

Б. Ф. Полторацкий

ФИЗИКА КВАНТОВ И ГРАВИТАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ

В этой статье представлена несложная компьютерная методика расчёта сил квантового взаимодействия элементарных частиц и их скоплений в рамках теории и практики электромагнетизма 20-го века. Простота и универсальность современных вычислительных методов, использованные здесь, позволили решить самые актуальные и интересные задачи физики, не прибегая к помощи фантастических гипотез, постулатов, моделей, умозрительных теорий и прочих выдумок. Показано, что диапазон расстояний, для которых могут вычисляться взаимодействия на обычном ПК, идейно или программно почти не ограничен. Поэтому расчёт сил гравитации следует сразу за детальным анализом ближнего взаимодействия, оставляя соединёнными вместе эффекты и гравитационные, и квантовые. Впервые получил объяснение механизм внутриядерных взаимодействий.

Всё это представлено в форме, вполне доступной для понимания студентами и школьниками, на которых и рассчитано изложение этой статьи.

Предисловие

Эта работа не случайно адресована молодым людям. Здесь есть связь с современным состоянием науки и общества. Дело в том, что психологи, искусствоведы и психиатры давно едины в том мнении, что люди по своему восприятию действительности делятся на реалистов и аутистов. Последние смотрят только сами себе внутрь и всегда готовы поделиться увиденным, особенно если это сопряжено с какой-либо выгодой. А у первых внимание обращено больше наружу, чтоб воспринять нюансы внешнего мира, как-то сопоставить всё увиденное с тем, что ему было известно ранее, и действовать сообразно обстановке. Оба психических радикала дополняют друг друга в большом человеческом обществе. Но в 20-м веке от войн и кое-чего ещё образовался перекосяк в сторону аутистов и они занялись внедрением своих суженных до размеров их пупков мировоззрений не только в политику, но и в науку тоже. В результате и то, и другое съехало в кювет сюрреализма. Так возникла мода на изучение Природы через странные сюрреалистические фантазии, которые оформлены в виде догматов, постулатов, гипотез и прочих «моделей». Теперь появились целые «школы» якобы физиков, которые обсуждают собственные и чужие глюки ... , извините, «модели», но категорически отворачиваются от материи и её движения. Как будто завтракают они моделями бутербродов, а пиво дегустируют по его модели из туалета в пивной. И это вопреки опыту, ведь они же знали, что Галилей не глюки бросал, когда измерял ускорение свободного падения, а Фарадей не «модели» возбуждал в катушках с помощью магнитов.

Физики с философами плохо перенесли стресс от открытия Макса Планка в 1900 году. Он проанализировал зависимость частоты электромагнитного излучения чёрного тела от его температуры, обнаруженную экспериментально,

и обработал её методами статистической физики. Расчёты показали, что их результаты точно соответствуют эксперименту только при двух условиях: если энергия элементарных актов излучения принимает только дискретные 2 значения, и если каждый шаг между соседними значениями равен некоторой постоянной, умноженной на частоту. Вот так Планк аналитически получил (вычислил) кванты в системе вещество + электромагнитное излучение.

Аутисты тоже были близко и применили к проблеме не статистику, но сюрреализм, согласно которому электромагнитного поля вообще не было, а были только фотонные мухи. Вот так просто: зачем птичка крыльями машет? Воздух-то не виден. А птичка от фотонных мух отмахивается. А зачем бегун ножками перебирает? Дорога не в счёт. А у бегуна фотонные мухи меж ног щекочут, вот он и дёргается. Абсурд? Нет, это ... аутизм! (артикуль сами добавьте).

Хотя аутисты очень обидчивы и в мести коварны, мы всё-таки повернём проблему в реальную плоскость. И мы будем честно решать задачу о взаимодействии не мух, но электромагнитного поля с веществом. Результат окажется очень даже достижимым и убедительным.

И ещё. Если Вы, дорогой читатель, легко поймете, о чём здесь речь, а собеседник всё талдычит про его «модели», то будьте добры к этому аутисту – он тоже человек и тоже требует снисхождения. Его бзики – его беда, но конечно пока он не получил полномочия перевоспитать Вас и других реалистов на свой лад, или истребить вообще. Вы никогда не догадаетесь о том, что он задумал.

Глава 1.

Обзор известных фактов из реальной физики

§ 1. Введение

Всю информацию о внешнем мире человек получает через органы чувств, которые воспринимают то или иное излучение от внешних объектов. Тепло, холод, звуки, изображения и т.д. – всё передаётся через излучение. То, от чего до человека никаких излучений не доходит, буквально невидимо и неосязуемо. Всё видимое или осязуемое ещё Аристотель относил к материи, которую вместе с её движением должна изучать наука физика. А как изучать? Аристотель под изучением понимал последовательное («что за чем произошло») наблюдение за всё той же материей и её движением. Галилео Галилей к этому добавил заранее продуманный и специально поставленный эксперимент или, как иногда говорят, – опыт. Используя опытные данные, классики науки делали соответствующие логические и математические выводы. Это и есть те принципы, на которых была построена к 20-му веку реальная классическая физика, включающая в себя механику и электродинамику.

Ну а если спросить у аутистов про физику, что они скажут относительно науки о материи и её движении? Какую физику они могут построить, разглядывая изнутри свой собственный пупок? А они уже разглядели и построили. Во-первых, вместо реального эксперимента они ввели понятие «мысленный эксперимент», который никак не связан с материей, но сводится только к констатации их собственных не совсем здоровых фантазий, называемых «моделями». Во-вторых, они приказали Природе заменить непонятное для них электромагнитное излучение, посредством которого мы видим предметы, понятными только им гипотетическими фотонами. В третьих, всю совокупность взаимодействий материальных объектов, принципы которых совершенно не видны на пупке, они списали на сонм загадочных потенциальных полей и сил. Все эти наивные детские фантазии дали в результате что-то сновидное и бредовое, которое однозначно соответствует определению сюрреалистической физики.

С вопросом, а зачем же нужна сюрреалистическая физика, мы уже разобрались ранее. А теперь приступим к строгому решению задачи о теории поля и вещества, на которую аутисты навесили так много фантастических гирлянд за весь 20-й и начало 21-го века.

Итак, следуя классикам, мы тоже начинаем с опытных данных.

На рубеже 19-го и 20-го веков мнение физиков уже склонялось в пользу участия динамических электромагнитных процессов в формировании сгустков энергии, которые существуют в полностью открытом пространстве и проявляют себя как особое семейство объектов, называемых теперь элементарными частицами. В частности, такую идею в 1908 году вполне определённо обобщил Анри Пуанкаре: «Расчёты Абрагама и эксперименты Кауфмана показали, что собственно механическая масса равна нулю и что масса электронов, или, по крайней мере, отрицательных электронов, имеет исключительно электродинамическое происхождение» [1]. По существу это не гипотеза, а вполне аргументированное, логически безупречное утверждение, подводившее итог обсуждений результатов экспериментов. Более того, ранее, в 1900 году тот же автор уже вывел формулу, связывающую эту массу (m) с энергией (E_v) и скоростью (c) распространения плоской электромагнитной волны [2]:

$$m = \frac{E}{c^2} . \quad (1)$$

Насколько нам известно, после Пуанкаре были только новые подтверждения его выводов, разумеется, теперь распространённые на все элементарные частицы. Надо сказать, что в ответ теоретики породили только гипотезы, иногда игривые комбинации из гипотез, именуемые почему-то теориями или «моделями», которые даже по форме не выходят за рамки утверждения Пуанкаре, но по существу только уводят проблему в область всё менее связанных с реальностью фантазий. Более того, потом сами эти фантазии

по странной диалектике слились и превратились в систему откровений, которая совсем ушла за пределы естественных наук.

В данной работе читатель не найдёт новых гипотез. А чтобы не путать вполне корректное и строгое понятие математической или компьютерной модели с вольным и чисто умозрительным спекулятивным построением, именуемым теперь физической моделью, мы вынуждены далее воздержаться от использования самого слова «модель». Мы возвращаемся к физике.

Теперь подробнее об электродинамике.

В её основе лежат работы многих исследователей электричества и магнетизма, а также механических потоков жидкостей и газов. Но решающее значение, по-видимому, сыграли эмпирические формулы М. Фарадея и А. Ампера. С учётом электрической индукции они были оформлены Дж. Максвеллом [3] в систему дифференциальных уравнений, которые были названы его именем. В современной интерпретации эти уравнения выглядят так:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \varepsilon_0 \varepsilon \mathbf{E} &= \text{rot} \mathbf{H} - \mathbf{j}, \\ \frac{d}{dt} \mu_0 \mu \mathbf{H} &= -\text{rot} \mathbf{E}, \end{aligned} \quad (2)$$

где \mathbf{E} , \mathbf{H} – напряжённости электрического и магнитного полей, а параметры ε и μ – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости, ε_0 и μ_0 – соответствующие константы, \mathbf{j} – плотность токов.

Формулы (2) представляют собой уравнения электродинамики. Они являются основой этой науки. На них базируется обобщение Дж. Максвеллом понятий электрического и магнитного поля, введённых до него М. Фарадеем, до уровня единого электромагнитного поля, как нового и самостоятельного вида материи, способного существовать и в свободном пространстве, и в любых материальных средах.

Вместе с уравнениями электродинамики часто используют ещё и дополнение в виде формул из электро- и магнитостатики:

$$\text{div } \varepsilon \varepsilon_0 \cdot \mathbf{E} = \rho_e, \quad \text{div } \mu \mu_0 \cdot \mathbf{H} = \rho_h, \quad (3)$$

где ρ_e и ρ_h – плотности электрического и магнитного зарядов. Поскольку отдельных магнитных зарядов пока не обнаружено, обычно полагается $\rho_h=0$.

По существу вся теоретическая электродинамика это не что иное, как решение системы уравнений (2), (3) при тех или иных начальных и граничных условиях, а практическая – проверка и использование на практике этих решений.

Внешней простоте уравнений Максвелла сопутствует чрезвычайная сложность поиска их решений. Поэтому особое значение имеют те немногие частные случаи или условия, для которых эти решения уже получены

аналитически, как правило, в виде линейной комбинации собственных функций задачи. Самым важным для нас является решение линейной задачи в сферической системе координат. Оно получено для неподвижных систем в линейном приближении, когда ε и μ – не зависят от амплитуд полей. Это решение справедливо с учётом исходных ограничений не только для внутреннего пространства сферического резонатора, но также и для открытого пространства, которое можно рассматривать, как резонатор с раздвинутыми до бесконечности границами.

Не малая часть проблем решения уравнений (2) внесена особенностями известного дифференциального и интегрального исчисления, ведущего своё начало от механики Ньютона. И только теперь с приходом новых численных методов многие из этих проблем уходят в прошлое.

В зависимости от исследуемой области электродинамика делится на внешнюю и внутреннюю. Внешняя электродинамика решает задачи о распространении волн в открытом пространстве, а внутренняя – в ограниченных областях. Соответственно и граничные условия для поиска общих решений уравнений Максвелла разделяются также. Важно, что эти решения не являются полностью изолированными, т.к. их можно «сшивать», используя известную методику с неопределёнными коэффициентами. Тогда можно увидеть и общую картину процесса. Такое построение решений и методика их соединения оказались весьма эффективными в работе с общей проблемой физических полей и строения вещества.

Действительно, пусть отдельная элементарная частица представляет для нас некую в общем случае нелинейную загадку. Окружим частицу сферическим переходным слоем, толщина которого достаточна, чтобы определить амплитуды полей и их пространственные производные. При таких условиях абсолютно любая полевая конфигурация в зоне переходного слоя может быть представлена конечным или бесконечным набором сферических гармоник. А пространство вне этого слоя является заведомо обычным линейным пространством, которое останется в сфере действия известных математических методов. В нём обязательно существуют единственные решения уравнений Максвелла для электромагнитных сферических волновых систем [4, 5], которые всегда могут быть согласованы («сшиты») с распределением поля в переходном слое. Самое главное в наших рассуждениях то, что мы можем математически строго аргументировать тот факт, что элементарные частицы, как и любые неоднородности среды распространения (дислокации), могут излучать или переизлучать только весьма ограниченный тип электромагнитных волн. Других просто не может быть. А сумма излучённых и переизлучённых волн от всех элементарных частиц в пространстве и есть та самая тёмная материя, которая интересует астрономов.

Заметим, что единственным материальным условием корректности такой постановки задачи является электромагнитная активность элементарных частиц, т.е. их взаимодействие с электромагнитным полем. А как мы знаем по явлениям интерференции и дифракции частиц, это условие заведомо выполняется.

Так просто решается внешняя задача электродинамики для всех элементарных частиц. Это решение анализируется в этой части книжки.

§ 2. Частицы и электродинамика.

Все рассуждения и выкладки базируются здесь на следующих сведениях об элементарных частицах, подтверждённых экспериментально:

1. Все элементарные частицы существуют и взаимодействуют с электромагнитным полем.
2. Все элементарные частицы имеют характерные частоты взаимодействия ν с внешним переменным электромагнитным полем.
3. Все элементарные частицы относительно устойчивы, т.е. время их существования много больше, чем период взаимодействия $T = \nu^{-1}$ с электромагнитным полем.

Заметим, что кроме этих свойств известны и другие, например электрический заряд, магнитный момент, спин и т.д. Естественно, мы знаем, что постоянные электрическое и магнитное поля существуют, и что они обуславливают хорошо известное кулоновское взаимодействие. Но сейчас мы их не включаем в перечень актуальных, поскольку главные загадки материи замечены в свойствах больших массивов частиц, где эти факторы сильно усредняются почти до нейтральности. Поэтому сейчас мы акцентируем внимание только на полях переменных. Очевидно, что всё остальное может быть исследовано потом после выяснения сути наиболее сильного взаимодействия именно через переменное электромагнитное поле.

В общие сведения, полученные из опыта, кроме перечисленных свойств элементарных частиц мы должны добавить также некоторые известные свойства самого электромагнитного поля, которые либо подтверждены экспериментально непосредственно, либо следуют из уравнений Максвелла, как известно имеющих под собой настолько твёрдую экспериментальную базу, что их решения всегда подтверждаются экспериментами. При этом никак нельзя обойти вниманием свойства дифракции электромагнитных волн на неоднородностях среды распространения. В школьных учебниках есть начальные сведения об этом процессе. Сверх этого отметим, что в настоящее время хорошо изучены и описаны подтверждённые практикой решения таких задач о дифракции, как рассеяние на цилиндре, конусе (речь идёт о боевых частях ракет), просто артиллерийских снарядах (для коррекции картины поля боя), самолётах и т.д.

Так вот, все эти задачи в полном согласии с принципом Гюйгенса содержат в себе две части. Первая часть – задача о собственных колебаниях волн вокруг объекта, и вторая – задача об интерференции падающей (подсвечивающей) волны с системой этих собственных колебаний. Ведь так и был раскрыт секрет обычной радуги. В результате практика и теория дифракции породили задачу о собственных колебаниях электромагнитных волн вокруг любых объектов, которые способны взаимодействовать с

электромагнитным полем. Речь идёт о том, что такие собственные колебательные системы существуют реально и их можно и нужно исследовать для идентификации свойств объектов, взаимодействующих с полем.

Итак, свойства элементарных частиц вполне закономерно следует дополнить следующими свойствами электромагнитного поля вокруг них:

1. Вокруг каждой частицы существует собственное специфическое переменное электромагнитное поле.
2. Из 3-го свойства элементарных частиц и 1-го свойства электромагнитного поля следует, что вокруг себя каждая частица генерирует или переизлучает электромагнитное поле в основном стоячей волны. Речь идёт о таких волнах, в которых максимумы электрической и магнитной составляющих разделены пространственно, а сами поля в них сдвинуты по фазе на $\pi/2$.
3. Система стоячих волн не является раз навсегда законсервированной. В природе её покой нарушается относительным движением частиц, а также актами рождения и аннигиляции. Такие нарушения среднего состояния поля могут рассматриваться как возмущение средней и устойчивой системы стоячих волн.

Подчеркнём ещё раз, все перечисленные свойства частиц и поля не гипотезы, не постулаты и никакие не «модели», но реальные свойства материальных элементарных частиц и материального же электромагнитного поля, которые доподлинно известны нам из множества опытов и строгой теории, построенной исходя тоже исключительно из опытов.

Итак, мы полагаем обоснованным утверждение о том, что вокруг всех элементарных частиц существует переменное электромагнитное поле, основная частота (гармоника) которого ν для всех частиц известна из равенства $h\nu = mc^2$. Аргументация этого утверждения может базироваться на явлениях интерференции и дифракции частиц и на любых пространственных неоднородностях (в терминологии твёрдого тела – на дислокациях) среды излучать и переизлучать потоки электромагнитной энергии. Нужно только учесть свойства электромагнитного поля и резонансный характер взаимодействия частиц с ним. Об этом же свидетельствуют результаты исследований локальных потоков электромагнитной энергии в диэлектрических волноводах и нелинейных средах, которые в деталях представлены в [4, 5].

Перечисленные свойства элементарных частиц и поля дают возможность ставить и решать задачу о силовых полях исключительно в рамках электродинамической теории Максвелла.

Среди всех задач о дифракции и собственных колебаниях вокруг разных тел особое место принадлежит исследованию объектов со сферической симметрией. Тому есть три причины. Во-первых, эта задача была решена первой и строго через уравнения математической физики. Густав Ми опубликовал своё решение о дифракции на сферах ещё в 1908 году [6]. Во-вторых, результаты Густава Ми многократно проверены и подтверждены экспериментом. И в третьих, это решение является теперь эталоном уровня

эффективности и строгости. Поэтому оно служит точкой опоры и сравнения при постановке и интерпретации всех других похожих задач.

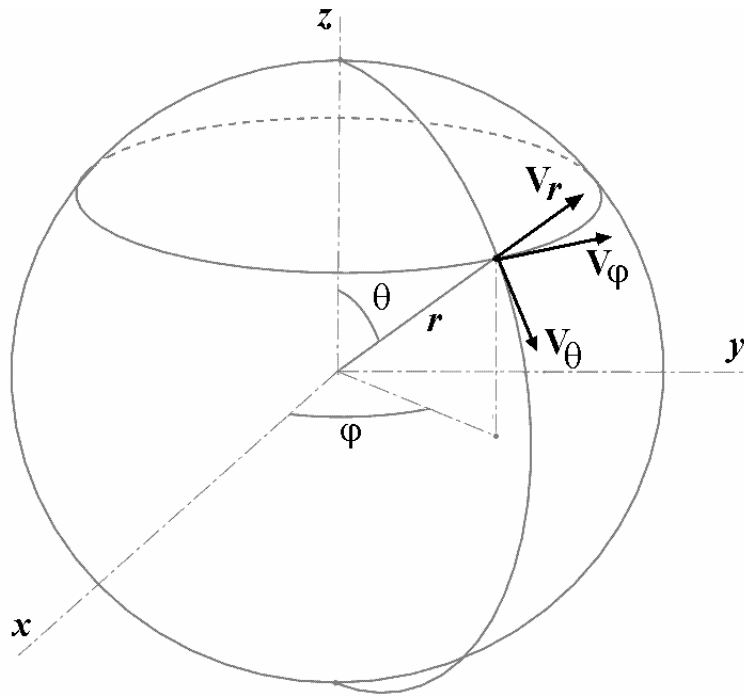


Рис. 1
Сферическая система координат

Естественно, сферическая задача решается в сферических координатах (r, φ, θ) , представленных на Рис. 1. Здесь интерпретация векторов V_r , V_φ и V_θ следует из рисунка непосредственно.

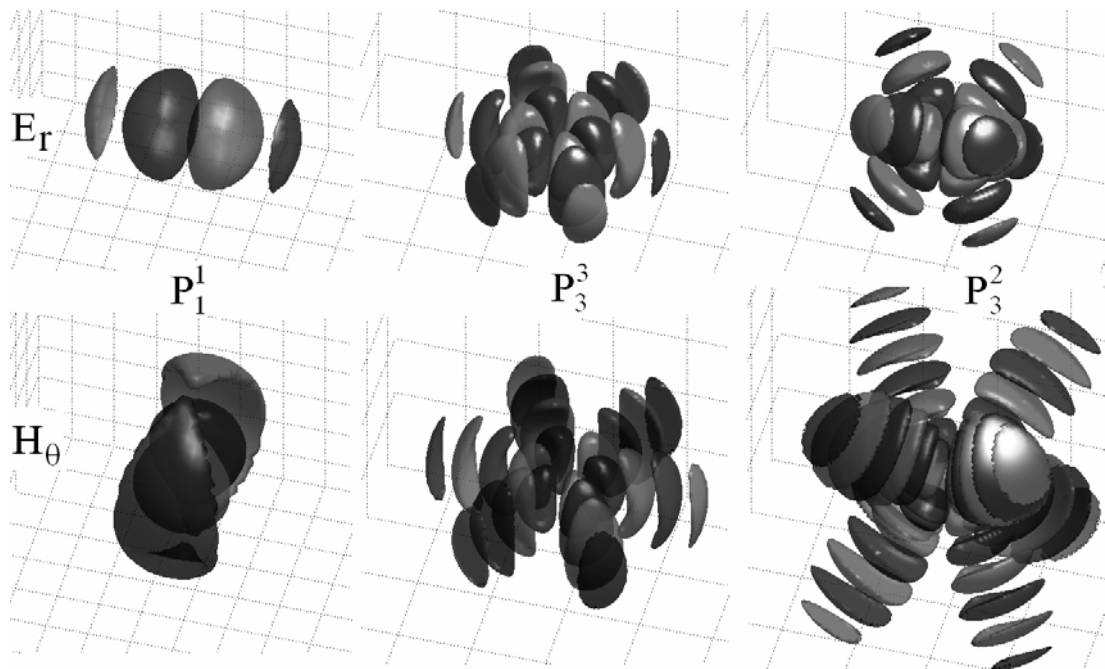


Рис. 2

Пространственное распределение полей на примере трёх систем

Сферических системы сильно отличаются, например, от кубических резонаторов тем, что их типы колебаний характеризуются не тремя целыми числами (как у куба по x , y , z), но только двумя – по φ и θ . Математически это выражено через функции Лежандра P_n^m , которые описывают сферические волны [4, 5, 6, 7].

На Рис.2 с помощью изоповерхностей (поверхностей равных амплитуд) показано пространственное распределение амплитуд соответствующих электрического и магнитного полей в системе волн Е-типа ($E_r \neq 0$, $H_r = 0$). Бывают ещё волны и Н-типа ($E_r = 0$, $H_r \neq 0$), но пока нет необходимости отвлекать внимание на них отдельно ввиду симметрии. Здесь хорошо видна пространственная форма волн, расположенных в виде отдельных лучей, количество и угол расхождения которых зависит от номеров m и n . И вот таких лучей может быть 2 или 1000, или ещё больше. Но в любом случае они строго детерминированы в пространстве и математически описываются с любой степенью точности.

Далее для наглядности рассмотрим подробнее только низший тип колебаний. Ему соответствуют числа $m=1$, $n=1$ и функция $P_1^1 = \sin(\theta)$. Тогда, например, относительные амплитуды трёх электрических компонент согласно [6, 7] можно записать так:

$$\begin{aligned} E_{r_1}^1 &= \frac{2}{(kr)^2} \cdot R_1(kr) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\varphi) \\ E_{\theta_1}^1 &= \frac{1}{kr} \cdot R_1'(kr) \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \\ E_{\varphi_1}^1 &= -\frac{1}{kr} \cdot R_1'(kr) \cdot \sin(\varphi), \end{aligned} \quad (4)$$

где r , θ , φ - сферические координаты, $E_{r_1}^1$, $E_{\theta_1}^1$ и $E_{\varphi_1}^1$ - радиальная и угловые компоненты переменного электрического поля соответственно, k - волновое число, $R_1(kr) = \sqrt{kr} \cdot J_{3/2}(kr)$ - радиальная функция, $J_{3/2}(kr)$ - соответствующая функция Бесселя, а $R_1'(kr) = \frac{d}{dkr} R_1(kr)$.

Пространственная конфигурация компонентов электрического и магнитного полей в такой системе представлена на Рис. 3. Здесь пометка $\sim 0,5$ означает, что амплитуды \mathbf{E}_θ и \mathbf{H}_φ приблизительно в два раза меньше, чем амплитуды \mathbf{E}_φ и \mathbf{H}_θ .

Анализ Рис.3 показывает, что электромагнитная конфигурация P_1^1 имеет два основных луча внешнего поля. Их максимумы расположены в плоскости (x , y). Поэтому имеет смысл представить распределение суммарного вектора \mathbf{E} стрелками в этом сечении, а амплитуду перпендикулярного ему магнитного поля \mathbf{H} отразить в черно-белом цвете контурно. Тогда получим такое наглядное описание полевой конфигурации, которое представлено на Рис.4.

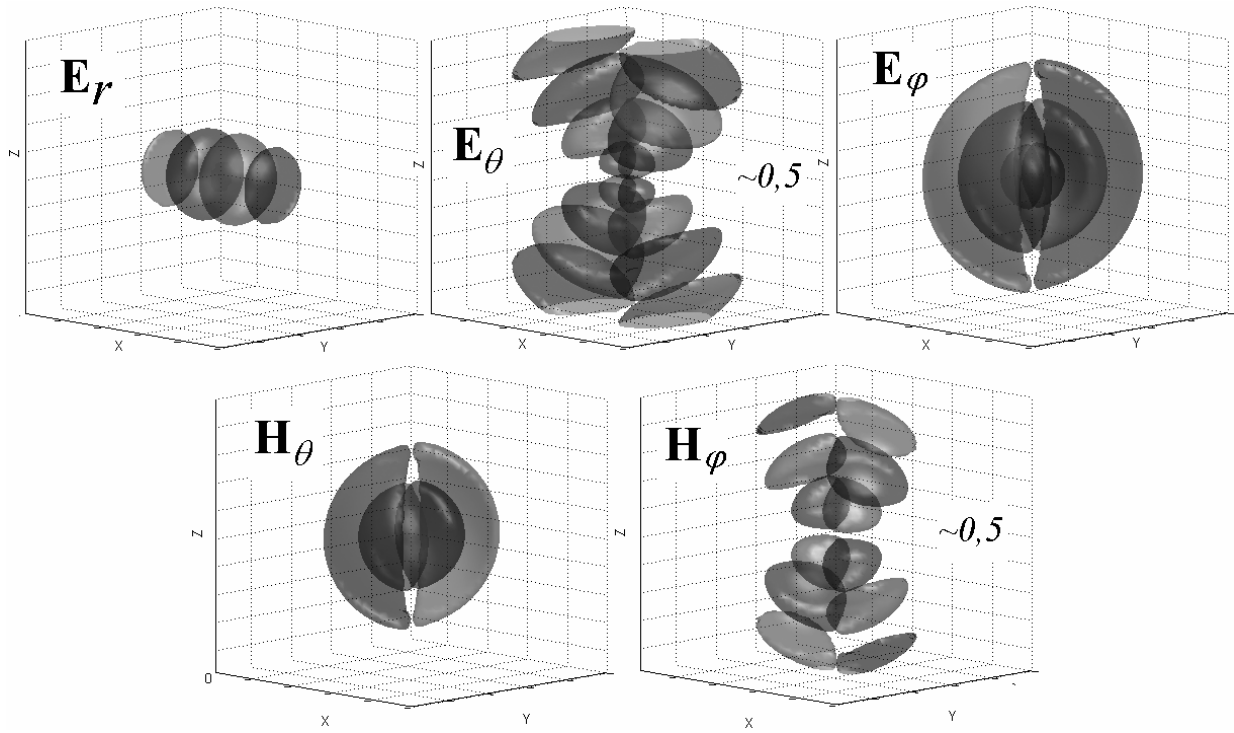


Рис. 3

Пространственное распределение компонентов полей \mathbf{E} и \mathbf{H} в системе P_1^1

Изображения на Рис.3 и Рис.4 получены компьютерным расчётом с помощью программы, текст которой представлен в [4, 5].

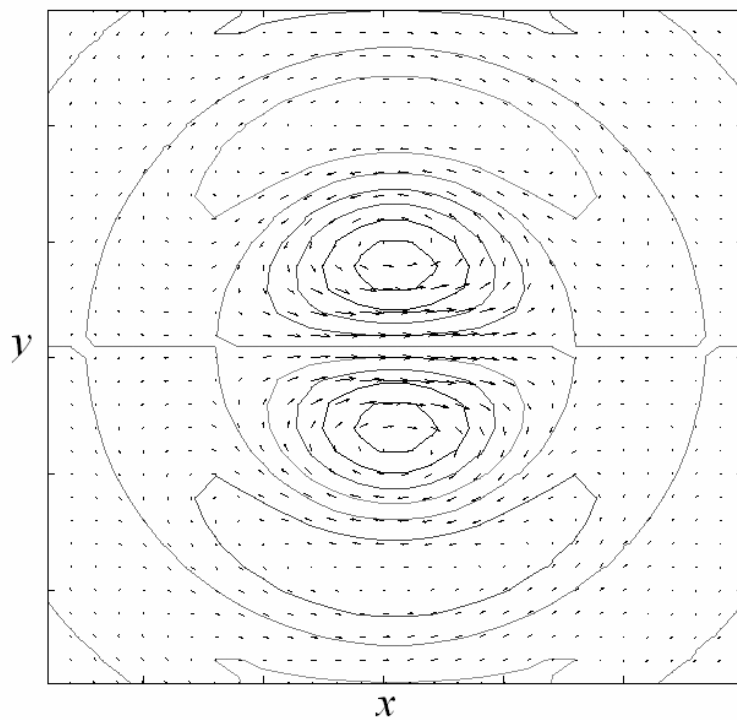


Рис.4

Векторное изображение \mathbf{E} на фоне контуров H_0

Сферическая электромагнитная конфигурация, примеры которой представлены на Рис.2, Рис.3 и Рис.4, соответствует режиму стоячей волны. И, как и должно быть в радиальной стоячей волне, компоненты E_φ и H_θ смещены по фазе на $\pi/2$ в радиальном направлении. Любое изменение этого сдвига будет означать обязательно появление потока энергии в соответствующем направлении, включая от центра и к центру, или вбок, например. Однако у этой конфигурации есть и ещё одна особенность: у неё максимумы электрических и сопряжённых с ними магнитных компонент в центре разнесены по фазе дополнительно ещё и по углу φ , и тоже на $\pi/2$ (см. Рис.4). Это означает совпадение в одной конфигурации и режима радиальной стоячей волны, и режима круговой стоячей волны. Т.е. мы имеем в одной конфигурации две стоячие волны сразу по двум степеням свободы. А это – очень принципиальное свойство электромагнитного поля в частности и материи вообще.

Радиальная зависимость амплитуд всех компонентов электромагнитного поля через функции $R_1(kr) = \sqrt{kr} \cdot J_{3/2}(kr)$ в этой сферической конфигурации представлена на Рис.5.

Итак, все сферические варианты возможных электромагнитных полей вокруг любых частиц, включая элементарные, хорошо известны и всегда могут быть рассчитаны по известным формулам. Эти формулы являются строгими решениями уравнений Максвелла для поперечных магнитных (волны Е-типа с $E_r \neq 0$) или поперечных электрических волн (волны Н-типа с $H_r \neq 0$). Каждое такое решение описывает конкретную волновую конфигурацию, характеризуемую всего двумя целыми числами m и n .

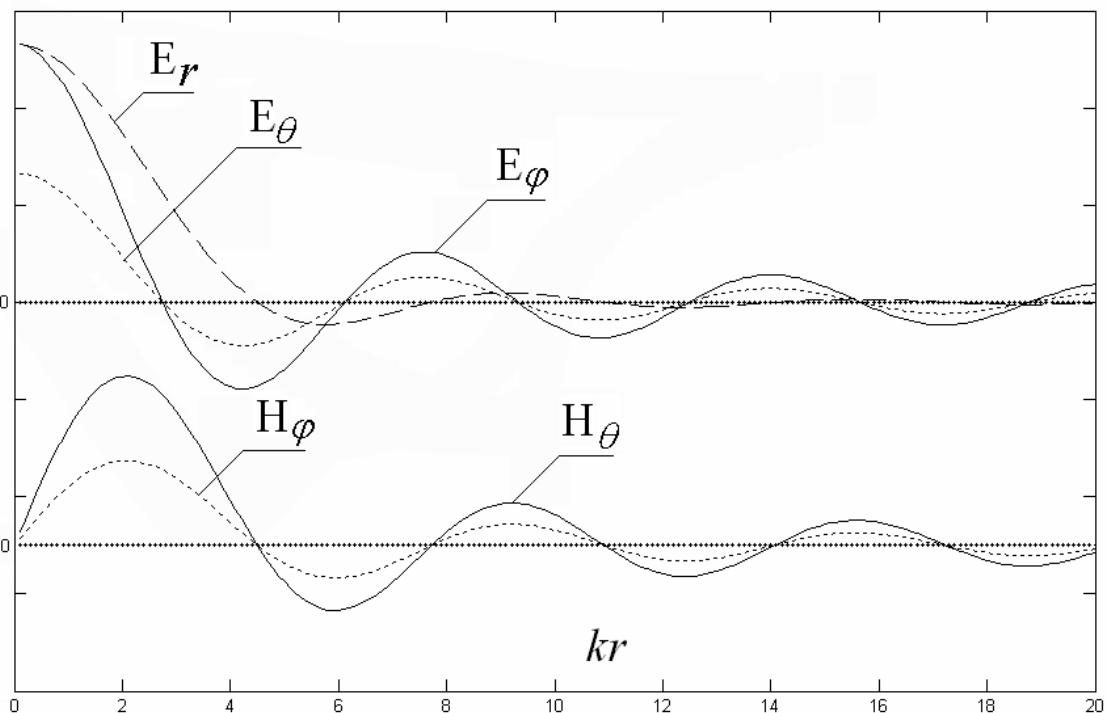


Рис. 5

Радиальная зависимость амплитуд компонентов поля

Математически это означает, что в природе могут существовать волновые процессы с весьма ограниченными наборами собственных функций или линейных комбинацией таких функций, если есть основания для возникновения смешанного режима.

Однако надо ли доказывать единственность такого решения? Конечно надо. И мы представили такое доказательство в [4, 5]. Таким образом доказан принципиальный факт: любая, даже самая сложная система вроде кучи диполей, пирамидок, кубиков, ежей или палиц Ильи Муромца создаёт вне себя тоже сферическую систему волн. Речь идёт о такой системе, которую мы обсудили в этом параграфе. Другие типы пространственных колебательных систем принципиально не могут существовать. В газовых средах, например, возможны и весьма распространены линейные вихри, как в торнадо, и даже тороидальные вихри произвольных размеров. Но в электромагнитном поле таких динамических систем не бывает. Они отсутствуют там просто потому, что противоречат фундаментальным свойствам очень специфического двухвихревого электромагнитного поля – этому важнейшему компоненту самой природы.

Всё это существенно упрощает анализ вариантов возможных электромагнитных процессов в любых средах.

Глава 2

Квантовое взаимодействие и гравитация

§ 1. Взаимодействие частиц через волновые системы

Выше мы выяснили, что электромагнитное поле отдельной частицы не может быть произвольным. Оно может принимать только вполне определенные состояния, по крайней мере, снаружи частиц. Но нас интересуют также и самые минимальные сведения о поле, которое проникает и внутрь них. Ведь если на границе того пространства, где находится каждая частица, присутствуют одновременно и её собственное поле, и внешнее поле, то они оба существуют и внутри тоже. Очевидно, что собственное внутреннее и наведённое внешнее поля интерферируют в феномене, который мы называем частицей. Причём эти векторные поля складываются и вычитаются обязательно векторно. Вот это свойство электромагнитного поля надо согласовать с тем фактом, что все элементарные частицы относительно стабильны. Получается, что с одной стороны нестабильная сумма полей внутри частиц должна приводить к изменениям её внутренней энергии. А с другой стороны известно, что частицы стабильны в том смысле, что они сами по себе стабильны. Это означает, что механизм стабилизации заложен в самих частицах, но не в потусторонних силах или фантазиях недобросовестных «знатоков».

Итак, мы должны сопоставить три факта. Первый факт – все частицы имеют собственную внешнюю электродинамическую систему, которая как-то связана с её внутренней, пока неизвестной нам частью. Вторым фактом – частица взаимодействует с электромагнитными полями других частиц. Следовательно, она не является полностью независимой от внешних полей. Третий факт – сама частица, т.е. её внутренняя часть, стабильна.

Эти факты заставляют нас посмотреть на процесс взаимодействия частиц со стороны здравого смысла и законов электродинамики.

Пусть в наше поле зрения попала пара отдельных частиц. Учтём, что каждая из них представляет собой единую сферическую волновую систему, в которой все компоненты поля связаны между собой. Здесь имеется ввиду не только одна из электрической или магнитной составляющих, но все компоненты векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} . По законам электродинамики, которые мы уже рассмотрели выше, связь эта может осуществляться по любой из компонент, хотя реагировать будет обязательно вся сферическая волновая система целиком. Причём связь может быть и через относительно слабую компоненту, а реагировать внутри будет и компонента с максимальной амплитудой. В нашем примере с низшим типом сферических колебаний внешнее электрическое поле может воздействовать и через компоненту H_0 (см. Рис.3 и Рис.5). Но конкретная реакция системы может проявиться, например, в компонентах E_r и E_φ . Таковы свойства единого электромагнитного поля конкретной системы.

Электромагнитные поля пары элементарных частиц можно изобразить схематически в открытом пространстве Ω так, как это показано на рисунке Рис.6. Здесь серыми кружками условно обозначены внутренние области элементарных частиц, в которых конкретные параллельные электрические компоненты имеют амплитуды $E_{01} = E_1(0)$ и $E_{02} = E_2(0)$, где значком 0 обозначены середины частиц, которая совпадает с началом их координат. А отсчёты функций E_{01} и E_{02} будем брать в первом их экстремуме, считая от центра координат. Он может быть в центре, если экстремум амплитуды расположен в начале координат, как в случае с верхними графиками на Рис.5, или на поверхности сферы, на которой достигается этот экстремум, как в случае с нижними графиками на Рис.5. Таким образом, E_{01} и E_{02} – два раз и навсегда заданных числа, характерных для частиц каждого сорта и являющихся их собственной стабильной характеристикой.

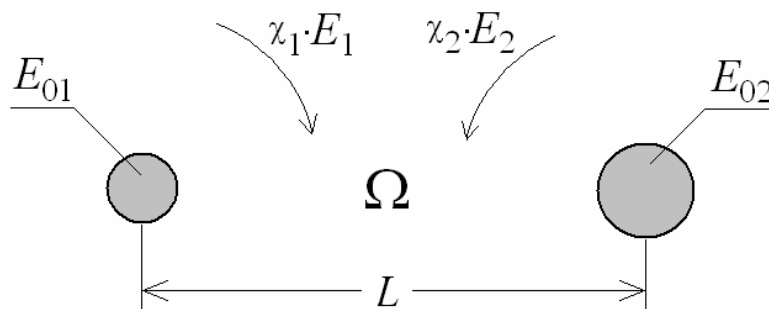


Рис. 6

Двумерная схема совместного распределения полей двух частиц в пространстве

Понятно, что ввиду наличия интерференции поля одной частицы с полем противоположной частицы, каждая из этих амплитуд является векторной суммой амплитуд полей от обеих частиц. Амплитуда в первой частице содержит, прежде всего, компоненту от этой конкретной первой волновой системы с некоторым коэффициентом χ_1 (фактор участия). Эту амплитуду можно обозначить, как произведение $\chi_1 \cdot E_{01}$. Но внутри присутствует и часть внешнего поля. Его источником является поле от второй частицы. Оно не только изменено расстоянием $L = k \cdot |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|$, где k – волновое число, а $|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|$ – расстояние между центрами частиц с координатами \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 . Оно также претерпело симметричную интерференцию во второй частице, которую можно характеризовать своим коэффициентом χ_2 . Поэтому эта составляющая равна $\chi_2 \cdot E_2(L)$. На Рис.6 собственные компоненты электрического поля от двух частиц во внешней области Ω обозначены без аргументов символами $\chi_1 \cdot E_1$ и $\chi_2 \cdot E_2$.

Одномерная картина распределения полей представлена схематически на Рис.7, где внутренние зоны частиц отображены вертикальными затемнёнными участками. Здесь компоненты электрического поля $\chi_1 \cdot E_1$ и $\chi_2 \cdot E_2$ представлены графически в зависимости от расстояния между ними. Для левой частицы этот график проведён сплошной линией, а для правой – пунктирной линией. В этом

положении оба поля складываются во внутренних зонах частиц. В другом положении могут и вычитаться.

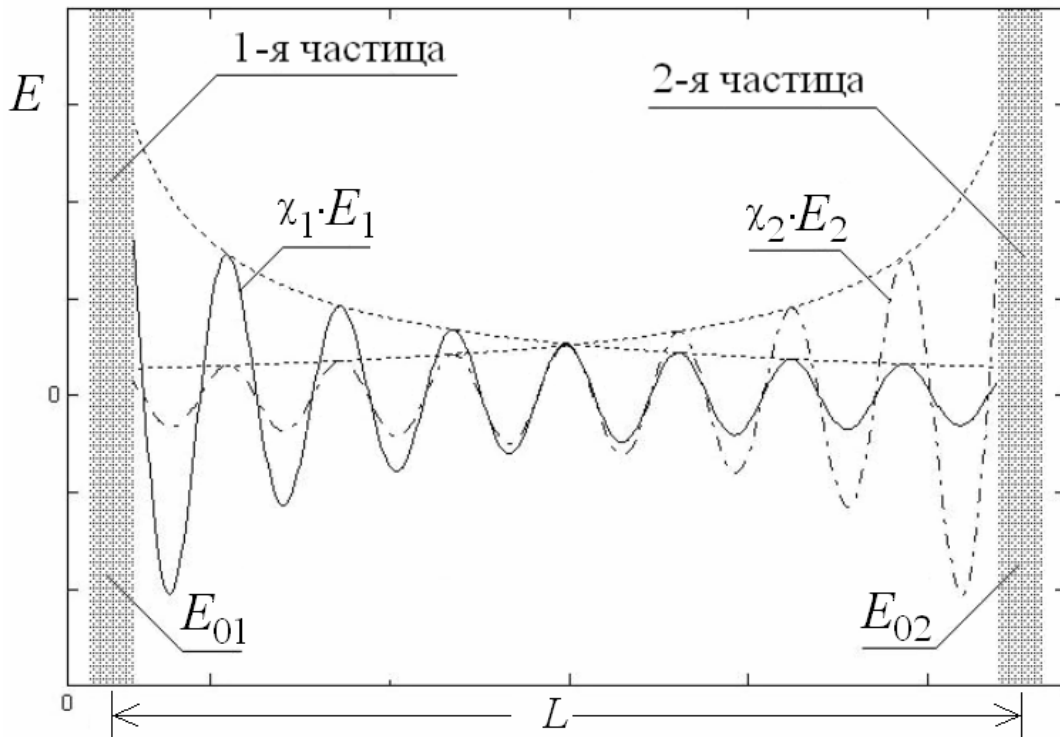


Рис.7

Одномерная схема взаимодействия переменных полей двух частиц в пространстве

На Рис.8 продемонстрирован процесс сложения амплитуд полей от двух частиц в центральной зоне одной из них. Здесь пунктиром показана огибающая амплитуды компоненты \mathbf{E} -поля одиночной, ни с чем не взаимодействующей частицы.

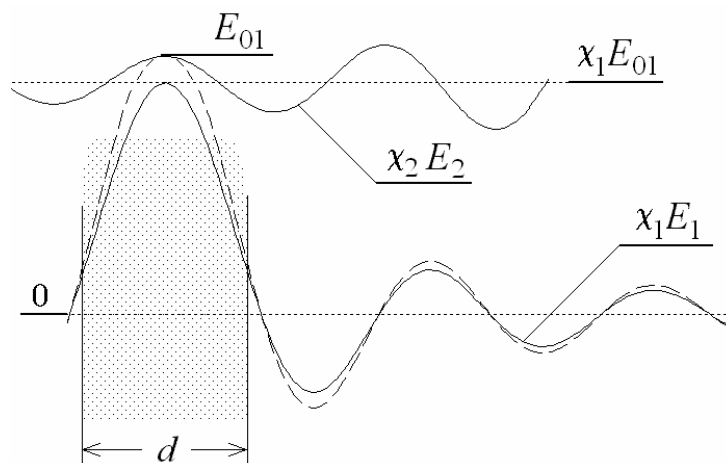


Рис.8

Схема сложения амплитуд внутри частицы

В принципе мы не знаем точно, что происходит во внутренней самой частицы с диаметром d . Однако мы можем вычислить поле на границе. Оно

сомножителей при коэффициентах $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$. Для оценки области существования решений следует обратить внимание на относительную величину элементов главной диагонали матрицы \mathbf{M} . Каждый из них может быть много большим по сравнению с амплитудой недиагональных членов, которые уменьшаются обратно пропорционально расстоянию. Поэтому в большинстве задач о силах между частицами, в которых расстояния между ними $L_{mi} \gg 1$, условие $|\mathbf{M}| \neq 0$ выполняется автоматически. Все остальные случаи связаны не с силами между отдельными частицами, а с не менее интересным ближним взаимодействием, которое требует другого, более индивидуального изучения.

Итак, мы получили систему уравнений относительно коэффициентов $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ при взаимодействии частиц через электрические компоненты поля. Естественно, также будут выглядеть и уравнения для магнитной составляющей общего электромагнитного поля, если такой процесс будет синхронизирован по одной из магнитных компонент. Какие выводы можно сделать из их структуры? Первые ответы такие.

Во-первых, состояния физических систем и уравнений (6) в окрестности условия $|\mathbf{M}| = 0$ свидетельствуют о моментах смены знака определителя. А эти моменты связаны не просто с обычными квантовыми силами и гравитацией, но с не менее интересными физическими процессами перехода систем в качественно другие состояния, включая слияния или разделения взаимодействующих элементов или частиц. В мире микрочастиц такие слияния, естественно, могут происходить только с изменением индексов соответствующих функций Лежандра P_n^m . Очевидно, что все эти процессы слияния и разделения требуют другого, более индивидуального изучения. Однако можно сказать наперёд, что они являются ключом к пониманию природы ядерных сил и процессов образования, а более точно – преобразования ядерного вещества. Поэтому систему уравнений (6) можно назвать характеристической.

Во-вторых, если заданы координаты частиц и их сорт (полином P_n^m), то все коэффициенты $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$ можно найти из (6). И тогда становится принципиально возможным вычисление всех амплитуд в системе и, в перспективе – её полной энергии. А производная от этой энергии по расстоянию между частицами означает соответствующие силы. Получается, что вся задача о нахождении действующих сил может стать механически определённой в практически неограниченном диапазоне расстояний. Отсюда следует, что уравнение (6) объединяет в рамках одной задачи и механику, и электродинамику.

В третьих, переход от электродинамики к механике требует внимательного отношения к начальной формулировке механической части задачи, а именно: необходимо строго отличать статику от динамики в физическом процессе. Это актуально в связи с тем, что статическое описание всегда выглядит очень наглядно и убедительно как формула (5) на основании Рис. 8, но оно обязательно и существенно не полно по сравнению с

динамическим описанием. Динамическое описание сложной системы, в данном случае – системы многих тел, требует либо дополнительных знаний о свойствах связей, либо об энергетических свойствах системы. Если речь идёт о машине, то мы можем об этом узнать из описания конструкции. Если речь идёт о природном явлении, то исследователь может получить эти сведения только из опытных данных. И вот в этих целях мы можем в полной мере воспользоваться тем, что система уравнений (6) имеет единственное решение в практически неограниченном числе вариантов взаимных расположений элементарных частиц. Исключения составляют только редкие (экзотические) случаи, когда определитель $|\mathbf{M}| = 0$. Например, если речь идёт о больших расстояниях, то можно использовать хорошо проверенную гравитацию. Эффекты на малых расстояниях можно уточнять по спектрам излучения и поглощения известных веществ и т.д.

Для начала вычислим некоторые коэффициенты χ . Первый из них определяем по очевидной формуле:

$$\chi_1 = \frac{E_{01} \cdot E_{02} - e_{21} \cdot E_{02}}{E_{01} \cdot E_{02} - e_{12} \cdot e_{21}} = \frac{1 - \frac{e_{21}}{E_{01}}}{1 - \frac{e_{12} \cdot e_{21}}{E_{01} \cdot E_{02}}} = \left(1 - \frac{e_{21}}{E_{01}}\right) \cdot \left(1 + \frac{e_{12} \cdot e_{21}}{E_{01} \cdot E_{02}}\right). \quad (7)$$

Аналогичное решение для трёх частиц таково:

$$\chi_1 = \left[1 - \frac{e_{21} + e_{31}}{E_{01}} + o\left(\frac{e_{21} + e_{31}}{E_{01}}\right)\right] \cdot \left(1 + \frac{e_{13} \cdot e_{31}}{E_{01} \cdot E_{03}} + \frac{e_{12} \cdot e_{21}}{E_{01} \cdot E_{02}} + \frac{e_{32} \cdot e_{23}}{E_{03} \cdot E_{02}}\right), \quad (8)$$

где $o(x)$ – функция, пренебрежимо малая относительно её аргумента, а величины E_{01}, E_{02}, \dots суть константы, характерные и определённые природой для каждой элементарной частицы индивидуально. Здесь в правых скобках слагаемые следующего порядка малости тоже отброшены.

На относительно больших по сравнению с длиной волны расстояниях, ввиду малости отношения e_{mn} к E_{0n} , во всех χ_n преобладают составляющие следующего вида:

$$\chi_n = 1 - \sum_{m \neq n} \frac{e_{mn}}{E_{0n}}. \quad (9)$$

Далее исследуем проблему на конкретных примерах.

§ 2. Квантовое взаимодействие и гравитация

Первой решаем задачу в рамках механической статики для системы, состоящей из двух частиц.

Поиск сил, действующих между частицами, начинается с вычисления полной энергии волновой системы как функции от расстояния между частицами, т.е. от величины $L = L_{12} = |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|$, где \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 – координаты центров

частиц. В частности энергия взаимодействующей компоненты электрического поля W_S с учётом (7) может быть подсчитана так (множитель k далее в этих расчётах для простоты полагаем равным 1):

$$W_S(L) = \int_{\infty}^1 \frac{1}{2} [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r}, \quad (10)$$

где \mathbf{r} – координаты точки открытого пространства, измеренные в длинах волн, а $d\mathbf{r} = dx dy dz$ – элемент объёма в прямоугольных координатах. И полагается, что диэлектрическая постоянная ε всюду вне самих частиц равна 1.

Если частицы одинаковые, то

$$W_S(L) = \frac{1}{2} \int_{\infty}^1 \chi_1(L)^2 \cdot [E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r}. \quad (11)$$

Формулы (11) и (7) позволяют выполнить прямой компьютерный расчет полной энергии двух взаимодействующих частиц W при разных расстояниях между частицами L . Результаты такого численного эксперимента с учётом всей суммы электрических и магнитных компонент представлены здесь в виде графиков на Рис. 9.

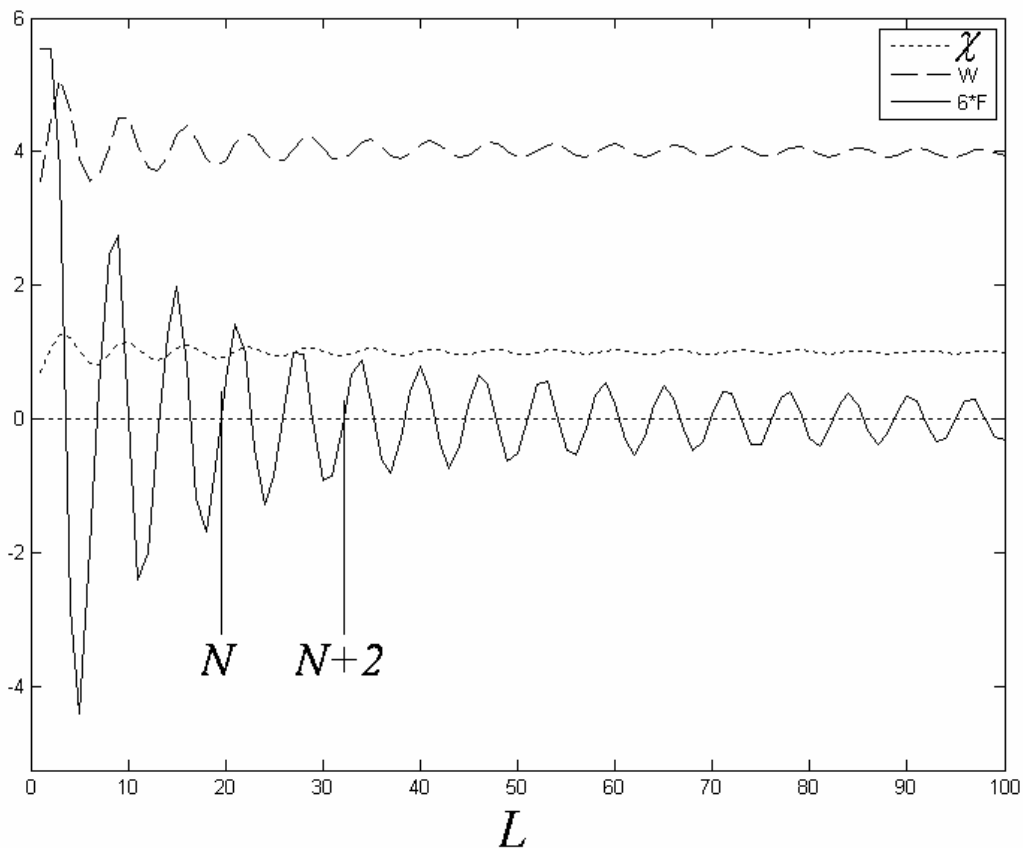


Рис. 9

Зависимость силы, действующей между частицами, от расстояния между ними

Здесь по оси абсцисс отложены значения аргумента L . Три функции этого аргумента обозначены так: χ – фактор участия, W – полная относительная энергия системы из двух частиц, F – сила действующая между частицами, которая подсчитана как производная энергии по расстоянию между частицами –

L . Вертикальными линиями с символами N и $N+2$ отмечены две из тех частей графика, которые соответствуют нормальной зависимости силы, действующей между частицами от L : при увеличении расстояния сила притяжения увеличивается, а при уменьшении расстояния – уменьшается, что свидетельствует об устойчивом состоянии всей этой системы в целом. Легко видеть, что устойчивые участки соответствуют локальным минимумам полной энергии W . Но есть и аномальные участки. Здесь сила F от расстояния между частицами зависит обратным, аномальным образом: с увеличением расстояния сила уменьшается до отталкивания, а с уменьшением – возрастает притяжение, что явно свидетельствует о неустойчивости состояния. Неустойчивые состояния совпадают с локальными максимумами энергии W . Таким образом, существуют разрешённые и запрещённые зоны в состоянии системы. Очевидно, что здесь речь идёт об обычных квантовых силах и соответствующих уровнях энергии.

Легко догадаться, что если на рассматриваемую систему частиц не действуют внешние силы, то каждая разрешённая зона вырождается в точку, соответствующую 0 по оси $F(L)$ и положительной производной. Если внешние силы существуют, то эта точка соответственно сместится, сначала оставаясь в зоне. Однако слишком большие силы вызовут прорыв границ зоны, переводя систему в другое устойчивое или опять переходное состояние. Обобщая сказанное можно отметить, что рассмотренный здесь зонный принцип взаимодействия называется также квантовым, естественно с линейчатым спектром разрешённых состояний.

Теперь рассмотрим Рис. 9 с точки зрения гравитации.

Все массивные тела обладают свойством притягиваться друг другу, вне зависимости от их заряда или магнитного момента. Это свойство, которое астрономы назвали гравитацией, было обнаружено в процессе изучения траекторий планет, которые разные учёные зафиксировали в процессе астрономических наблюдений. Т.е. гравитация экспериментальный факт, описываемый эмпирической формулой:

$$F = \gamma \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \quad , \quad (12)$$

где F – сила притяжения между телами, γ – гравитационная постоянная, M_1 и M_2 – массы гравитирующих тел, d – расстояние между телами.

Как и все эмпирические формулы, равенство (12) не является абсолютно точным. Поэтому разные учёные уже предложили разные поправки к нему. Но в общих чертах это всё же физический закон.

Можно задать вопрос: может ли гравитация служить экспериментальным опорным фактом для выяснения механизма электромагнитного взаимодействия элементарных частиц? Компьютерное решение некоторых таких задач, которое отвечает на поставленный вопрос, представлено в [4, 5]. Ниже мы проведём вычисления несколько иначе.

Решая задачу о силах, действующих между частицами в рамках механической статики, мы пока не обнаружили признаков постоянной

составляющей, убывающей квадратично от расстояния, т.е. известной гравитации. Попробуем разобраться с причинами этого результата.

Обратим внимание на следующие две важные особенности и для нас главные свойства формул (10) и (11).

Во-первых, все коэффициенты χ представляют собой весьма специфические функции от расстояний между частицами. Они не что иное, как постоянная единица, на которую наложены малые отклонения, которые имеют синусоидальную зависимость от расстояния. Это потому, что все функции e_{mn} только в ближней зоне определяются через функции Бесселя, но в интересующей нас дальней зоне это просто убывающие синусоиды. Сила, действующая между частицами, определяется, естественно, дифференцированием W по расстоянию $L=|\mathbf{r}-\mathbf{r}_2|$. Однако и под интегралом, и перед ним в (10) и (11) мы видим одну единицу и много синусоид. От единицы производная равна нулю, а синусоиды порождают опять периодические функции.

Во-вторых, в формулы (10) и (11) входят произведения двучленов. Они содержат значительное количество слагаемых. И каждое из них может дать постоянную составляющую не в первом, но втором или третьем приближении. Мы не обнаружили в первом приближении плавно убывающую с расстоянием постоянную составляющую, отвечающую за гравитацию. Но это не означает, что они отсутствуют среди более малых слагаемых.

Из сказанного выше следует, что нам нужны критерии и принципы для выбора нужных компонент. Представим их по порядку.

1. Критерий физической размерности.

В числителе формулы (12) стоит произведение масс, каждая из которых пропорциональна энергии покоя тела или частицы. А эта энергия пропорциональна квадрату поля. Поэтому искомые формулы должны содержать симметричное произведение полей от взаимодействующих частиц в степени не менее 2. Знаменатель в (12) тоже имеет ограничения: его степень должна быть обязательно больше 1.

2. Формальный математический критерий.

Многочлен под интегралом в (10) содержит после возведения во вторую степень и перемножения компонент функции следующего вида:

$$Z(L) = X(L) \cdot Y(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots).$$

Нас интересует постоянная составляющая в Z от периодических X и Y . А это означает, что мы должны анализировать усреднённую величину $X \cdot Y$, которая относится к классу корреляционных функций. А они обладают тем свойством, что для периодических функций с нулевой постоянной составляющей справедлива формула (черта сверху – знак усреднения):

$$\overline{X(L) \cdot Y(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots)} > 0 \text{ если } Y = Y(L, \dots), \text{ иначе } Z(L) = 0.$$

Это означает, что нам следует обратить внимание на такие компоненты в (10), в которых аргумент в подынтегральной функции содержит разность $\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$. Естественно, такая разность появляется при

раскрытии произведений синусоидальных функций, содержащих отдельные аргументы \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 .

3. Принцип, основанный на динамике процесса.

Формула (10) содержит операции над периодическими функциями. Все периодические функции имеют отклонения от среднего значения и в положительную, и в отрицательную стороны. Посмотрим, например, на Рис.9. Эквивалентны ли там положительные и отрицательные отклонения от среднего? Конечно нет: там положительные отклонения энергии соответствуют запрещённым зонам, а отрицательные – разрешённым. На больших расстояниях запреты наверное сгладятся, но асимметрия процесса останется. Вот эта неэквивалентность реакции данной нелинейной системы на возмущения разных направлений должна быть отражена математически. Проще всего это сделать, если в процесс взаимодействия частиц внести элемент случайности в смысле случайного воздействия со стороны других частиц или чего-то подобного. Тогда предпочтения того или другого отклонения проявляется самым естественным образом. А математика подобных задач хорошо отработана в теории случайных процессов. В ней мерой предпочтения является вероятность, а в данном случае – плотность вероятности состояний с разными энергиями.

Интеграл (10) можно рассматривать как операцию усреднения по всему объёму некоторой функции от энергии. Но это усреднение произведено в (10) везде с одинаковым весом, равным 1. Если есть предпочтения, например статистические, некоторых состояний подынтегральной функции, то вместо 1 должен стоять множитель, который называется плотностью вероятности состояний и обозначается иногда символом w . Т.е. при соблюдении условий динамики вместо (10) мы должны записать:

$$W(L) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} w \cdot [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r}, \quad (13)$$

Здесь плотность вероятности не является произвольной, но отражает статистические предпочтения. А физические предпочтения для всякой неизолированной от внешней среды системы заключаются в том, что её средняя плотность энергии стремится (релаксирует) к состоянию со средней плотностью энергии внешней среды. Это свойство незамкнутых систем является законом физики, записанным в виде распределения Гиббса:

$$w = \frac{1}{Z} \cdot e^{-\frac{E}{k_B \cdot T}}, \quad (14)$$

где w – плотность вероятности состояний энергии подсистемы E в большой системе (именуемой иногда термостатом) со средней

плотностью энергии $k_B T$. Здесь плотность энергии, как дань традиции (используют даже в лазерной технике), выражена в термодинамических категориях: k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Z – нормирующий множитель, который именуется статистической суммой и который даёт основу для вычисления свободной энергии и других термодинамических функций.

Теперь можно приступить к вычислениям.

Следуя идее вывода равенства (13), можно записать полную формулу для всей электромагнитной энергии с учётом распределения (14) и плотности электрической энергии из (10). Очевидно, что она будет выглядеть так:

$$W_{\Sigma}(L) = \frac{1}{2 \cdot Z} \int_{\infty} e^{-\frac{Ee}{k_B \cdot T}} \cdot \varepsilon [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} + \frac{1}{2 \cdot Z} \int_{\infty} e^{-\frac{Em}{k_B \cdot T}} \cdot \mu [\chi_1(L) \cdot H_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot H_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} \quad , \quad (15)$$

где второе слагаемое отвечает за вклад магнитной энергии, вычисленный также, а ε и μ – характеристики среды.

Итак, формула (15) описывает в первом приближении буквально все известные силы, действующие в реальной природе. Более того, поиск и открытие сил, которые пока ещё не найдены, не опознаны и только возможно существуют, должен быть основан исключительно на обнаружении и анализе отклонений экспериментальных данных от этой формулы.

Однако экспонента в (15) не очень подходит для традиционных методов анализа отдельных факторов, влияющих на конечный результат. Поэтому здесь уместны разные методы приближения. Например, в термодинамике принято её разлагать в степенной ряд и оставлять первые два члена разложения. Т.е. используется приближение вида:

$$w = \frac{1}{Z} \cdot \left(1 - \frac{E}{k_B \cdot T} \right) \quad . \quad (16)$$

Правомерность такого приближения определяется условием $E \ll k_B T$, которое во многих задачах хорошо выполняется. Мы поступим также, поскольку мы тоже рассматриваем только ту малую долю общей энергии, которая осталась после отбрасывания прочих слагаемых в (10). А с увеличением расстояния между частицами L эта доля становится ещё меньше.

Теперь вернёмся к идее исследования электрической части формулы (15). А для этого в дальнейших вычислениях мы должны учесть разложение (16) и все аргументы, перечисленные выше. Тогда для среды с $\varepsilon = \mu = 1$ получим следующее:

$$\begin{aligned}
W(L) &= \frac{1}{2Z} \int_{\infty} [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} - \\
&\quad - \frac{1}{4Z \cdot k_B \cdot T} \int_{\infty} [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) + \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^4 d\mathbf{r} \quad .
\end{aligned} \tag{17}$$

Двучлены под интегралами в (17) можно возвести в степень 2 и 4, соответственно. Из полученной суммы интегралов выделим слагаемые, отвечающие критериям 1 и 2. Они представлены формулой (18).

$$\begin{aligned}
W^{\sim}(L) &= \frac{1}{Z} \int_{\infty} \chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) \cdot \chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2) d\mathbf{r} - \\
&\quad - \frac{3}{Z \cdot k_B \cdot T} \int_{\infty} [\chi_1(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1)]^2 \cdot [\chi_2(L) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} \quad ,
\end{aligned} \tag{18}$$

где W^{\sim} – часть энергии, которая определяет электрическую часть гравитации.

Сначала воспользуемся равенством (9) и следующей из него формулы:

$\chi(L) = 1 - \chi^{\sim}$, где $\chi^{\sim} = \frac{e_{mn}}{E_{0n}}$ – переменная часть коэффициентов χ . Тогда по критериям 1 и 2 представляют интерес следующие компоненты из (18):

$$\begin{aligned}
W^{\sim}(L) &= \frac{1}{Z} \int_{\infty} (1 - \chi^{\sim}_1) \cdot (1 - \chi^{\sim}_2) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2) d\mathbf{r} - \\
&\quad - \frac{3}{Z \cdot k_B \cdot T} \int_{\infty} (1 - \chi^{\sim}_1)^2 \cdot (1 - \chi^{\sim}_2)^2 \cdot [E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1)]^2 \cdot [E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} \quad .
\end{aligned} \tag{19}$$

Если мы возведём в квадраты и перемножим двучлены вида $1 - \chi^{\sim}$ в формуле (19), то получим много слагаемых. Они позволят нам выделить переменные составляющие с учётом наших критериев. Например

$$\begin{aligned}
W^{\sim}(L) &= \frac{1}{Z} \int_{\infty} \chi^{\sim}_1(L) \cdot \chi^{\sim}_2(L) \cdot E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) \cdot E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2) d\mathbf{r} - \\
&\quad - \frac{3}{Z \cdot k_B \cdot T} \int_{\infty} \chi_1^2(L) \cdot \chi_2^2(L) \cdot [E_1(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1)]^2 \cdot [E_2(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} \quad .
\end{aligned} \tag{20}$$

Теперь ограничимся ситуацией с одинаковыми частицами.

$$\begin{aligned}
W^{\sim}(L) &= \frac{1}{Z} \int_{\infty} \chi^{\sim 2} \cdot E(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) \cdot E(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2) d\mathbf{r} - \\
&\quad - \frac{3}{Z \cdot k_B \cdot T} \int_{\infty} \chi^4 \cdot [E(\mathbf{r} - \mathbf{r}_1)]^2 \cdot [E(\mathbf{r} - \mathbf{r}_2)]^2 d\mathbf{r} - \\
&\quad = \frac{1}{4Z} W_S(L) - \frac{3}{2Z \cdot k_B \cdot T} W_D(L) \quad ,
\end{aligned} \tag{21}$$

где W_S и W_D – интегралы, подлежащие вычислению.

Результаты компьютерных расчётов интегралов W_S и W_D по формуле (21) представлены на Рис. 10.

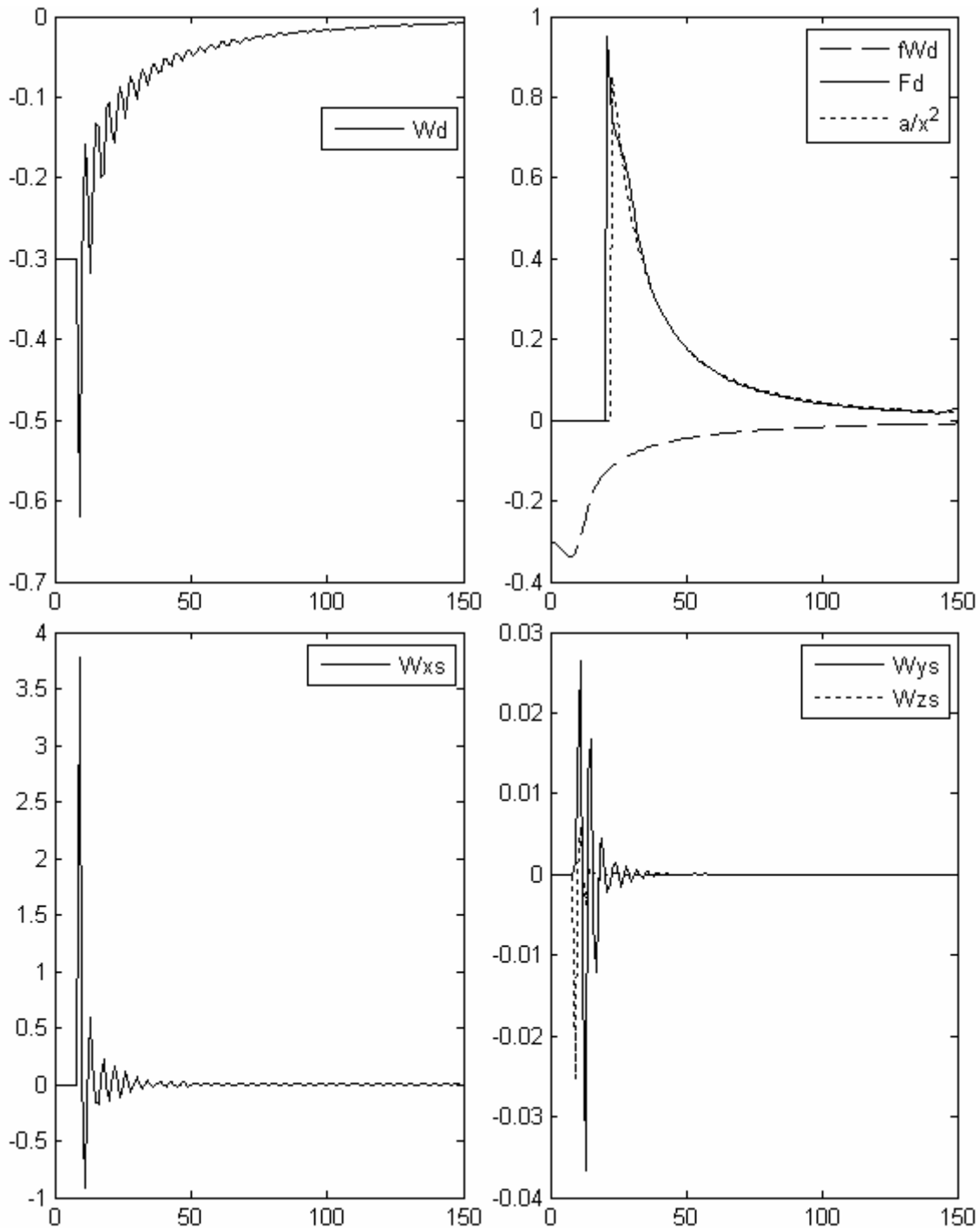


Рис.10

Расчетная зависимость энергии и силы от расстояния между частицами

Здесь символом fW_D обозначено значение W_D , усреднённое с помощью обычного фильтра. Сила гравитации Fd является производной от fW_D по L . Она увеличена на графике в 150 раз для наглядности. Знаком a/x^2 отмечена

образцовая гипербола. Компоненты W_S отображены отдельно и наглядно демонстрируют отсутствие в них постоянной составляющей.

Все данные для Рис. 10 получены на компьютере в среде MatLab по программе, представленной ниже.

```
% Script_1
%-----
r0 = 9; m=200; n=2;

Y = cumsum(ones(n*m,m,m),2)-(m/2+0.5)*ones(n*m,m,m);
Z = cumsum(ones(n*m,m,m),3)-(m/2+0.5)*ones(n*m,m,m);
save tmp/U Y Z; clear Y Z;

for x = r0:150;

    X1 = cumsum(ones(n*m,m,m),1)-(n*m/2 +0.5 +x)*ones(n*m,m,m);
    X2 = cumsum(ones(n*m,m,m),1)-(n*m/2 +0.5 -x)*ones(n*m,m,m);
    load tmp/U;
    R1 = 0.75*(X1.^2 + Y.^2 + Z.^2).^(1/2);
    R2 = 0.75*(X2.^2 + Y.^2 + Z.^2).^(1/2);
    tet1=atan2((X1.^2+Y.^2).^(1/2),Z) ; fil=atan2(X1,Y) ;
    tet2=atan2((X2.^2+Y.^2).^(1/2),Z) ; fi2=atan2(X2,Y) ;
    clear X1 X2 Y Z ;

    Ef1 = -(dRj_kr(1,R1)./R1).*sin(fil);
    Et1 = (dRj_kr(1,R1)./R1).*cos(tet1).*cos(fil);
    Er1 = 2*(Rj_kr(1,R1)./(R1.^2)).*sin(tet1).*cos(fil);
    clear R1

    Ex1 = - Ef1.*sin(fil) + Et1.*cos(tet1).*cos(fil)+ Er1.*sin(tet1).*cos(fil);
    Ey1 = Ef1.*cos(fil) + Et1.*cos(tet1).*sin(fil) + Er1.*sin(tet1).*sin(fil);
    Ez1 = Er1.*cos(tet1) - Et1.*sin(tet1);
    clear Er1 Et1 fil tet1

    Ef2 = -(dRj_kr(1,R2)./R2).*sin(fi2);
    [E01,b1]= max( (Ef1(:,m/2,m/2)+Ef1(:,m/2+1,m/2)) );
    [E02,b2]= min( (Ef1(:,m/2,m/2)+Ef1(:,m/2+1,m/2)) );
    b = round((b1+b2)/2); E0=(E01-E02)/2;
    Es = (Ef2(b,m/2,m/2)+Ef2(b,m/2+1,m/2));
    se(x) = E0/(E0 + Es); %The participation factor
    clear Ef1 Es E0 E01 E02 b b1 b2

    Et2 = (dRj_kr(1,R2)./R2).*cos(tet2).*cos(fi2);
    Er2 = 2*(Rj_kr(1,R2)./(R2.^2)).*sin(tet2).*cos(fi2);
    clear R2

    Ex2 = - Ef2.*sin(fi2) + Et2.*cos(tet2).*cos(fi2)+ Er2.*sin(tet2).*cos(fi2);
    Ey2 = Ef2.*cos(fi2) + Et2.*cos(tet2).*sin(fi2) + Er2.*sin(tet2).*sin(fi2);
    Ez2 = Er2.*cos(tet2) - Et2.*sin(tet2);
    clear Er2 Et2 Ef2 fi2 tet2

%----- calculating of gravitatio components -----
Wxs1 = (se(x)-1)*(se(x)-1).*(Ex1.*Ex2);
Wxs(x) = sum(sum(sum( Wxs1 )));
clear Wxs1
Wys1 = (se(x)-1)*(se(x)-1).*(Ey1.*Ey2);
Wys(x) = sum(sum(sum( Wys1 )));
clear Wys1
Wzs1 = (se(x)-1)*(se(x)-1).*(Ez1.*Ez2);
Wzs(x) = sum(sum(sum( Wzs1 )));
clear Wzs1

Wed = Ex1.^2 + Ey1.^2 + Ez1.^2).*(Ex2.^2 + Ey2.^2 + Ez2.^2);
```

```

Wd(x) = sum(sum(sum((se(x).^4).*Wed)));
clear Ex1 Ex2 Ey1 Ey2 Ez1 Ez2 Wed
save tmp/WW
end
n = size(Wd,2);
Wed = cat(2,-0.3*ones(1,r0-1),-Wd(:,9:n)); %
[b,a] = butter(3,0.15);
fWd = filtfilt(b,a,Wed);
Fd = cat(2,zeros(1,20),150*diff(fwd(:,20:n)));
z=1:n;
F=cat(2,zeros(1,22),450*ones(1,n-22))./(z.^2);

subplot(2,2,1); plot (z,Wed,'-',z,zeros(1,n),'');
legend('Wd');
subplot(2,2,2); plot (z,fWd,'--',z,Fd,'-',z,F,'');
legend('fWd','Fd','a/x^2');
subplot(2,2,3); plot (z,Wxs,'-');
legend('Wxs');
subplot(2,2,4); plot (z,Wys,'-',z,Wzs,'');
legend('Wys','Wzs');
%-----

```

Эта программа позволяет читателю самому произвести расчёты графиков любого из слагаемых в сумме интегралов, содержащихся в формуле (19).

Несомненно, наши расчёты и их результаты в виде графиков на Рис. 10 являются иллюстративными. Поэтому они не могут быть полными и исчерпывающими – мы выбрали для примера только два характерных слагаемых в (19). Если исследователь пожелает получить точные данные или законы в целях физики и астрофизики, то он может воспользоваться более корректным решением системы уравнений (6) для многих тел и формулой (15) в исходной форме без каких-либо оговорок и приближений.

Стоит отметить роль множителя $\frac{3}{2Z \cdot k_B \cdot T}$ перед W_D в формуле (21). Он ставит величину гравитационной «постоянной» γ в зависимость от параметров термодинамического состояния вселенной, а более того той её части, где эта гравитация действует. А самое главное то, что аналогичная зависимость существует и на малых расстояниях, т.е. там, где преобладают силы квантового типа. Отсюда следует, что квантовые эффекты тоже зависят от термодинамики среды, окружающей частицы. Поэтому вся методика расчётов этой главы пригодна для анализа низкотемпературных эффектов, включая и сверхпроводимость.

Заключение

В двух главах мы обсудили все аспекты взаимодействия элементарных частиц с позиций электродинамики. Эта наука, как известно, рождена из опытов и надёжно проверена ими же. Поэтому наше исследование не содержит постулатов или гипотез, и не опирается на них ни в какой степени. В результате нам удалось однозначно определить природу квантовых сил и гравитации. При этом весь использованный нами математический аппарат в основном не выходит за рамки школьной алгебры. Только при расчёте гравитации потребовалось обратиться к понятию интеграла, о котором не только студент, но и школьник может осведомиться в справочнике или любом математическом пакете для простейших персональных компьютеров. Более того, весь графический материал, который мы старались представить, может и без математики развеять тот туман мистики вокруг современной физики, который напустили суетливые фальсификаторы. Графики на Рис. 10 мы сопроводили текстом программы, с помощью которой они были вычислены и построены. Для специалиста она может показаться неоптимальной или примитивной, но мы не ставили других задач, кроме простоты и наглядности. Теперь даже школьник может проверить расчёты и поэкспериментировать сам в этой проблемной области физики. А это всё вместе означает одно: все источники и свойства всех существующих полей теперь может понять любой школьник – достаточно его любознательности и доверия к справочникам, в которых давно опубликованы формулы, необходимые для описания простейших электромагнитных полевых систем.

Итак, мы выяснили электродинамическую природу квантовых сил и гравитации. Однако много это или мало для науки физики? Исчерпывающий ответ дадут последующие исследования. Но кое-что можно сказать и сейчас. По существу решена, а более точно – снята с повестки дня пресловутая проблема «единого поля».

Попутно на примере гравитационной постоянной мы подтвердили тот факт, что ничего линейного в природе не бывает, а каждая «постоянная» рано или поздно оказываются как минимум коэффициентом при разложении в степенной ряд неизвестной нам функции. Эти величины только кажутся постоянными ввиду неизбежной ограниченности тех условий, в которых были получены эмпирические формулы. На самом деле при расширении диапазона измеряемых величин или более глубоком изучении процессов они всегда зависят от чего-то ещё, нарушая линейность эмпирических законов. Действительно, почему природа должна подстраиваться под линейную систему счисления и линейные операторы, придуманные человеком? На самом деле никто не наделял этого человека такими командными полномочиями.

При нашем изучении взаимодействий всплыл ещё один очень важный, совсем небезразличный для естествознания (физика, химия, генетика и т.д.) аспект – пространственная структура квантовых связей. В главах 1 и 2 мы изучали взаимодействие частиц в той взаимной ориентации, которую самими

выбрали из соображений удобства. Однако для полной физической картины квантового взаимодействия нужно учесть и фактор угловой пространственной синхронизации элементарных частиц по θ и φ . Смысл угловой синхронизации электрического \mathbf{E} и магнитного \mathbf{H} полей по двум можно понять, анализируя Рис.2 и Рис.3. Здесь изображены пространственные конфигурации \mathbf{E} и \mathbf{H} , а более точно – их компоненты E_r и H_θ при трёх индексах полиномов Лежандра P_1^1 , P_3^3 и P_3^2 . Естественно, общая картина ещё богаче компонентами в три раза, что подтверждает Рис.3.

Рис.2 и Рис.3 демонстрируют, что пространственное расположение полей всегда имеет форму лучей, исходящих из центра. Причём общее количество этих лучей не равномерно увеличивается согласно индексам полиномов Лежандра. Амплитуды и фазы полей внутри каждого из лучей подчиняются известному закону, описанному функциями Бесселя полуцелого аргумента. Естественно они осциллируют ещё и во времени по периодическому закону.

Подчёркнём особую важность проблемы взаимной угловой синхронизации частиц или кластеров из них для понимания строения вещества. Эта синхронизация имеет следующие следствия. Во-первых, пространственное угловое распределение полей само по себе не вращается (таково точное решение задачи), т.е. обладает гироскопической устойчивостью. Поэтому никаких «орбит» в действительном микромире нет и в помине. Во-вторых, синхронизация осуществляется не по одному из полей, но по двум – \mathbf{E} и \mathbf{H} – одновременно. В третьих, синхронизация приводит к пространственному квантованию разрешённых состояний так, что только некоторые взаимные ориентации дают устойчивые разрешённые состояния. Сочетание всех этих трёх следствий взаимной синхронизации частиц и кластеров обуславливает строгую пространственную детерминированность структуры атомов, молекул и кристаллов, построенных из них.

Таким образом, условия синхронизации переменных полей определяют пространственные конфигурации от атомов до молекул. Следующими этапами структурирования материи являются макромолекулы, газы, жидкости и твёрдые тела, с которыми имеет дело механика Ньютона и статистическая механика. Дальнейшая цепь подобных рассуждений приводит к осознанию всей известной структуры материи, включая не только кристаллы, но и геномы живых организмов.

Особо стоит отметить состояние многих частиц на очень малых расстояниях между их центрами. В этом случае детерминант системы уравнений (6) обращается в 0. Это значит, что особо сильная связь при сближении частиц может обусловить их слияние до ядерного вещества. Т.е. мы также снимаем с повестки дня проблему происхождения ядерных сил.

Все электромагнитные поля вокруг частиц в основном состоянии имеют характер стоячих волн. В состоянии покоя они все сбалансированы. А что будет, если в каком либо месте движением частиц или ещё каким-либо образом произойдёт событие, нарушившее установившийся баланс в системе стоячих волн? А всё просто: этим событием будет инициирован волновой релаксационный процесс с перетеканием электромагнитной энергии – пойдут

обычные поперечные электромагнитные волны и до той поры, пока не установится новый баланс. Но чтобы разобраться с физикой движения и релаксационных процессов в мире реальных материальных объектов, надо решать или, по крайней мере, пытаться искать решения уравнений Максвелла в конкретных граничных и начальных условиях, избегая фантазий, предположений и советов составителей анекдотов про физику.

Вообще говоря, это исследование затронуло весьма запретную тему. Как мы отмечали в [5], даже непревзойдённый Дирак был вынужден следовать табу и проигнорировать электродинамику. Поэтому он не отвёл ей должное место в общей физике. Мы же сделали шаг против этой насильственной, совсем противостественной моды.

Представленные выше расчёты и выводы из них сразу дали положительный результат. Он свидетельствует о том, что самые начальные экспериментальные сведения о свойствах элементарных частиц в сочетании с обычной электродинамикой, могут дать ответы на многие принципиальные вопросы квантовой механики и теории гравитации. И всё это без постулатов, гипотез и сказочек.

В частности мы легко установили следующее:

1. Любая элементарная частица окружена переменным электромагнитным полем, которое она и излучает и поглощает в режиме стоячих волн. Это поле рассчитывается по хорошо известным формулам.
2. Все элементарные частицы вне зависимости от постоянных зарядов и их моментов взаимодействуют между собой через переменное электромагнитное поле. Главный тип взаимодействия элементарных частиц и их отдельных скоплений между собой – резко выраженный квантовый.
3. Всё известное нам физическое пространство заполнено переменным электромагнитным полем, являющимся суммой тех полей, которые генерируются множеством элементарных частиц. Это материальное переменное электромагнитное поле имеет свою энергию, которая может быть идентифицирована как тёмная материя, открытая астрономами, или эфир, который так упорно искал Максвелл.
4. Переменные и постоянные электромагнитные поля лишают актуальности гипотезу о существовании нейтрино, которая возникла из проблемы интерпретации сплошного спектра энергии электронов при бета-распаде. Но этот распад происходит в реально существующей полевой среде. И эти среда и поле должны обязательно участвовать в балансе сил, энергий и импульсов, что не было учтено автором гипотезы.
5. Сравнивая графики Рис.2 и Рис.3 в, легко заметить, что с увеличением сложности взаимодействующих систем частиц существенно расширяется и зона взаимодействия между этими системами. Реально существующие молекулы обладают

достаточной сложностью, чтоб создавать давно зафиксированные экспериментом силы Казимира.

6. В структурах, образованных частицами и их скоплениями никаких орбит нет, а есть только пространственное квантование, обусловленное взаимной угловой синхронизацией элементарных частиц или кластеров из них, представляющих элементы того или другого порядка организации материи.
7. Гравитация имеет электромагнитную природу происхождения и связана с чисто статистическими, можно сказать – термодинамическими, особенностями взаимодействия частиц и их скоплений на расстоянии.
8. Отдельного гравитационного поля нет как такового, и, следовательно, нет и гипотетических гравитационных волн, которые так безуспешно пытаются обнаружить некоторые экспериментаторы.
9. Особо стоит отметить сложность того физического механизма, который стоит за гравитационной якобы «постоянной». В данном случае мы выяснили, что γ есть функция, у которой есть знаменатель, содержащий статистическую сумму. Но эта сумма относится к большой системе, в которую входят гравитирующие тела. Поэтому наше решение имеет далеко идущие следствия для понимания термодинамики всей вселенной.

Ещё раз подчеркнём, что выше мы перечислили не гипотезы и никакие не модели, но реальные следствия из законов электродинамики и фактов, зафиксированных прямыми экспериментами с элементарными частицами.

Вся совокупность физических свойств элементарных частиц, окружённых переменными и постоянными электромагнитными полями, и их скоплений вытекают из взаимодействия частиц через это поле. Оно присутствует всегда и везде в известном нам мире, составляя содержание тёмной материи или эфира.

Отсюда происходит простое объяснение устройства этого материального мира: его элементами являются только частицы и кластеры из них. И сами эти частицы, и кластеры разной степени интеграции от атомов, до молекул и твёрдых тел соединены между собой переменными и постоянными электромагнитными полями. Никаких других элементов и никаких других связей в материальной природе нет.

И ничего из выясненного выше нельзя даже заметить или предположить, если не использовать вовремя и по всем правилам абсолютно надёжный и необходимый инструмент познания в виде теории электромагнитного поля Максвелла, которая построена исключительно на опыте и является неотъемлемой частью предмета физики. А если посмотреть ретроспективу, то станет очевидным: игнорирование физиками 20-го века этой науки имело для этой физики самые негативные последствия. Принудительная деформация

физики до сюрреалистического состояния путём привлечением наивных «моделей», постулатов, выдуманных теорий и прочей чертовщины из арсенала древних легенд и языческих религий отбросила назад развитие этой науки и вообще всей философии боле, чем на 100 лет.

Автор <http://realphys.com>

Библиография

1. Henri Poincare. Bulletin des Scientist Mathematiques, series 2, 1904, XXVIII, 302-324.
2. Par Renard de la Taille, Relativite Poincare a precede Einstein, Science et Vie, No. 931, avril 1995, p. 114-119
3. James Clerk Maxwell. Royal Society Transactions, v. CLV, 1864
4. B.F. Poltoratsky. Fundamental particles in pictures and without hypothesis. М., «Sputnik+», 2007.
5. Б.Ф. Полторацкий. Электродинамика в теории поля и материи. М., «Sputnik+», 2008.
6. M. Born, E. Wolf. Principles of optics. N-Y, Pergamon press, 1964 (М.Борн и Е. Вольф, Основы оптики. М., «Наука», 1973)
7. Andre Angot. Complements de Mathematiques. Paris, 1957. (Русское издание: Андре Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. Москва, «Наука», 1965)