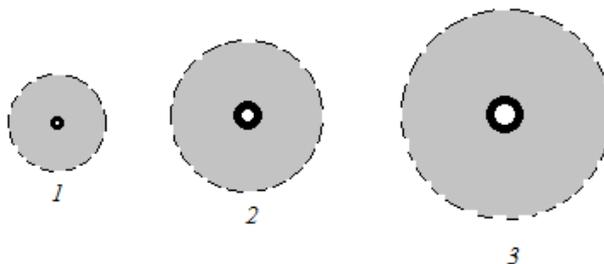


Рис. 2. Окружение из виртуальных частиц вокруг инерциальных частиц. Обозначения: 1 – электрон, 2 – атом, 3 – частица. Масштабы условные.

Виртуальные частицы являются промежуточным агентом (посредником) между инерциальными зарядами (электронами, протонами) и волнами в электродинамике. Заметим, что они могут не только излучать и принимать волны. Они могут формировать вокруг частиц дополнительные **квазистатические поля и потенциалы** виртуального характера. Это пока **гипотетические** представления о **новом механизме**. Их еще предстоит изучить экспериментально и описать математически. Часть информации имеется в [1].

5. Запишем систему уравнений Максвелла в потенциалах [1]. Уравнения записаны для полей **только виртуальных зарядов ρ и виртуальных токов \mathbf{j}** .

$$\Delta\varphi - \frac{\partial^2\varphi}{\partial(ct)^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (5.1)$$

$$\Delta\mathbf{A}_1 - \frac{\partial^2\mathbf{A}_1}{\partial(ct)^2} = -\mu\mathbf{j}_1; \quad \text{div}\mathbf{A}_1 = 0; \quad \text{div}\mathbf{j}_1 = 0; \quad \mathbf{j} = \rho\mathbf{v} \quad (5.2)$$

$$\Delta\mathbf{A}_2 - \frac{\partial^2\mathbf{A}_2}{\partial(ct)^2} = -\mu\mathbf{j}_2; \quad \text{rot}\mathbf{A}_2 = 0; \quad \text{rot}\mathbf{j}_2 = 0; \quad \text{div}\mathbf{A}_2 = -\partial\varphi/(c^2\partial t) \quad \Delta\rho - \frac{\partial^2\rho}{\partial(ct)^2} = 0 (?) \quad (5.3)$$

где: ρ - плотность виртуальных зарядов; φ - скалярный потенциал виртуальных зарядов; \mathbf{A}_1 - вихревой (соленоидальный) компонент виртуальных зарядов; \mathbf{A}_2 - безвихревой компонент виртуальных зарядов.

Мы поставили знак вопроса в последней формуле (5.3), поскольку не ясен механизм превращений (рождения, уничтожения, движения) виртуальных частиц. Теперь перейдем к энергетическим соотношениям для уравнений (5.1) – (5.3) [1]. Мы имеем три волновых уравнения. Каждое описывает перенос энергии с помощью волн. Мы имеем три разных вида волны.

1 **Поперечная волна** векторного потенциала \mathbf{A}_1 , ($\text{div}\mathbf{A}_1 = 0$), [1]. Она описывается вихревым векторным потенциалом. Поля $\mathbf{E} = -\partial\mathbf{A}_1/\partial t$ и $\mathbf{H} = \frac{1}{\mu}\text{rot}\mathbf{A}_1$ являются **поперечными**. Плотность потока энергии $\mathbf{S}_1 = [-\frac{1}{\mu}\frac{\partial\mathbf{A}_1}{\partial t} \times \text{rot}\mathbf{A}_1]$. Факт хорошо известный.

2. **Продольная волна** векторного потенциала \mathbf{A}_2 ($\text{rot}\mathbf{A}_2 = 0$), [1]. Это уже новый вид излучения в электродинамике. Плотность потока энергии продольных волн $\mathbf{S}_2 = (-\frac{1}{\mu}\frac{\partial\mathbf{A}_2}{\partial t} \cdot \text{div}\mathbf{A}_2)$. Попытки обнаружить продольные волны пока не увенчались успехом. Возможно, ученые искали продольные волны не там, где они могли бы существовать? Законы излучения, отражения и преломления для продольных волн не изучены и могут не совпадать друг с законами для поперечных волн. Еще одна тема для исследований!

3. **Продольная волна** скалярного потенциала φ , [1]. Ее плотность энергии равна $\mathbf{S}_3 = (\varepsilon\frac{\partial\varphi}{\partial t} \cdot \text{grad}\varphi)$. Плотность потока **отрицательна**, плотность энергии волны тоже **отрицательна!** Скептик скажет: «*Этого не может быть, потому что не может быть никогда!!!*». А может ли быть такое в реальности? Реальность не отвергает такой возможности. Энергия **гравитационного взаимодействия** материальных тел (Земля – Луна, Солнце - Юпитер) **отрицательна!** Этому не следует удивляться!

Изложенный вариант изучения математически корректен и его пока не следует отбрасывать без анализа. Формально такие волны существуют в рамках уравнений Максвелла. Их необходимо попытаться экспериментально грамотно обнаружить!

Есть субъективная оценка теплового потока. Например, вы чувствуете, как солнце «жжет» в полдень вашу руку. Однако тот же световой поток солнечной энергии, отраженный от зеркала, производит меньшее тепловое воздействие на кожу. Почему? Тепловые потоки продольных волн, зрительно не воспринимаются. При отражении от зеркала потоки тепловых продольных волн могут распространяться в другую сторону.

Тот же эффект «яркостной оценки» светового потока требует осмысления. Будет ли тепловое воздействие одинаковым от **раскаленного железа** (оранжевый цвет) и **оранжевого корпуса автомобиля одинаковой яркости**, лучи которых прошли через **одинаковый узкополосный световой фильтр**? Нужны целевые эксперименты.

Современная наука пока не в состоянии дать объективный ответ. Нет экспериментальных исследований в этих направлениях. Поэтому «теоретический» ответ будет опираться, в лучшем случае, на догмы и предрассудки. А этого мало. Необходимо проведение экспериментальных исследований, чтобы **вычленил правильные направления и отказаться от ложных гипотез и предположений**. «Специалисты», как правило, бывают «узкими». Как писал К. Прутков: «*Узкий специалист флюсу подобен: полнота его одностороння*». Кроме своей темы они обычно слабо информированы о проблемах и достижениях смежных наук. Наша цель – на **качественном уровне** «примерить» новые результаты для веществ (газов, твердых тел и т.д.) в смежной для электродинамики области.

Сделаем важное замечание. Развитие технических дисциплин на основе уравнений Максвелла (радиолокация, радиотехника, антенно-фидерные системы, электроника СВЧ и др.) породило иллюзию

относительно их полноты и завершенности. Это *ошибочное мнение*. Совсем недавно мы обнаружили явления не описанные теоретически, с которыми технические специалисты постоянно имеют дело, но не придают им значения. Мы же, опираясь *на неполноту* уравнений Максвелла, используем идею виртуальных зарядов, окружающих частицы для развития термодинамики.

7. Вернемся к проблемам взаимодействия

Итак, мы отклонили статистическую модель идеального газа и МКТ, как противоречащие основам классической механики. Теперь нам предстоит описать предполагаемую модель термодинамических связей. Здесь мы используем «подсказку» из электродинамики о наличии «атмосферы» или «шубы» вокруг любого электрона, атома или тела. Поскольку мы не считаем уравнения Максвелла «завершенными», мы используем идею об окружении тел виртуальными частицами. Мы пока наделим их гипотетическими свойствами, чтобы показать «продуктивность» такого подхода при объяснении явлений термодинамики. Это предварительная модель, которую можно изменять и уточнять в будущем.

На наш взгляд, тепловое воздействие изменяет внутреннюю **потенциальную** энергию частицы, а уж потом *немного* влияет на ее кинетическую энергию. Частица должна находиться в постоянном тепловом равновесии с окружающей средой. Если энергия запасенная частицей мала, она ее поглощает из внешних потоков энергии. Поглощенное виртуальными частицами тепло (волновая энергия) превращается в потенциальную энергию благодаря окружающим ее виртуальным частицам. Но если запасенная энергия велика, излишек ее «сравливается» теми же виртуальными частицами в форме излучения. Тем самым достигается тепловое равновесие между частицей и средой.

Примечание. Здесь мы сталкиваемся с **уникальным механизмом** прямого преобразования волновой энергии во внутреннюю потенциальную энергию частицы (поглощение) и обратного преобразования энергии запасенного поля в энергию волнового поля (излучение). Преобразования осуществляют виртуальные заряды. Пока этот механизм не изучен экспериментально и теоретически. Рассматривая новый механизм взаимодействия молекул (виртуальные частицы), мы не должны забывать и об электронном механизме взаимодействия молекул. Это важно при анализе химических связей в твердых телах (ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь, водородная связь и другие возможные виды связи) и светового излучения при ионизации.

Изложенная точка зрения о распределении потенциала вокруг молекул и атомов не является оригинальной. Ее разные варианты обсуждаются в интернете и статьях. Но, по-видимому, впервые идея потенциала была изложена Леннард-Джонсом, в 1924г. Потенциал взаимодействия двух частиц зависит от расстояния между ними и имеет следующий вид [9]:

$$U(r) = 4\varepsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right] \quad (7.1)$$

где: ε - глубина потенциальной ямы; σ - расстояние, на котором энергия взаимодействия становится равна нулю; r – расстояние.

Формуле (6.1) соответствует *левый график* на Рис. 3. Силы взаимодействия пропорциональны градиенту потенциала. Они изображены на *правом графике* Рис.3.

Потенциал Леннард-Джонса обычно используется учеными при моделировании жидкости и твердых тел. Хотя считается, что для металлов потенциал (7.1) не очень подходит, но характерный вид кривой сохраняется для всех случаев. При сближении двух частиц на расстояние $r > a$ действуют силы притяжения, а если $r < a$ действуют силы отталкивания. Точка $r = a$ является **точкой устойчивого равновесия** в жидкостях и твердых телах. В ее окрестности центры частиц могут совершать колебательные движения. Фактически условие $r = a$ определяет поверхность сферы, центром которой является атом или молекула. Точки на поверхности есть точки устойчивого равновесия.

Эту идею мы постараемся распространить и расширить для объяснения некоторых явлений в газах. К сожалению, мы не являемся специалистами в области термодинамики. С одной стороны, это плохо, поскольку мы не имеем достаточно полной информации. С другой стороны, на нас не давят предрассудки и заблуждения, и мы имеем право высказывать свою (хотя и гипотетическую) точку зрения. Тем более что вы вошли в термодинамику не с «пустыми руками», а с новыми идеями и результатами, которые постараемся «примерить» для этой теории.

Потенциал вокруг частицы (электрона, атома, молекулы, капельки) образуется не только благодаря наличию протонов и электронов атомных оболочек, но и тем «виртуальным облаком», которое окружает молекулу. О размерах этого облака мы поговорим позже. По нашей оценке это величина много больше, чем межатомные расстояния в твердых телах.

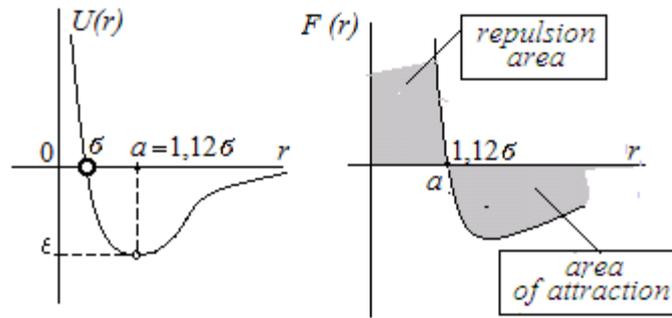


Рис. 3 Потенциал Леннарда-Джонса и силы взаимодействия

Рассмотрим качественную картину взаимодействия двух одинаковых частиц в свободном пространстве. Если мы имеем очень низкие температуры, то потенциал будет иметь форму, близкую к потенциалу Леннарда-Джонса. На Рис.4 это кривая 1, на которой приведен график зависимости силы $F(r)$ от расстояния. На этой кривой точка пересечения $F(r)$ с осью r является точкой устойчивого равновесия для двух взаимодействующих частиц.

Мы предполагаем, что с ростом окружающей температуры происходит поглощение тепловой (волновой) энергии слоем виртуальных частиц, которые эту энергию **преобразуют** в дополнительный потенциал в окружающем пространстве. Потенциалы складываются. В результате мы имеем кривую 2 на Рис.4, где имеются **три точки** пересечения (r_0, r_1, R).

Мы обращаем внимание на очень важный факт: параметры потенциала Леннарда-Джонса (σ, ϵ) **не зависят от температуры**. В отличие от «чистого» потенциала Леннарда-Джонса, суммарный потенциал (потенциал Леннарда-Джонса и потенциал виртуальных частиц) является функцией температуры. Величины r_0, r_1 и R теперь становятся зависимыми от T , т.е. от количества поглощенной тепловой энергии.

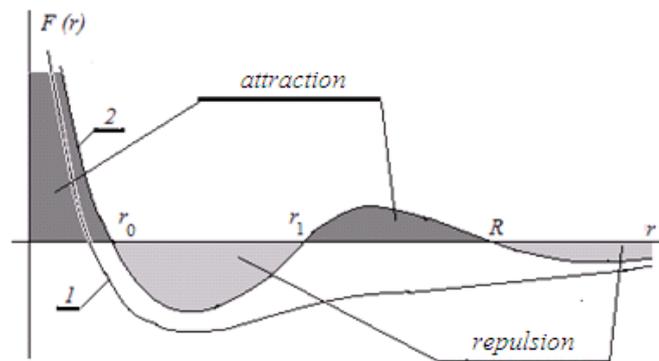


Рис. 4. Кривая 1 – потенциал Леннарда-Джонса, кривая 2 – реальный потенциал.

1 Точка при $r = r_0(T)$. Эта точка является **точкой устойчивого равновесия**. Если атомы находятся на этом расстоянии, они образуют устойчивое соединение («молекулу»). Когда температура растет, то точка r_0 смещается вправо. Расстояние между молекулами или атомами возрастает. Это создает эффект линейного расширения, например, твердых или жидких тел.

2. Далее по мере увеличения расстояния от молекулы мы подходим к граничной точке $r_1(T)$. Это точка неустойчивого равновесия. Если в результате столкновения расстояние r окажется меньше, чем r_1 , то возникают условия для сближения частиц и образования «молекулы». Если же расстояние r больше, чем r_1 , то частицы расталкиваются и расходятся. Столкновение может быть в принципе либо абсолютно упругим, либо неупругим с излучением или поглощением части энергии в виде волны.

3 Область от r_1 до R есть область действия сил **расталкивания**. Она по нашему мнению достаточно велика и обеспечивает **существование давления в замкнутых** объемах при изменении температуры T или при изменении объема V . «Объем» этой области (при постоянном давлении) растет, как известно, пропорционально температуре T . Обратите внимание на механизм образования давления. Это не **кинетическая** энергия, как в МКТ, а **потенциальная** энергия, расталкивающая частицы.

При сжатии молекул в некотором объеме объем молекул должен уменьшиться, а внутреннее давление возрасти. Возникают внутренние деформации сжатия (область от r_1 до R). Возрастает энергия механического расталкивания и термическое равновесие нарушается. Избыток тепловой энергии приводит

к «нагреву» тела или объема газа. Чтобы компенсировать это нарушение теплового равновесия и вернуть систему к внутреннему равновесию ($r \geq R$), виртуальное облако должно *излучить «излишек» тепловой энергии в виде волн*. Тем самым тепловое равновесие будет восстановлено. Отсюда объяснение нагрева газа при его сжатии.

Расширение — это обратный процесс с поглощением недостающей до термодинамического равновесия волновой энергии из окружающей среды. Таким образом, мы весьма сильно ограничили не только скорости частиц, но и предложили новые объяснения термодинамическим явлениям.

Примечание.

1. Следует отметить, что на Рис. 4 изображена предполагаемая зависимость силы взаимодействия от расстояния. Не исключено, что эта кривая может иметь несколько максимумов и точек устойчивого равновесия на различных расстояниях, а в некоторых случаях она может зависеть и от направлений в пространстве (анизотропия).

2 Расстояние r_0 является функцией количества поглощенной энергии. Оно увеличивается с ее ростом. Наиболее устойчивое состояние достигается, когда расстояния r_0 обеих частиц почти одинаковы. Этого результата частица может «достичь» поглощая дополнительную волновую энергию от внешней среды или же излучив ее избыток.

8. Поговорим о частицах и новых объяснениях явлений

Электрон. В квантовой физике используется значение «радиуса электрона» r_0 , выраженного через постоянную тонкой структуры и радиус первой Боровской орбиты в атоме водорода a_0 : $r_0 = 2,8179 \cdot 10^{-15}$ м. Это значение получено как *сечение взаимодействия* квантов с электроном. Это не размер самого электрона, а размер окружающего его «облака» среды, т.е. «атмосферы», с которым и происходит взаимодействие. Возможно, r_0 как раз и обусловлен *виртуальными частицами*, окружающими электрон.

В классической электродинамике имеется другой «классический радиус» электрона, равный $r_{кл} = 1,5347 \cdot 10^{-18}$ м. Если сравнить «классический» радиус электрона $r_{кл}$ с r_0 , то увидим их различие примерно в $2 \cdot 10^3$ раз. Возможно, это и есть порядок относительной величины «размера» виртуального облака, окружающего электрон, о чем мы говорили выше.

Атом. Атом имеет, вообще говоря, размытые границы. Порядок величины размера атома 10^{-8} см. Порядок величины диаметра атомного ядра $10^{-13} - 10^{-12}$ см. Размер атома определяется радиусом его внешней электронной оболочки. Размер ядра на 5 порядков меньше размера оболочки атома. Вообще говоря, величина 10^{-8} не очень надежна. Первая причина связана со сложностью измерений. Вторая причина в том, что в измерения «вмешивается» облако виртуальных частиц, которое «маскирует» реальные размеры атома. Мы *предполагаем*, что облако виртуальных частиц, окружающих атом, может иметь диаметр раз в 5 – 50 больше размера атома. Это предположение покоится на допущении, что внешние размеры виртуального облака могут возрастать при поглощении им тепловой энергии волнового характера.

Отказ от МКТ позволяет сформулировать новые объяснения некоторым явлениям термодинамики. Мы начнем с того, что при нормальных условиях кинетической энергией атомов *можно пренебречь* по сравнению с энергией теплового излучения окружающего пространства (i). Любое тело стремится находиться с этим излучением *в термодинамическом равновесии*. Тепловая энергия запасается и излучается атомом (электроном, нуклоном, молекулой, телом) благодаря облаку *виртуальных частиц* (ii), окружающих атом (молекулу и т.д.).

Поскольку поглощенная энергия находится в облаке виртуальных частиц, окружающих атом, молекулу, то теплоемкость *должна слабо зависеть от массы атома или молекулы* и от числа электронов, окружающих атом (молекулу). Этим можно объяснить парадокс, связанный с тем, что газы с меньшими молекулярными массами обладают такой же теплоемкостью, как и газы с большими массами. Теплоемкости газов весьма близки друг к другу. Теплоемкость, например, инертных газов от гелия до радона одинакова и составляет 20,79/Дж•Моль•К. МКТ бессильна объяснить это.

Для твердых тел действует “эмпирическое правило Дюлонга и Пти”. Согласно этому правилу, теплоемкость (любых!) **твердых тел** при постоянном объеме не зависит от температуры и равна 6 кал/(моль•К) или 25,12дж/(моль•К). Это свойство мы также имеем право связать с виртуальными частицами, поскольку МКТ не способно объяснить это явление.

Сопоставим ТКР (температурный коэффициент расширения) алюминия и свинца. Для алюминия ТКР составляет $7,14 \cdot 10^{-5}$, а для свинца $8,76 \cdot 10^{-5}$, что является совершенно необъяснимым с точки зрения МКТ. Но это сравнительно просто можно объяснить с изложенной выше точки зрения. ТКР свинца оказался больше ТКР алюминия всего на 20 процентов, хотя масса атома алюминия почти в 8 раз меньше! Здесь МКТ также не дает шансов для объяснения.

Теперь поднимемся в облачные высоты и решим проблему грозных облаков. Радиус R (Рис. 4) позволяет нам ответить на ряд вопросов. Главный из них: а почему теплый воздух (пар) поднимается вверх? Ответ оказался весьма простым. Есть масса частицы. Есть «граничный объем» радиуса R , куда «чужим частицам вход воспрещен». Отношение массы частицы к граничному объему $V(T) = \frac{4}{3}\pi R^3$ определяет «среднюю плотность» массы нагретой частицы. Чем больше температура, тем больше R и тем ниже плотность. Следовательно, нагретые слои с меньшей плотностью будут выталкиваться вверх более плотными холодными слоями. Скорость частиц здесь играет отнюдь *не первостепенную* роль. Архимед это понимал!

Но почему облака при низких температурах воздуха не опускаются до земли? При охлаждении радиус R уменьшается и облака «тяжелееют». Они должны «упасть» на землю. Здесь срабатывает эффект взаимодействия молекул воды (взаимное притяжение, при $r > R$). Оно подобно поверхностному натяжению связывает молекулы воды и удерживает их. Молекулы притягиваются друг к другу, образуя «пленку». Более теплый воздух не в состоянии разорвать эту связь и должен снизу поддерживать тучи. Видимо, по этой причине «купол» облаков имеет форму «башен», а нижний слой имеет почти плоскую поверхность (Рис. 5).



Рис. 5

Еще один интересный вопрос о теплоте, выделяемой при химических реакциях. Поскольку мы не нашли в литературе достаточно логичного объяснения, мы можем предложить свою версию. Облако из виртуальных частиц формирует вокруг центра атома на расстоянии r_0 поверхность устойчивого равновесия в соответствии с Рис.6. Для атома это может быть сферическая поверхность, для более сложных молекул это может быть эллипсоид или овал вращения и т.д. Для устойчивого равновесия центры атомов должны быть на расстоянии r_0 друг от друга и находиться в точках устойчивого равновесия (на поверхности равновесия $r_0 = \text{const}$).

На конфигурацию поверхности устойчивого равновесия должна влиять определенным образом электронная оболочка, электроны валентной группы. Когда происходит соединение одинаковых частиц, то расстояния r_{01} и r_{02} одинаковы. В этом случае происходит «перестройка», т.е. объединение «облаков» виртуальных частиц с соответствующим перераспределением энергии. При «избытке» суммарной энергии часть ее излучается в виде теплового потока, а при недостатке поглощается из окружающей среды для восстановления термодинамического равновесия.

Более сложная картина возникает тогда, когда радиусы r_{01} и r_{02} различны. Здесь, если, например, центр второго атома находится на поверхности равновесного состояния, то на центр первого атома действует сила притяжения F . Если же центр первого атома находится на поверхности равновесия ($r_{02} = \text{const}$), то на второй атом действует выталкивающая сила F (Рис. 6).

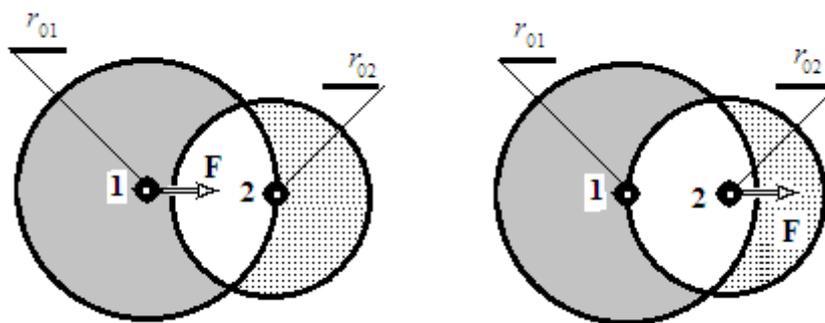


Рис.6

Для сохранения устойчивого равновесия происходит перестройка виртуальной «атмосферы». Первый атом может излучить часть энергии в свободное пространство. Тем самым радиус r_{01} станет меньше. Второй атом может поглотить часть энергии. Его радиус увеличится. При $r_{01} = r_{02}$ возникает возможность установления равновесия и устойчивой связи атомов. Это предположительный вариант, который, возможно, не является основным, но его следует принимать во внимание.

Мы изложили только первую (наиболее простую и очевидную) часть задачи, связанную с тепло-энергетическим обменом. За ней спряталась не менее трудная, но и не менее интересная другая задача. Необходимо понять и объяснить *взаимодействие* электронной оболочки с «атмосферой» из виртуальных частиц, окружающей молекулу. Необходимо понять механизм излучения волн на дискретных частотах (серии: Лаймана, Бальмера, Пашена ...). Здесь возможен *альтернативный подход* по отношению к существующему квантово-механическому подходу.

Конечно, было бы хорошо сразу описать количественно и подтвердить теорию экспериментами по полной программе. Но, увы! Мы в этой области начинающие исследователи и не имеем возможности сделать это.

Другие пути решения проблем термодинамики, изложенные недавно, мы нашли в [10], [11].

Заключение

В изложенном материале мы имеем дело с заменой устаревшей теории новой теорией в рамках термодинамики. Мы отклонили МКТ и предложили новое объяснение явлений. Мы показали, что предложенная модель позволяет дать логически непротиворечивое объяснение явлений и процессов. Это свидетельствует о правильном их понимании. Строгих объяснений этих явлений в рамках МКТ, не существует. У нас пока нет для количественного описания необходимых экспериментальных данных. Тем не менее, предварительные результаты, на наш взгляд, обнадеживают. Перечислим некоторые результаты.

1 Было установлено, что каноническое распределение Гиббса нельзя использовать для описания явлений термодинамики. Процессы столкновения молекул газа играют незначительную роль.

2 Любая молекула вещества окружена «атмосферой» из виртуальных частиц, которые отвечают за взаимодействие (излучение и поглощение) с тепловым потоком энергии (волнового характера).

3 При взаимодействии виртуальных частиц молекулы с потоком тепловой энергии основная часть энергии превращается в потенциальную энергию взаимодействия. На долю кинетической энергии приходится очень маленькая часть.

4 Процесс расталкивания молекул газа определяется виртуальными частицами и величиной поглощенной ими энергии, а не упругими столкновениями между молекулами.

Это предварительные итоги нового подхода к объяснению явлений термодинамики. Термодинамика описывает тепловые явления в твердом, жидком и газообразном состоянии веществ. Здесь мы хотели бы обратить специальное внимание на поверхностные и контактные явления.

Например, твердое тело – газ. Здесь мы встречаемся с явлениями конденсации и возгонки, а также с такими явлениями, как термоэлектронная эмиссия, фотоэффект, автоэлектронная эмиссия и др. В жидкости мы встречаемся с явлениями испарения, с броуновским движением и т.д. Есть контактные явления, возникающие на границе двух разнородных сред (контактная разность потенциалов, явления в p - n переходах, «горячие» электроны и др.).

В современных объяснениях *отсутствуют виртуальные частицы*. Учет влияния виртуальных частиц может существенно изменить физическую интерпретацию экспериментов и, соответственно, теорий. Поэтому все эксперименты по термодинамике *требуют пересмотра* существующих объяснений. Изложенные результаты выходят за рамки традиционной термодинамики. Полученные следствия важны для химии и теории твердого тела.

Прогноз

Если будет строго установлена ограниченная применимость или неприменимость МКТ для описания явлений, термодинамика естествознания ожидают радикальные перемены. Термодинамика, химия и физика твердого тела существенно изменят модели описания взаимодействий в микромире. Не менее серьезные изменения ожидают электродинамику и квантовые теории.

Ссылки

1 В.А. Кулигин, М.В. Корнева, Г.А. Кулигина. Механические основы уравнений Максвелла. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001f/00163788.htm>

2 Л.Д. Гольдштейн Н.В., Зернов Электромагнитные поля и волны, издание 2-е, переработанное и дополненное. Москва. Издательство "Советское радио", 1971.

3 Я.П. Терлецкий. Статистическая физика. (2-е изд.) М.: Высшая школа, 1973.

4 В.А. Кулигин. Крах ОТО из-за ошибки геометров. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001g/00164036.htm>

- 5 В.А. Кулигин. «Блестящий математический формализм» с «привидениями».
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001g/00163903.htm>
- 6 В.А. Кулигин. Об ошибке Пуанкаре, которую он не успел исправить.
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001e/00162884.htm>
- 7 В.А. Кулигин. Виртуальные заряды и токи Тесла в электродинамике.
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001f/00163694.htm>
- 8 В.А. Кулигин, М.В. Корнева, А. Чубыкало, А. Эпиноза. Проблема «4/3»,
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001g/00164093.htm>
- 9 Потенциал Леннард-Джонса . Lennard-Jones, J. E. (1924), "On the Determination of Molecular Fields", Proc. R. Soc. Lond. A, **106** (738): 463-477, Bibcode:1924RSPSA.106..463J, doi:10.1098/rspa.1924.0082
- 10 Д.С. Баранов, В.Н. Зателепин. «Дальнодействие в процессах теплообмена».
<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001g/00164162.htm>
- 11 Salama Abdel-Hady. «A Fundamental Equation of Thermodynamics that Embraces Electrical and Magnetic Potentials». *J. Electromagnetic Analysis & Applications*, 2010, 2: 162-168
doi:10.4236/jema.2010.23023 Published Online March 2010 (<http://www.SciRP.org/journal/jema>).(на англ., *Egunem*).