

О.Г. Верин

**ПРИРОДА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ
И ЕДИНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ**

Москва
Контур-М
2005

УДК 539.12
ББК 22.382
В32

*Тем, кто хочет докопаться до истины,
ПОСВЯЩАЕТСЯ*

Верин О.Г.

В32 **Природа элементарных частиц, квантовая теория и Великое Объединение.** – М: Контур-М, 2005. – 134, [2] с., ил.
ISBN 5-98642-016-0

Эта книга дает возможность читателю не просто принять на веру и заучить постулаты квантовой механики, как это делали до сих пор студенты, изучающие закономерности микромира, а убедиться воочию в истоках этой науки. Развиваемая автором концепция микромира основана на солитонном (электромагнитном) представлении о природе элементарных частиц и показывает, каким образом в своеобразной среде, которой является вакуум, возникает удивительное многообразие элементарных частиц и их свойств.

Раскрытие физических механизмов, лежащих в основе квантовой теории, дает возможность уточнить ряд положений теории, более осмысленно вести конкретные исследования, по-новому подойти к решению задач, стоящих перед современной физикой, таких как “холодный термояд”, высокотемпературная сверхпроводимость, поиск антивещества во Вселенной, проблема Великого Объединения фундаментальных взаимодействий и т. д.

Взаимная синхронизация и равновесный обмен энергией между солитонами определяют универсальность свойств элементарных частиц и наблюдаемый ряд их масс. Своеобразная симметрия в классе лептонов, связанная с нейтрино, сопряжена с наличием конкретной структуры у нейтрино. Это находит свое подтверждение в том, что расчетные массы покоя нейтрино согласуются с имеющимися экспериментальными данными.

Особое внимание уделено исследованию продольных электромагнитных волн — одного из краеугольных камней всего устройства Вселенной.

Систематическое описание закономерностей микромира, основанное на солитонной природе элементарных частиц, несомненно, будет интересно как специалистам в области фундаментальной физики, инженерам, студентам, так и широкому кругу читателей.

ОБ АВТОРЕ

Автор книги, Верин Олег Гаврилович, уже много лет исследует динамику вакуума и солитонную (электромагнитную) природу элементарных частиц.

Предлагаемая читателю новая книга автора посвящена систематическому исследованию “механики” микромира и анализу практических приложений теории.



ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| 1. Введение..... | 6 |
| 2. Что такое вакуум?..... | 9 |
| 3. Вращающееся поле..... | 20 |
| 4. Продольные электромагнитные волны..... | 31 |
| 5. Фундаментальные взаимодействия | 40 |
| 6. Клонирование в микромире | 47 |
| 7. Кварки, ароматы, глюоны | 54 |
| 8. Резонансная Вселенная и Темная Материя | 64 |
| 9. Куда делось антивещество?..... | 78 |
| 10. Квантовая теория и телепортация..... | 93 |
| 11. Невероятное? — Очевидное!..... | 101 |
| 12. Заключение..... | 123 |
| Литература | 132 |

РАЗДЕЛ 1

Введение

Основное содержание этой работы в той, или иной степени изложено или хотя бы кратко упомянуто в моей предыдущей книге, посвященной природе элементарных частиц [1]. Поэтому после выхода ее из печати (около двух лет назад) мне казалось, что возвращаться к этим вопросам больше не имеет смысла. Однако с течением времени становилась все более очевидной необходимость последовательно и как можно доходчивее изложить совершенно новую стройную систему закономерностей микромира, возникающую из солитонного представления о природе элементарных частиц.

Это убеждение укреплялось еще по одной причине. Огромный поток информации по современным проблемам науки буквально обрушивается на читателей. В этом море публикаций трудно ориентироваться, вникнуть в сущность и понять значение каждой из них. Поэтому автор в значительной степени должен взять на себя задачу популяризации своего труда, тем более, что самому автору проще, чем читателю, знакомящемуся с новой концепцией, обобщить результаты работы и сформулировать наиболее важные следствия не только для теории, но и для практических исследований.

Таким образом, в этой работе я пытался последовательно показать общую картину микромира, основываясь на свойстве

вакуума образовывать электромагнитные солитоны. Важно проследить, как свойства вакуума связаны с характеристиками его элементарных возбуждений — солитонов, и далее, каким образом из простых солитонов возникает все разнообразие элементарных частиц.

Единство природы, если выразиться кратко и образно, основано на том, что “все состоит из вакуума”. Иными словами, вся существующая реальность рассматривается с точки зрения динамики вакуума.

Речь также пойдет о принципах синхронизации и равновесного обмена энергией между частицами в микромире, то есть, об их своеобразной резонансной природе. Так возникло своеобразное клонирование частиц в микромире — идентичность и повторяемость (универсальность) свойств элементарных частиц, а на этой основе — идентичность и повторяемость атомов химических элементов вещества.

Электромагнитный солитон является ключевым элементом теории всего комплекса взаимодействий, существующих в природе. Изучение его свойств дает возможность понять общность происхождения сильного, слабого, электромагнитного и гравитационного взаимодействий.

Поэтому особое значение имеет описание природы самого электромагнитного солитона — вращающейся одиночной электромагнитной волны. В предыдущей книге именно этому вопросу было уделено основное внимание. Принципиальное значение (как для теории, так и для практики) не известных ранее механизмов вращательного движения электромагнитного поля и образования продольных стоячих электромагнитных волн вокруг солитонов побуждает нас еще раз вернуться к обсуждению сущности этих видов электромагнитного поля.

Кроме того, изучение солитона открывает возможность получения искусственного резонанса вакуума. Речь идет, образно говоря, о получении электрона размером с футбольный мяч. Результаты этого направления исследований, несомненно, будут востребованы в энергетике и ряде других областей.

Следующая задача, которую мы ставим перед собой, это установление связи между свойствами электромагнитных со-

литонов и “странными” закономерностями, действующими в микромире (квантовой теорией). Этот анализ позволяет уточнить ряд принципиальных положений теории и выявить новые возможности для практических приложений, таких как получение реакций ядерного синтеза, материалов с высокотемпературной сверхпроводимостью и т. д.

В последних разделах книги рассмотрены наиболее актуальные и интересные проблемы современной физики. Почти все они связаны с уникальными свойствами продольных волн.

Так как все вещество состоит из солитонов, то оно оказывается генератором продольных волн, которые в результате обратного воздействия придают веществу особые свойства. В частности, продольные волны обеспечивают телепортацию частиц, движущихся вблизи периодических структур, и “течение” сверхтекучей жидкости. Общий резонанс продольных волн придает уникальные свойства наноструктурам, образует внутреннюю сверхтекучесть (сверхпроводимость) в атомах и молекулах, создает гравитационные эффекты.

Много внимания уделено установлению физического смысла волновой функции, используемой при квантовомеханическом описании микромира. В ряде случаев ее прообразом являются продольные волны.

Проведенное исследование дает основание утверждать, что настало время для перехода от постулирования закономерностей микромира к их изучению и осмысленному практическому использованию. И это время нельзя упустить!

Такой переход, несомненно, послужит преодолению формализма и заблуждений, господствовавших в квантовой теории. Они слишком долго сдерживали развитие физики.

Я ни в коей мере не пытался добавить нарочитой сенсационности излагаемому материалу. Открытие солитонной природы элементарных частиц и будущие исследования в этой области принесут результаты, перед которыми померкнут самые невероятные сенсации.

РАЗДЕЛ 2

Что такое вакуум?

Современные представления о вакууме весьма противоречивы. Но то, что вакуум это не пустота, а некоторая особая среда, современной наукой уже не подвергается сомнению [2].

Что же это за среда, и можно ли сравнить вакуум с какой-либо из известных сплошных сред?

То, что мы знаем о различных видах сред, убеждает нас в непредсказуемости проявлений природы. Твердые тела, жидкости, газы, плазменное состояние вещества — все эти сплошные среды настолько сильно отличаются друг от друга по своим свойствам, что их трудно сравнивать между собой. Почему же вакуум должен быть похож на одну из этих сред? Следуя своему правилу, природа, и в самом деле, изобрела среду, совершенно не похожую на все остальные среды, и она воспринимается нами как вакуум.

Споры о природе вакуума и электромагнетизма то затихали, то разгорались с новой силой и в XIX, и в XX столетиях. Если исходить из того, что электромагнитные волны в вакууме являются поперечными, то эта среда, казалось бы, должна быть ближе всего по своим свойствам к твердому телу. Но наиболее адекватно вакуум описывается моделью, разработанной Максвеллом еще в XIX веке, которая, действительно, не имитирует ни одну из известных сплошных сред [3].

Джеймс Клерк Максвелл исходил из того, что никакие волны (в том числе электромагнитные) не могут распространяться без наличия среды. Он не только сумел предложить оригинальную модель вакуума, но и, что особенно важно, разработал на этой основе свои знаменитые уравнения. Почти все работы Максвелла по электромагнитной теории являют собой блестящие примеры применения этой модели.

Фактически, электродинамика это и есть динамика вакуума. Также как движение воздуха воспринимается нами как ветер, точно также возбуждение вакуума проявляется как электромагнитное поле. Уравнения электромагнитного поля, таким образом, являются описанием свойств вакуума.

Несмотря на успешность применения модели, Максвелл никогда не отождествлял ее с реальным вакуумом и использовал лишь в качестве методологического инструмента.

Вся история развития физики показывает несостоятельность любых попыток отождествления моделей с реальностью, какими бы удачными эти модели ни казались. Например, модель идеального газа рассматривает молекулы в виде упругих шариков и дает прекрасные результаты, хотя мы отлично знаем, что молекулы совершенно не похожи на твердые шарики. Как правило, реальность оказывается значительно сложнее, чем модели.

В связи с этим следует остановиться еще на одном заблуждении, которое сопровождает процесс познания природы и которое присутствует в современных научных представлениях. Речь идет о безуспешных, но весьма настойчиво повторяемых попытках установить пределы для размеров объектов природы (как очень больших, так и очень малых).

Когда-то (в древнегреческой философии) элементами природы считались всего четыре: земля, вода, воздух и огонь. Позднее Аристотелем был введен тончайший пятый элемент (квинтэссенция — пятая сущность) или эфир, который затем стали называть тончайшей субстанцией, “экстрактом” всех элементов (Парацельс, врач, натурфилософ и алхимик эпохи Возрождения). В более близкие к нам времена атомы (от греческого *atomos* — неделимый) считались неделимыми, а элект-

ричество считали особой жидкостью. Современная теория повторяет эти ошибки, отрицая возможность детализации вакуума как среды и признавая только элементарные частицы и их так называемые виртуальные пары в качестве элементов строения природы и “физического вакуума”. Судя по всему, мы опять поторопились с установлением пределов.

Сопоставление размеров объектов реального мира говорит о невероятных, совершенно фантастических отношениях этих величин. Но нас это почему-то не убеждает.

С одной стороны, радиус Солнца более чем на два порядка превышает радиус Земли. Полуось орбиты Плутона (периферия солнечной системы) почти на четыре порядка больше радиуса Солнца. Радиус Галактики почти на восемь порядков больше радиуса солнечной системы. В свою очередь, расстояние до одного из скоплений галактик — Волосы Вероники (A1656), насчитывающего около 800 галактик, превышает размеры галактики еще на четыре порядка, что в итоге больше радиуса Земли почти на шестнадцать порядков.

С другой стороны, радиус Земли превышает атомный радиус Бора почти в том же отношении — более, чем на семнадцать порядков. Ядро атома меньше радиуса Бора еще на четыре порядка.

Таким образом, можно ожидать, что, следуя общей закономерности природы, составные элементы вакуума, ввиду их чрезвычайной малости, еще долго будут нам недоступны для изучения. По этой причине ситуация с исследованием вакуума представляется, на первый взгляд, совершенно безнадежной.

Но не будем забывать, что у нас есть модель Максвелла, дающая уникальную возможность изучить и понять свойства вакуума, не имея представления о его реальном устройстве!

Поэтому перейдем к обсуждению модели и кратко напомним суть полученных Максвеллом результатов.

Максвелл предположил, что все пространство заполнено “молекулярными вихрями” (для краткости будем называть их просто вихрями). Малые промежутки между вихрями заполнены мелкими частицами, которые передают вращательное движение от одного вихря к другому. Таким образом, посредством

промежуточных частиц вихри заставляют друг друга вращаться в одном и том же направлении. Вот, собственно, и вся модель вакуума.

На рис.1 схематично изображена эта модель (этот и некоторые другие рисунки позаимствованы из моей предыдущей работы [1]). Следует заметить, что в книге Максвелла [3] вихри изображены не в виде окружностей, а в виде шестиугольников (рис.2), что не имеет принципиального значения, но, пожалуй, более наглядно передает сущность модели.

Вихри, заполняющие все пространство, образуют каркас, а частицы между вихрями — своеобразную жидкость. Вращение вихрей соответствует наличию магнитного поля, а их деформация (тангенциальная к поверхности) — наличию электрического поля в пространстве.

Анализ модели был проведен Максвеллом в трех пространственных измерениях, а его результатом стали гениаль-

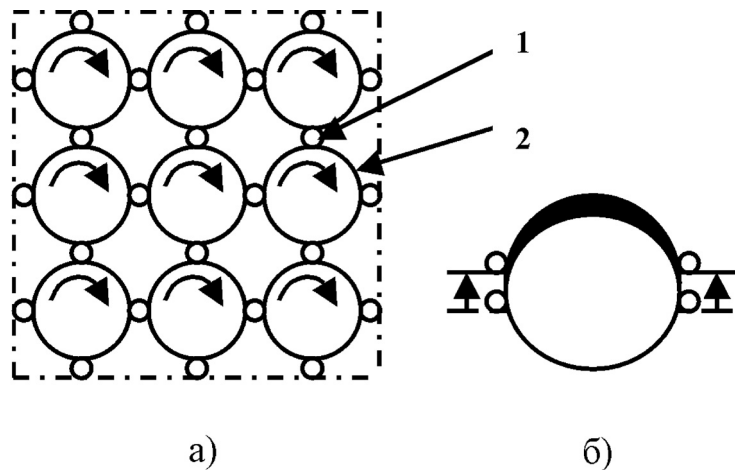


Рис. 1. Двухкомпонентная модель вакуума

а — динамическая модель вакуума (стрелками показано направление вращения вихрей); б — тангенциальная деформация вихря (деформация условно показана утолщением линии в верхней части вихря, испытывающей деформацию сжатия при смещении “жидкости” частиц); 1 — промежуточные частицы; 2 — вихри Максвелла.

ные уравнения электромагнитного поля. Как это ни странно, но даже специалисты в большинстве своем не читали работ Максвелла, не имеют представления о сути его модели вакуума и выводе уравнений электромагнитного поля! Классиков, как водится, почитают, но не читают. Некоторые свойства модели были рассмотрены в моей книге [1]. Поэтому кратко напомним, о чем шла речь.

Чтобы убедиться в удивительной наглядности и эффективности максвелловской модели вакуума, как инструмента анализа, постараемся ее максимально упростить.

Будем полагать, что вихрь занимает единичный объем, а его поверхность имеет форму цилиндра. Тогда масса вихря, полностью сосредоточенная на его поверхности, будет в точности соответствовать магнитной проницаемости вакуума μ , а скорость движения его поверхности — напряженности магнитного поля. Таким образом, кинетическая энергия вращения вихрей является аналогом энергии магнитного поля. Степень деформации вихрей соответствует величине электрического смещения, возникающая при этом сила — напряженности электрического поля, а коэффициент упругости вихрей соот-

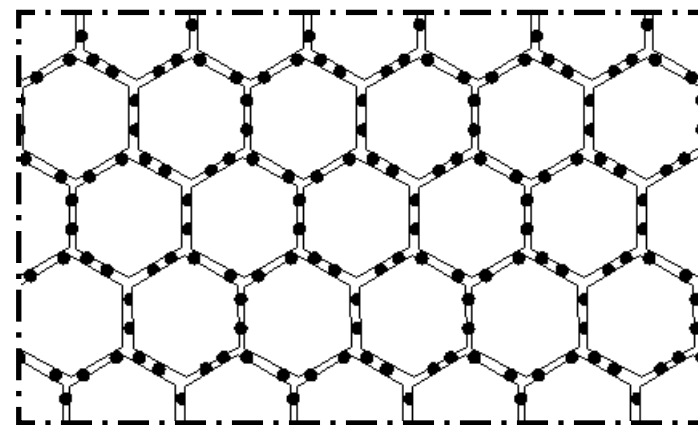


Рис. 2. Модель вакуума (вариант из книги Максвелла [3])

Вихри изображены в виде шестиугольников (в трех измерениях - это многогранники). Могут перемещаться и подвергаться деформации только оболочки вихрей, а внутренний объем вихрей неподвижен.

ветствует величине, обратной диэлектрической проницаемости вакуума ($1/\epsilon$). Энергия деформации вихрей является аналогом энергии электрического поля.

Замечательным свойством двухкомпонентной модели Максвелла является то, что она допускает «расслоение» вакуума. На рис. 3 условно изображен фрагмент пространства, в котором распространяется электромагнитное поле. «Расслоение» вакуума приводит к тому, что поле структурируется в пространстве, и поток электромагнитной энергии канализируется в некоторой области. Вследствие этого, неизбежно возникают динамическая (активная) область (слой), в которой локализуется поток электромагнитной энергии, и внешняя (статическая), испытывающая на себе воздействие динамической области. Из-за такого расслоения на границах активной и статической областей промежуточные частицы, помимо вращения, имеют и поступательное движение. На верхней границе они «катятся» налево, а на нижней — направо. Такое направленное движение слоя «жидкости частиц» соответствует, как показал Максвелл, наличию электрического тока.

Это чрезвычайно важный результат! Вакуум может образовывать энергетические структуры, границы которых формируются особыми токами, природа которых не связана с обычным электрическим током, возникающим при движении известных нам заряженных частиц. Мы опять поторопились, назвав элементарным и наименьшим заряд электрона! Почему это произошло, и как на самом деле образуются элементарные частицы и их заряд — все это мы обсудим в следующих разделах.

Анализируя модель, мы обнаруживаем еще одну интересную особенность. Речь идет о двух разновидностях электрического смещения, которые в теории электромагнитного поля отдельно не рассматриваются, но существование которых логически вытекает из модели Максвелла. Дело в том, что причины деформации вихрей в динамической и в статической областях принципиально отличаются друг от друга. Динамическое смещение возникает не в результате смещения «жидкости частиц» (продавливания ее в зазорах между неподвижными вихрями), как в случае электростатического поля, а в результате

динамического воздействия вращающихся вихрей друг на друга (передаваемого через вращение малых частиц).

Рассмотрим подробнее вращательное движение вихрей в динамической области. Пусть Ψ — положение какой-либо точки на поверхности вихря (координата отсчитывается по поверхности и может рассматриваться как фаза вращения). Будем считать, что положение этой точки одинаково для всех

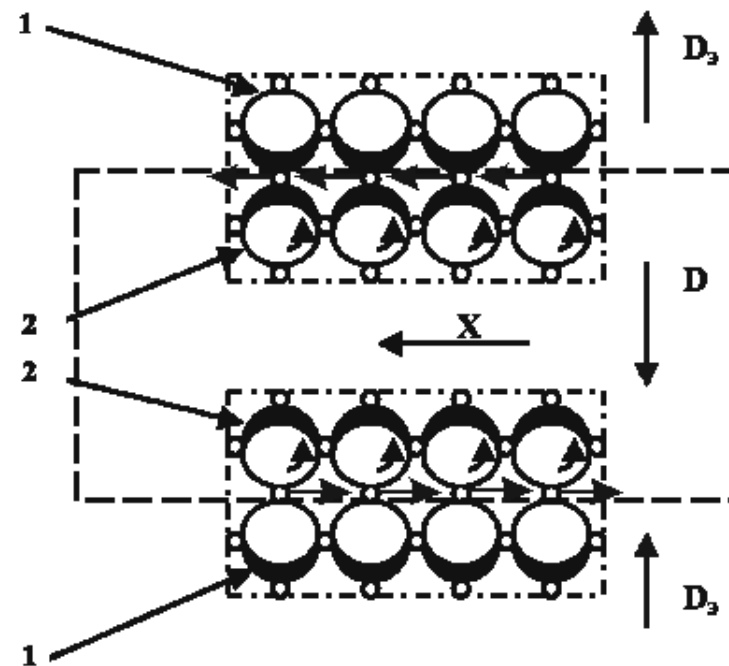


Рис. 3. Модель локализации электромагнитного поля в вакууме

1 — неподвижные вихри в статической области; 2 — вращающиеся вихри в активной области (утолщениями условно показана тангенциальная деформация вихрей, в результате которой одна из сторон испытывает деформацию сжатия); D — динамическое смещение в активной области; D_3 — статическое смещение вне активной области; X — направление распространения электромагнитного поля; пунктиром очерчена внутренняя — активная (динамическая) область распространения электромагнитного поля.

вихрей в невозмущенном вакууме. Тогда уравнение движения вихря можно записать в следующем виде, выражающем второй закон Ньютона:

$$\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \mu \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2}, \quad \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \frac{1}{c_0^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} \right). \quad (2.1)$$

Правая сторона уравнения — это произведение массы поверхности вихря на ускорение, а левая сторона — разность сил, действующих на вихрь со стороны соседних вихрей. Последнее утверждение поясним подробнее. Изменение параметра Ψ между соседними вихрями вызвано и определяется степенью деформации, то есть, электрическим смещением

$$\Delta \Psi = \frac{\partial \Psi}{\partial x} \cdot l = \frac{\partial \Psi}{\partial x} = D \quad (2.2)$$

Здесь введено обозначение l — размер вихря, ранее принятый нами за единицу (вихрь занимает единичный объем). Соответственно, разность сил, действующих на вихрь со стороны соседних вихрей, можно записать следующим образом:

$$F_2 - F_1 = \left(\frac{D_2}{\varepsilon} - \frac{D_1}{\varepsilon} \right) = \frac{\Delta D}{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial D}{\partial x} \cdot l = -rot E. \quad (2.3)$$

Здесь E — напряженность электрического поля, численно равная силе F .

С учетом (2.2), разность сил оказывается пропорциональной второй производной по координате и равной ротору сил, действующих на вихрь (из-за его единичного размера).

Таким образом, удобство использования модели Максвелла заключается в данном случае в том, что непосредственно из уравнения движения вихря мы получаем не только волновое уравнение (2.1), но и уравнение Максвелла

$$\mu \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \mu \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right) = \mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial B}{\partial t} = -rot E. \quad (2.4)$$

Левая часть этого уравнения является производной по времени от величины импульса вращательного движения вихря (аналог магнитной индукции). Так как мы считаем всю массу

вихря сосредоточенной на его поверхности, то вращение описывается как линейное движение.

Не менее наглядно с помощью модели можно получить и выражение, связывающее между собой величины H и D . Так как согласно (2.2) набег фазы на одном вихре, занимающем единичный объем, численно равен динамическому смещению, а поле распространяется со скоростью света $c_0 = (1/\varepsilon\mu)^{1/2}$ (см. (2.1)), то общий наворот фазы за одну секунду (а это и есть H) окажется в c раз больше, чем на одном вихре, то есть,

$$H = cD. \quad (2.5)$$

Теперь — о поперечном характере электромагнитного поля. Поток электромагнитной энергии (вектор Умова-Пойнтинга), как известно, ортогонален как к электрическому, так и к магнитному полям, а величина его выражается формулой

$$\Pi = E \cdot H = \frac{D}{\varepsilon} \cdot H. \quad (2.6)$$

Из приведенной на рис.3 модели распространения электромагнитного поля видно, что вектор угловой скорости вращения вихрей, соответствующий направлению магнитного поля, направлен перпендикулярно к плоскости изображения (на нас), а сила (напряженность электрического поля), с которой деформированные вихри действуют на промежуточные частицы, направлена вниз. В этом случае поток электромагнитной энергии, согласно правилам векторного произведения $[E \times H]$, должен быть направлен по оси X .

И это полностью соответствует модели! Достаточно обратить внимание на то, что сила, действующая на поверхность вихря с правой стороны, совпадает с направлением движения его поверхности и, таким образом, сообщает ему энергию, а с левой стороны сила имеет противоположное скорости направление, то есть, вихрь передает энергию по цепочке дальше в направлении X . Этим механизмом передачи энергии и объясняется поперечный характер электромагнитного поля.

Подведем краткие итоги анализа модели. Несмотря на кажущуюся простоту, модель дает возможность понять свойства

вакуума и исследовать сущность происходящих в нем процессов. В модели мы даже можем использовать те же обозначения, что и для поля! Но благодаря модели мы убедились, что эти обозначения и сами уравнения Максвелла описывают лишь частный случай из всего многообразия возможных состояний вакуума. Очевидно, Максвелл осознавал уникальные возможности модели и, несмотря на критику противников, никогда от нее не отказывался и использовал во многих работах как эффективный и наглядный инструмент анализа.

Важнейшей особенностью вакуума, как среды, является его способность локализовать в пространстве потоки электромагнитной энергии, в результате чего в нем формируются своеобразные энергетические структуры. Как мы увидим, именно это свойство вакуума обеспечивает образование энергетических структур с вращающимися электромагнитными потоками — элементарных частиц вещества.

Особую природу имеют поля, образующиеся за пределами активной (динамической) области энергетических структур. Как уже отмечалось выше, эти поля возникают в виде реакции на процессы, происходящие в динамической области. Этот механизм, в частности, объясняет наличие продольных стоячих электромагнитных волн вокруг элементарных частиц.

С формальной точки зрения модель Максвелла сопоставляет каждой точке пространства осциллятор, характеризуемый единственным параметром — фазой ψ .

Невозмущенный вакуум (пустота) характеризуется неизменностью во времени и в пространстве фазы осцилляторов ψ .

Магнитная индукция определяется как производная по времени $d\psi/dt$ с коэффициентом пропорциональности μ .

Напряженность электрического поля пропорциональна пространственному изменению фазы осцилляторов $d\psi/dx$ (коэффициент пропорциональности $1/\epsilon$).

Интересно отметить, что в более общем случае свойство модели вакуума, напоминающее принцип работы арифмометра (использующего взаимное сцепление колесиков) находит свое отражение в методе Бромвича решения уравнений Максвелла. Решение сводится к единому параметру $\psi(x,y,z,t)$, че-

рез пространственные и временные производные которого выражаются электрическое и магнитное поля [4]!

Такой подход, в частности, делает обоснованным предположение о наличии дополнительной характеристики электростатического смещения — своеобразной дополнительной поляризации (не путать с поляризацией фотона!). Направление этой поляризации определяется тем, что разность фаз осцилляторов имеет выделенное направление в пространстве, совпадающее с направлением распространения энергии в динамической области. Так как внешнее электростатическое поле порождается полем динамической области и уравнивает его, то электрическое поле в обеих областях должно иметь аналогичную поляризацию (характер деформации вихрей). Только при наложении произвольно ориентированных полей от большого количества источников, образующих макрозаряд, электростатическое электрическое смещение в окружающем пространстве может в среднем рассматриваться как равномерное (неполяризованное).

Специфический характер всем процессам, происходящим в вакууме, придает отсутствие потерь (трения). Этим определяются особые свойства энергетических структур и их взаимодействий между собой.

Именно энергетические структуры, образующиеся в вакууме, будут предметом нашего дальнейшего исследования.

РАЗДЕЛ 3

Вращающееся поле

Идея электромагнитной природы вещества не нова и высказывалась многими учеными. В частности, А. Эйнштейн неоднократно возвращался к этому вопросу в своих работах, указывая на общность природы поля и вещества:

"... элементарные частицы материи по своей природе представляют собой не что иное, как сгущения электромагнитного поля, ..." (А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. М.: Наука. 1965. Т.1. С.689).

"... согласно последовательной теории поля весомую материю или составляющие ее элементарные частицы также следовало бы рассматривать как особого рода "поля", или особые "состояния пространства". Однако приходится признать, что при современном состоянии физики такая идея преждевременна, так как до сих пор все направленные к этой цели усилия физиков-теоретиков терпели провал. Таким образом, теперь мы фактически вынуждены различать "материю" и "поля", хотя и можем надеяться на то, что грядущие поколения преодолеют это дуалистическое представление и заменят его единым понятием, как это тщетно пыталась сделать теория поля наших дней." (А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. М.: Наука. 1966. Т.2. С.154).

Несомненно, что таким объединяющим понятием, или мо-

стиком между электромагнитным полем и веществом, является электромагнитный солитон — одиночная вращающаяся электромагнитная волна [1]. Чтобы не повторяться, мы не будем подробно останавливаться на математических выкладках, приведенных в указанной работе, а сосредоточимся на сущности процессов в вакууме, которые приводят к рождению элементарной частицы вещества — солитона.

Почему разработка идеи электромагнитной природы вещества так долго не могла сдвинуться с мертвой точки? Все дело в том, что уравнения Максвелла, как мы убедились, описывают лишь частный случай из всего многообразия возможных состояний вакуума, а именно, процесс прямолинейного распространения поля. Поэтому никакие ухищрения с использованием этих уравнений не давали возможности ответить на вопрос о том, каким образом поле локализуется в пределах частицы. Единственным выходом из этой ситуации было использование различного рода искусственных приемов. Например, можно предположить, что в месте локализации поля параметры самого вакуума изменяются и приводят к "запираанию" поля в этой области (наподобие преломления света или полного внутреннего отражения). Однако искусственное введение в теорию таких приемов просто подменяет один вопрос другим, не менее сложным.

Если обратиться к модели Максвелла, то использование дополнительных ухищрений оказывается совершенно излишним! Свойства вакуума таковы, что вращение электромагнитного поля является естественным и самым распространенным способом существования возмущенного вакуума.

Посмотрим как это происходит. Так же просто, как было выведено волновое уравнение (из уравнения движения вихря), условие вращательного движения электромагнитного поля получается из равенства друг другу плотностей энергий магнитного поля и электрического поля. Но прежде рассмотрим подробнее процессы, происходящие в динамической области.

На рис.4 условно показана динамическая область, свернутая в кольцо, и фрагмент модели Максвелла (малые частицы между вихрями не изображены). Характер деформации вихрей

показывает, что электрические поля в динамической и внешней (статической) областях имеют противоположные направления и уравниваются друг друга. Именно так в первом приближении образуется электростатический заряд элементарных частиц. (Тот, кто знаком с квантовой теорией, может возразить: действие электростатического поля объясняется обменом фотонами и рождением виртуальных частиц. Но надо иметь в виду, что это лишь хитроумный прием, наподобие разложения реальной зависимости в ряд Фурье. Таким образом “сконструирован” метод анализа в квантовой электродинамике с использованием разложения по диаграммам Фейнмана. Эти изобретения — всего лишь методы исследования и их нельзя

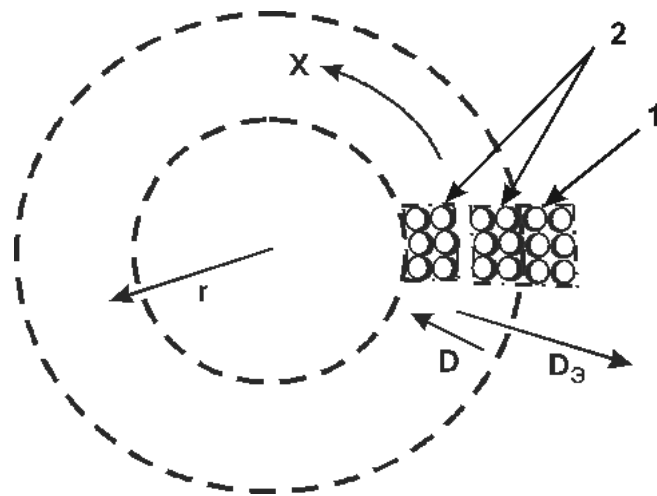


Рис. 4. Вращение потока электромагнитной энергии в вакууме

1 — неподвижные вихри в статической области; 2 — вращающиеся вихри в активной области (как и на предыдущем рисунке, вихри вращаются против часовой стрелки, то есть, магнитное поле направлено на нас); D — динамическое смещение в активной области; D_3 — статическое смещение (зарождается в динамической области); X — направление распространения электромагнитного поля; пунктиром очерчена внутренняя — активная (динамическая) область распространения электромагнитного поля.

отождествлять с тем, что происходит в природе на самом деле. Поэтому с наименьшим основанием мы можем пользоваться моделью вакуума — таким же прекрасным инструментом анализа, доставшимся нам от Максвелла.)

С помощью модели Максвелла можно представить себе, каким образом в динамической области зарождается электрический заряд, то есть, как образуется отличная от нуля дивергенция электрического поля (рис.5). В промежутке между верхним и нижним вихрями количество частиц зависит от соотношения степени сжатия стенки верхнего вихря и степени растяжения стенки нижнего вихря. Например, если степень сжатия превышает степень расширения, то в промежуток

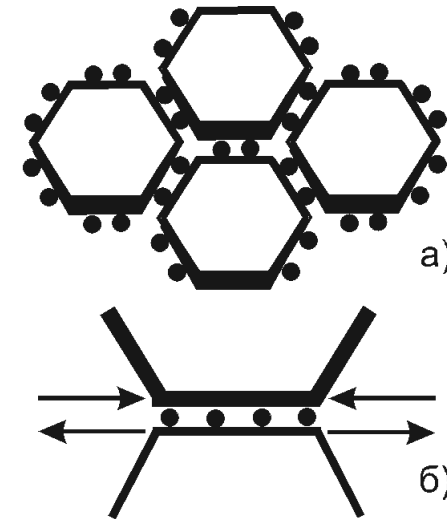


Рис. 5. Образование отличной от нуля $\text{div}D$

а — деформация вихрей (растяжение верхней стенки и сжатие нижней стенки) соответствует отличному от нуля электрическому смещению D ; б — в промежутке между верхним и нижним вихрями количество частиц зависит от соотношения степени сжатия стенки верхнего вихря и степени растяжения стенки нижнего вихря (например, если степень сжатия превышает степень расширения, то в промежуток “закатывается” больше частиц — в этом случае плотность частиц превышает среднюю величину, что соответствует положительной дивергенции поля).

между вихрями “закатывается” больше частиц. Следовательно, между этими вихрями плотность частиц превышает среднюю величину, что соответствует положительной дивергенции поля. Естественно, с этим связана дополнительная составляющая плотности энергии электрического поля.

Обратим внимание еще на одно важное обстоятельство. Зарождение электростатического поля в динамической области приводит к тому, что “жидкость частиц” начинает либо втягиваться, либо выталкиваться из области с отличной от нуля дивергенцией электрического поля. Такое смещение жидкости частиц, с одной стороны, влияет на деформацию вихрей и, следовательно, на наворот фазы вихрей ψ в динамической области, а с другой стороны, с этим связана и соответствующая энергия, так как перемещение жидкости частиц происходит в присутствии силы, возникающей из-за деформации вихрей. Поэтому в выражениях для напряженности магнитного поля (скорости вращения вихрей) и для плотности энергии электрического поля появляются соответствующие дополнительные составляющие.

Для удобства анализа введем некоторую обобщенную величину электрического смещения D_0 . Величина D_0 вводится в виде аналога обычной величины электрического смещения при прямолинейном распространении поля:

$$H = D_0 c_0, \quad w_m = \frac{\mu H^2}{2} = \frac{\mu D_0^2 c_0^2}{2} = \frac{D_0^2}{2\epsilon} = w_3. \quad (3.1)$$

Теперь сделаем два допущения, в оправданности которых мы позже убедимся.

Будем полагать, что магнитное поле в динамической области не меняется при изменении r , (подобно полю между двумя коаксиальными цилиндрами с одинаковыми, но противоположно направленными кольцевыми поверхностными токами). Кроме того, будем считать, что электромагнитный солитон вращается как единое целое, то есть, скорость распространения поля в динамической области пропорциональна расстоянию от центра вращения $c = c_0 (r / r_0)$. Тогда в динамической области будет справедливо соотношение, связы-

вающее между собой электростатическую и динамическую составляющие электрического смещения

$$H = c_0 D_0 = c D_\Sigma = c_0 \frac{r}{r_0} \cdot D_0 \frac{r_0}{r} = const, \\ D_\Sigma = D + D_3 = D_0 \frac{r_0}{r}, \quad D_3 = D_0 \frac{r_0}{r} - D. \quad (3.2)$$

Суммарное электрическое смещение (наворот фазы на одном вихре D_Σ), таким образом, обратно пропорционально радиусу и равно D_0 при значении радиуса r_0 , при котором скорость распространения поля равна скорости света c_0 .

Завершив эти приготовления, запишем уравнение для поля, распространяющегося по кольцу. Оно выражает принцип равенства плотностей магнитного и электрического полей. С учетом всех составляющих, полученных с помощью модели Максвелла, и учитывая (3.1), (3.2), имеем

$$\frac{D_0^2}{2\epsilon} = \frac{D^2}{2\epsilon} - \frac{1}{2} \varphi \operatorname{div} D + \frac{1}{2} \frac{D}{\epsilon} \left(D_0 \frac{r_0}{r} - D \right), \quad (3.3) \\ D_3 = D_0 \frac{r_0}{r} - D, \quad \varphi = \frac{1}{\epsilon} \int_{r_1}^r D(r) dr.$$

Левая сторона уравнения — это плотность магнитной энергии, выраженная через D_0 , а правая — три составляющих для электрического поля: “обычная” энергия электрического поля (деформации вихря), энергия, потраченная на создание отличной от нуля дивергенции поля, и последняя составляющая — энергия, связанная с появлением электростатического поля (со смещением жидкости частиц — D_3). Множители $1/2$ появляются из-за того, что параметры, входящие в эти составляющие энергии, возникают и нарастают одновременно (подобно сжатию пружины и силе упругости).

В динамической области аналогично тому, как это происходит в длинных линиях, распространяется волна напряжения. Поэтому потенциал φ в любой точке с координатой r определяется путем интегрирования напряженности электри-

ческого поля от внутренней границы динамической области r_1 до координаты r .

После преобразования уравнение (3.3) приобретает вид, свидетельствующий о том, что оно действительно описывает вращение одиночной электромагнитной волны (солитона)

$$\frac{D_0}{2\epsilon r_0} = \frac{D}{2\epsilon r} - \frac{\varphi}{2D_0 r_0} \cdot \text{div}D. \quad (3.4)$$

Поясним это с помощью простой схемы (рис.6).

Куполообразная (напоминающая форму синусоидальной полуволны) форма солитона аппроксимирована равнобедренным треугольником (развертка по траектории вращения солитона). Крутизна переднего и заднего фронтов одиночной волны характеризуется ротором электрического поля. Его величина должна равняться константе $\pm D_0/2\epsilon r_0$ (рис.6б), чтобы обеспечивать однородную (в сечении, перпендикулярном к

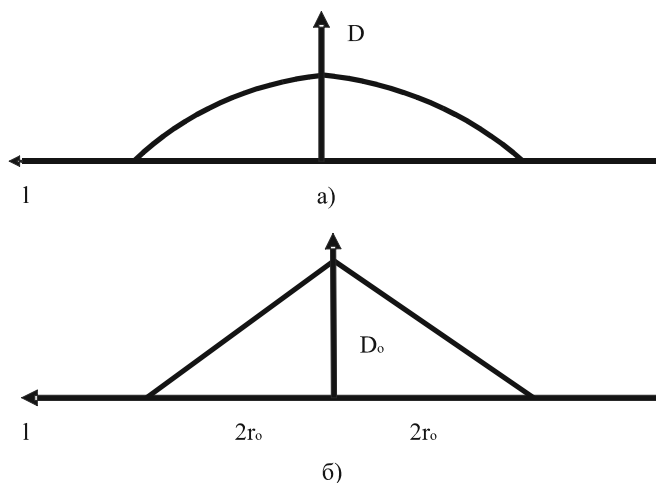


Рис. 6. Развертка азимутального изменения электрического смещения в динамической области солитона

а — реальная (предполагаемая) форма одиночной волны солитона, б — аппроксимация волны солитона, l — развертка траектории вращательного движения солитона. ($\text{rot}E = \pm D_0/2\epsilon r_0$ имеет противоположные знаки на переднем и заднем фронтах солитона и соответствует крутизне этих фронтов на нижней схеме.)

направлению распространения) величину магнитного поля, то есть, не зависящую от изменения радиуса. Но это как раз равно левой части уравнения (3.4)! Численное решение уравнения (рис.7) показывает, что ротор напряженности электрического поля для произвольного значения радиуса ($D/2\epsilon r$) может как превышать, так и быть меньше величины $D_0/2\epsilon r_0$ (рис.8). Таким образом, вторая составляющая в правой стороне уравнения (3.4) «сглаживает» неоднородность ротора электрического поля на переднем и заднем фронтах солитона.

Это означает, что вихри, испытывающие воздействие более крутого фронта передают усилия вихрям из соседнего слоя с меньшей крутизной фронта и “подкручивают” их (эти силы имеют азимутальное направление подобно силам трения между concentрическими слоями).

Величину $\psi_0/\epsilon = 2D_0 r_0/\epsilon$ будем называть динамическим потенциалом солитона. Он соответствует набегу фазы ψ_0 (или величине пути, пробегаемого точкой поверхности вращающегося вихря) при прохождении солитона и делится поровну между задним и передним фронтами (по $D_0 r_0$). Энергия, аккумулируемая за счет дивергенции электрического поля, равна работе сил, действующих со стороны вихрей соседних слоев. Силы умножаются на путь, совершаемый поверхностью вихря за время прохождения переднего фронта (или, что равноценно, берется

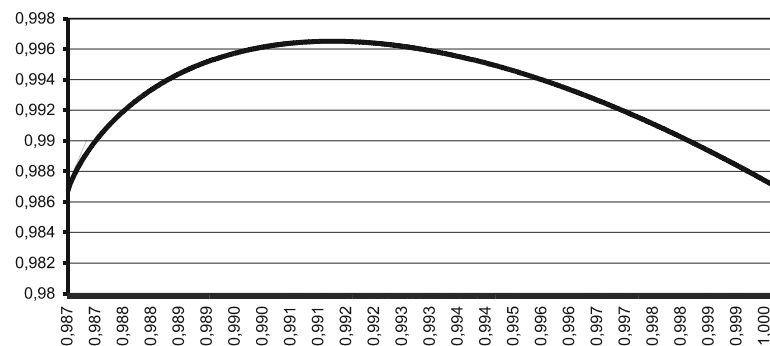


Рис. 7. Зависимость динамического электрического смещения (D/D_0) от радиуса (r/r_0)

произведение ротора этих сил на набег фазы $D_0 r_0$)

$$\frac{1}{2} \cdot \varphi \operatorname{div} D = \left(\frac{D_0}{2\epsilon r_0} - \frac{D}{2\epsilon r} \right) D_0 r_0. \quad (3.5)$$

Такая форма записи уравнения (3.4) наглядно показывает, каким образом за счет неоднородности ротора электрического поля происходит накопление этой энергии.

При прохождении заднего фронта солитона знаки роторов сил меняются на противоположные, и накопленная энергия расходуется на то, чтобы притормозить (или ускорить) вращение вихрей в соседнем слое динамической области, в котором ротор электрического поля отличается от среднего значения.

Для иллюстрации процессов, происходящих при вращении солитона, мы использовали самую простую форму для аппроксимации огибающей одиночной волны. Однако это не имеет принципиального значения, так как при любой форме фронтов роторы напряженности электрического поля будут пропорциональны отношениям текущих значений величин поля и радиуса (D/r).

Изучая механизм вращательного движения поля, незамет-

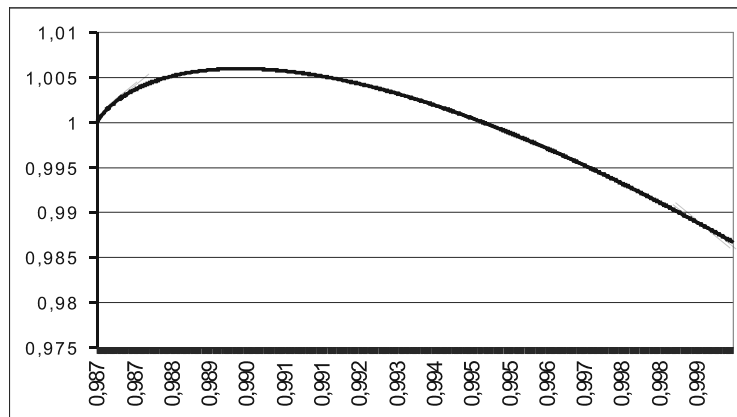


Рис. 8. Ротор напряженности электрического поля для произвольного значения радиуса ($D/2\epsilon r$) может как превышать, так и быть меньше величины $D_0/2\epsilon r_0$, принятой на графике за единицу.

но для себя мы обнаружили не исследованный вид поля — стоячие продольные электромагнитные колебания. Действительно, энергия, связанная с отличной от нуля дивергенцией поля (рис.9), передается в радиальном направлении, то есть, вдоль направления электрического поля от одного concentрического слоя к другому и обратно. Эти стоячие колебания, наподобие трения между слоями, связывают солитон в единое целое. Интересно, что при интегрировании в целом по динамической области $(\varphi \operatorname{div} D)/2$ дает ноль.

Подробно анализировать процессы в динамической области здесь нет необходимости, так как это сделано в [1]. Отметим лишь, что в этой области продольные колебания существуют наряду с обычными (поперечными), и поэтому возникает своеобразный комбинированный вариант, в результате чего скорость распространения продольных колебаний в среднем на два порядка меньше скорости света.

Вследствие этого, относительная толщина кольца динамической области (отношение разности внешнего и внутреннего радиусов к диаметру $(r_2 - r_1)/2r_0$) имеет порядок величины постоянной тонкой структуры. Вот где находятся истоки знаменитой константы α !

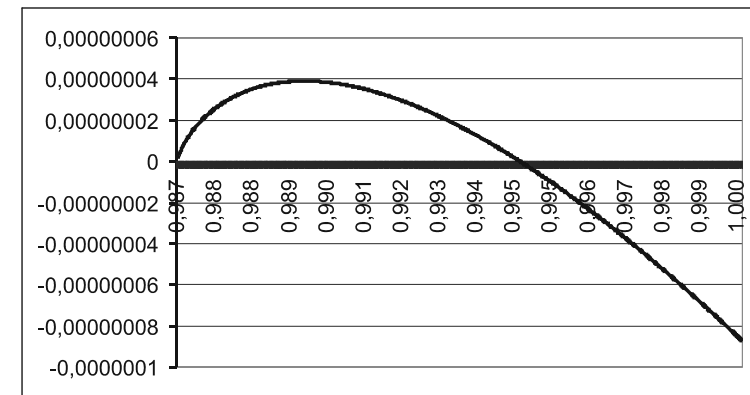


Рис. 9. Зависимость $(\varphi \operatorname{div} D)/2$ от радиуса. В целом по динамической области энергия, связанная с отличной от нуля дивергенцией поля равна нулю.

Столь малая скорость распространения радиальных колебаний находит простое качественное объяснение. Разгадка кроется в свойствах второго слагаемого в правой части уравнения (3.4), описывающего продольные колебания. Потенциал φ почти линейно увеличивается от внутренней границы к внешней границе динамической области. Поэтому для достижения той же плотности энергии $(\varphi \operatorname{div} D)/2$ величина $\operatorname{div} D$, наоборот, должна все более возрастать при приближении к внутренней границе. Но это как раз и говорит об увеличении крутизны пространственных изменений, происходящих при уменьшении скорости распространения волны (аналогично тому, как увеличивается волновой коэффициент при уменьшении скорости $k = \omega/v$). Более того, мы можем даже оценить характер изменения скорости при изменении радиуса. Аналогично тому, как было получено волновое уравнение (2.1), достаточно применить второй закон Ньютона для описания движения вихря. Учитывая структуру второго слагаемого в уравнении (3.4), скорость распространения радиальных колебаний ориентировочно определяется из соотношений

$$\varphi \approx D_0(r - r_1)/\varepsilon, \quad v \sim c \cdot \sqrt{\frac{(r - r_1)}{2r_0}}. \quad (3.6)$$

Эти колебания напоминают колебания подвешенной цепи. Натяжение цепи, линейно возрастающее от свободного конца к точке подвеса, является аналогом потенциала, также почти линейно увеличивающегося от внутренней к внешней границе динамической области солитона.

И еще один важный результат. Солитон может иметь любой радиус вращения! Никаких особо выделенных значений радиуса не существует. Поэтому все окружающее нас вещество сформировалось в результате обмена энергией между солитонами и их взаимной синхронизации, то есть, путем установления равновесия. Мы в этом воочию убедимся, анализируя закономерности ряда масс элементарных частиц.

Следует заметить, что рассмотренный солитон в вакууме не вполне соответствует известным моделям солитонов [5,6].

РАЗДЕЛ 4

Продольные электромагнитные волны

Существование продольных и обычных поперечных волн в динамической области, как мы видели, лежит в основе исключительного по своей красоте и теоретической значимости механизма вращения поля и образования электрического заряда солитона. Оказалось, что продольные электромагнитные волны не являются чем-то надуманным и, благодаря модели Максвелла, находят совершенно ясное, наглядное объяснение. Модель снова проявила себя в полном блеске!

Динамические силы, возникающие между вихрями в направлении, перпендикулярном к направлению их деформации, свидетельствуют о существовании особого вида напряженности электрического поля. Сходство с обычными поперечными волнами заключается в том, что эти силы совершают работу, воздействуя на вращающиеся поверхности, и образуют поток энергии. По сути дела, продольные волны — это тоже поперечные волны (с точки зрения векторного произведения разных видов напряженности электрического поля и магнитного поля), хотя в этом случае направление потока энергии совпадает с направлением деформации (с направлением вектора электрического смещения).

Отметим еще один любопытный факт. Продольные элек-

тромагнитные волны в динамической области имеют малую скорость распространения как бы по остаточному принципу, так как азимутальная скорость обычных поперечных волн оказывается несколько меньше скорости света.

Следуя этой логике, можно предположить, что продольные волны во внешней области солитона имеют скорость распространения, равную скорости света, так как они не являются комбинированными. Такой подход, кроме того, соответствует методу так называемых запаздывающих потенциалов, при котором время запаздывания определяется временем распространения сигнала (со скоростью света) от источника до точки наблюдения.

Основываясь именно на этом методе, Р. Фейнман анализировал сферические волны от точечного источника [7]. Им же была рассмотрена возможность существования стоячих (то есть, и сходящихся, и расходящихся) волн вокруг электрона.

Таким образом, описание продольных электромагнитных колебаний внешнего поля электрона, содержащееся в [1], оказывается в значительной степени созвучным этим идеям Фейнмана. Не повторяя математических выкладок, кратко напомним результаты этого анализа.

Скалярный потенциал основной гармоники переменного поля во внешней (статической) области электрона является стоячей волной (содержит в себе как расходящуюся, так и сходящуюся волны)

$$\varphi = \frac{D_3 r_0^2}{\epsilon r} \sin(\omega_0 t + \gamma) \cos\left(\frac{r}{r_0} - 1\right) \sin\theta. \quad (4.1)$$

Здесь ω_0 — частота первой гармоники колебаний,
 D_3 — амплитуда первой гармоники на внешней границе динамической области,
 θ — широта в сферической системе координат,
 γ — азимутальная координата (долгота),
 r — расстояние от центра вращения солитона.

В (4.1) также учтено, что радиус внешней границы динамической области приблизительно равен $r_2 \approx r_0$

Высота динамической области солитона определяется «сшиванием» полей сферической (электростатической) и цилиндрической (динамической) областей. Так как на поверхности, образующей границу этих областей, величина электростатического поля и соответствующий поток электрического смещения в целом не должны претерпевать скачков, то следует определить высоту цилиндра, исходя из равенства площадей боковой поверхности цилиндра и поверхности соответствующей сферы. Такое равенство площадей достигается при высоте цилиндра, равной его диаметру, то есть, $2r_0$.

Векторный потенциал поля имеет радиальное направление (по направлению тока смещения, исходящего из динамической области) и определяется из калибровки Лоренца (см. (4.6))

$$A_r = -\frac{D_3 r_0^2}{\epsilon c r} \cos(\omega_0 t + \gamma) \sin\left(\frac{r}{r_0} - 1\right) \sin\theta - \frac{D_3 r_0^3}{\epsilon c r^2} \cos(\omega_0 t + \gamma) \cos\left(\frac{r}{r_0} - 1\right) \sin\theta - \frac{C}{r^2}. \quad (4.2)$$

Учитывая осевую симметрию солитона, получаем представляющую для нас наибольший интерес величину θ - составляющей магнитного поля (в формуле (4.2) C — константа)

$$B_\theta = \text{rot}_\theta A = \frac{1}{r \sin\theta} \frac{\partial A_r}{\partial \gamma} = \frac{D_3 r_0^2}{\epsilon c r^2} \sin(\omega_0 t + \gamma) \sin\left(\frac{r}{r_0} - 1\right) + \frac{D_3 r_0^3}{\epsilon c r^3} \sin(\omega_0 t + \gamma) \cos\left(\frac{r}{r_0} - 1\right). \quad (4.3)$$

В (4.3) отсутствуют члены, пропорциональные $(1/r)$. Это свидетельствует о том, что поле действительно не излучается, и, наряду с расходящейся волной, существует сходящаяся волна, то есть, внешнее переменное поле электрона является стоячей волной, что и отражено в исходном выражении (4.1).

Второе слагаемое в выражении (4.3) обратно пропорционально третьей степени расстояния и сказывается только на малых расстояниях от солитона.

Однако самый неожиданный результат, полученный в ра-

боте [1], заключается в том, что составляющие электрического поля от скалярного и векторного потенциалов противоположны по знаку и уничтожают друг друга

$$E = -\nabla\varphi - \frac{\partial A}{\partial t} = 0. \quad (4.4)$$

Этот результат можно, пожалуй, объяснить только с помощью модели Максвелла. Также как и радиальные колебания в динамической области, колебания во внешней (статической) области солитона являются продольными. При этом динамические силы между вихрями направлены ортогонально к направлению распространения колебаний и к направлению деформации вихрей. Поэтому произошедшая компенсация составляющих напряженности электрического поля от скалярного потенциала и от векторного потенциала не исключает наличия деформации вихрей, а, следовательно, и накопления энергии электрического поля. Более того, как было показано в разд. 2, изменение во времени фазы вихрей, характеризующее наличие магнитного поля, возникает в результате соответствующей деформации вихрей.

Поэтому, по крайней мере в дальней зоне, выражение для динамического смещения, характеризующего плотность энергии электрического поля этих колебаний, исходя из (4.3), можно записать в следующем виде:

$$D \approx \frac{D_0 r_0^2}{r^2} \sin\left(\omega_0 t + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \cos\left(\frac{r}{r_0} - 1\right). \quad (4.5)$$

Благодаря тому, что нам стало известно о природе медленных продольных волн в динамической области, стоячие продольные волны во внешней области солитона уже не представляются такими загадочными.

Но описание продольных волн во внешней области солитона выглядит слишком формальным и “притянутым” к теории обычных поперечных волн. Кроме того, в предыдущей книге были допущены несколько досадных (хотя и не существенных) опечаток. Поэтому представляется необходимым расширить и сделать более понятным описание этого очень распро-

страненного в природе и определяющего ряд фундаментальных взаимодействий вида электромагнитных волн.

Начнем с калибровки Лоренца, которая была использована при выводе выражения (4.2)

$$\nabla A = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial \varphi}{\partial t}. \quad (4.6)$$

Продифференцируем это выражение по времени

$$\nabla\left(\frac{\partial A}{\partial t}\right) = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}. \quad (4.7)$$

Из выражения (4.4), характеризующего продольные волны, получаем

$$\frac{\partial A}{\partial t} = -\nabla\varphi. \quad (4.8)$$

С учетом (4.8), выражение (4.7) приобретает вид

$$\nabla^2 \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0. \quad (4.9)$$

Таким образом, условие (4.4) для продольных колебаний приводит к уравнению для потенциала, решением которого являются расходящиеся и сходящиеся волны, то есть, решение типа (4.1), из которого мы исходили.

Вспомним, что для обычных поперечных волн уравнение (4.9) получается из требования уравнения Максвелла о равенстве нулю дивергенции электрического поля

$$\operatorname{div} E = \nabla\left(-\nabla\varphi - \frac{\partial A}{\partial t}\right) = 0. \quad (4.10)$$

Это означает, что

$$\nabla\left(\frac{\partial A}{\partial t}\right) = -\nabla^2 \varphi. \quad (4.11)$$

Следовательно из (4.7) с учетом (4.11) опять получается волновое уравнение (4.9). Но из условия (4.4) для продольных волн автоматически следует выполнение условия (4.10) и, та-

ким образом, оно является более сильным требованием.

Очевидно, возникает вопрос о том, как в случае продольных волн ($E = 0$) образуется отличный от нуля ротор напряженности электрического поля?

Обратимся к модели Максвелла (рис.10). При возникновении динамических напряжений между вихрями происходит асимметричное втягивание (вернее “закатывание”) частиц. Направление сжатия определяется направлением действующих сил, как показано на рисунке (10б). Обратное раскручивание этой своеобразной пружины происходит также асимметрично — в противоположном направлении. Именно этот процесс создает ротор напряженности электрического поля, обеспечивая распространение продольной волны в направлении X по цепочке взаимодействующих вихрей.

Такой механизм обеспечивает формальное соответствие описания продольных волн методу запаздывающих потенциалов. Более того, выражение (4.4) действительно соответствует реальности — напряженность электрического поля в радиальном направлении равна нулю и не препятствует процессу перемещения частиц в радиальном направлении, который мы рассмотрим ниже.

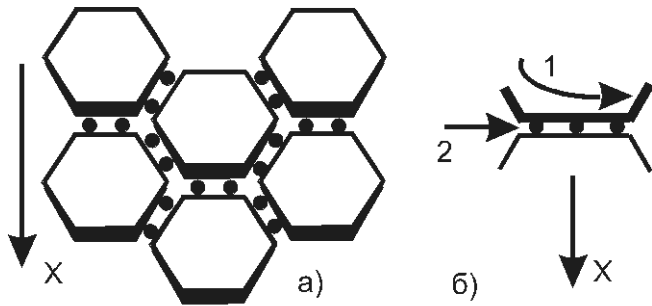


Рис. 10. Продольные электромагнитные волны

а — направление деформации вихрей совпадает с направлением распространения волны X ; б — асимметричная деформация вихрей, приводящая к одностороннему “закатыванию” частиц (2) в промежутках между вихрями в зависимости от направления действия динамических сил между вихрями (1).

Распространение этих волн напоминает процессы, происходящие в случае поперечных волн. Но при более детальном рассмотрении выявляются совершенно поразительные особенности продольных электромагнитных волн.

Во-первых, вихри деформируют друг друга непосредственно по прилегающим поверхностям, не создавая дополнительного поля в окружающем пространстве (как это происходит в случае поперечных волн — во внешней статической области образуется уравнивающее поле). Поэтому энергия продольных волн локализуется строго в месте их существования, в силу чего они обладают огромной проникающей способностью.

Во-вторых, механизм продольных волн предполагает перемещение частиц между вихрями в радиальном направлении (в направлении распространения) к местам их “закатывания” в промежутки между деформируемыми вихрями и обратно. Обеспечение этого процесса возможно только при определенных условиях, которые удобно проиллюстрировать на более простом примере двух измерений (рис.11).

Речь идет о том, что колебания, распространяясь как бы не-

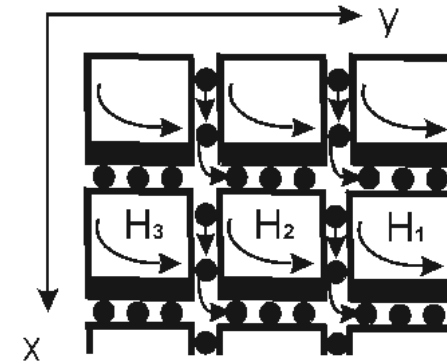


Рис. 11. Скорость распространения продольных волн вдоль направления X равна фазовой скорости волн в направлении Y

Направление деформации вихрей совпадает с направлением распространения волны X ; разные фазы колебаний в правом, среднем и левом ряду вихрей обеспечивают движение частиц в направлении X ($H_1 > H_2 > H_3$).

зависимо в направлении X , в то же время должны быть определенным образом скоррелированы по фазе в зависимости от координаты Y .

Действительно, изменение электрического смещения во времени определяется током частиц, направленным вдоль направления распространения волны. Это равноценно известной формуле для тока смещения

$$j_{cm} = \frac{\partial D}{\partial t}. \quad (4.12)$$

С другой стороны, ток частиц между вихрями равен разности скоростей движения поверхностей соседних вихрей (ротору напряженности магнитного поля)

$$j_{cm} = \text{rot}H = \frac{\partial H}{\partial y}. \quad (4.13)$$

Поэтому

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial y}. \quad (4.14)$$

Учитывая, что как для уходящей, так и для приходящей волн справедливо соотношение

$$H = cD, \quad (4.15)$$

из (4.14) для гармонических колебаний получаем

$$\omega = ck_y, \quad k_y = \frac{\omega}{c}. \quad (4.16)$$

Таким образом, в перпендикулярном направлении (y), как и в направлении распространения волн (x), волновые коэффициенты должны иметь одну и ту же величину, то есть, продольные колебания возможны только при соотношении фаз, обеспечивающем продольный поток частиц и соответствующее изменение тока смещения.

Вот почему вращение поля в динамической области со скоростью света приводит к возникновению продольных электромагнитных волн во внешней области.

Выведенное условие чрезвычайно важно для понимания природы продольных волн и разработки принципов построения аппаратуры для получения этого малоизученного вида поля как в научных, так и в практических целях.

Уравнение (4.14) внешне не отличается от обычного уравнения Максвелла для поперечных волн, но при этом формальном сходстве оно описывает совершенно другой механизм колебаний. Направления потоков энергии в этих принципиально разных случаях были бы ортогональны друг другу.

Например, если по длинному прямолинейному отрезку провода пустить волну тока, то энергия, как известно, будет передаваться поперечным электромагнитным полем, образующимся в пространстве вокруг провода, а вектор Умова-Пойнтинга этого поля будет параллелен направлению тока.

Но теперь мы знаем, что одновременно с этим (и наряду с обычным излучением) образуется еще одна волна — продольное электромагнитное поле, которое будет распространяться в направлении, перпендикулярном проводу!

Именно на этом эффекте, скорее всего, основано инициирование сейсмических волн, землетрясений и вариаций силы тяжести методом глубинного электрического зондирования земной коры [8,9,10]. Проникающая способность и гравитационные эффекты, свойственные продольным электромагнитным волнам, как будет показано ниже, являются лишь частью проявлений этого многоликого и многофункционального поля.

С полным основанием можно полагать, что предстоящие исследования приведут к самым невероятным открытиям и дадут в руки человечества совершенно новые возможности, учитывая отмеченные выше уникальные свойства продольных электромагнитных волн. Поэтому проблема продольных электромагнитных волн уже в ближайшем будущем будет привлекать к себе все больший круг теоретиков и экспериментаторов.

РАЗДЕЛ 5

Фундаментальные взаимодействия

Как известно, в природе существует четыре вида взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. Описание этих взаимодействий формализовано на основе квантовой теории (обменное взаимодействие соответствующими квантами — глюонами, фотонами, заряженными и нейтральными бозонами и, наконец, гравитонами). При анализе используется также разложение реальных процессов на отдельные составляющие (подобно диаграммам Фейнмана).

Однако формализация физики в последнее время приводит ко все большим трудностям, в том числе, и в исследовании проблем фундаментальных взаимодействий. Все чаще появляются умозрительные теории, граничащие с фантастическими и даже абсурдными построениями.

В связи с этим, представляется полезным время от времени возвращаться к поиску наглядных физических моделей. Концепция электромагнитного солитона, опирающаяся на динамику вакуума, несомненно, отвечает этому требованию и позволяет совершенно по-новому взглянуть на природу взаимодействий между элементарными частицами.

При таком подходе все фундаментальные взаимодействия, существующие в природе, естественным образом определяются свойствами электромагнитных солитонов, составляющих

основу строения элементарных частиц. В свою очередь, характеристики солитонов закономерно вырастают из свойств единой среды, в которой они образуются — вакуума.

Поэтому исследование всего комплекса взаимодействий, существующих между солитонами, отвечает идее Великого Объединения, которая уже многие десятилетия будоражит умы физиков, ищущих единую принципиальную основу всех взаимодействий. Этой единой основой является динамика вакуума и ее порождение — электромагнитный солитон. Таким образом, вслед за утверждением об электромагнитной природе (а это и есть динамика вакуума) элементарных частиц закономерно следует вывод о том, что все взаимодействия в природе имеют общую в своей основе природу — электромагнитную, а свойства внутреннего и внешнего полей солитона определяют соответствующие виды взаимодействий между частицами. Следовательно, изучив структуру и свойства солитонов, мы имеем все необходимое для анализа существующих взаимодействий между элементарными частицами.

Начнем с самого простого и вспомним, каким образом Максвелл вывел закон Кулона для двух взаимодействующих зарядов [3]. Так как заряд q выталкивает или втягивает в себя, в зависимости от знака заряда (определяемого направлением внутреннего динамического поля солитона), “жидкость частиц”, то в окружающем пространстве вихри деформируются, то есть, возникает статическое электрическое поле

$$D = \frac{q}{4\pi r^2}, \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon r}. \quad (5.1)$$

Деформация вихрей сопровождается возникновением силы упругости (напряженности электрического поля). Следовательно, этому силовому полю можно сопоставить соответствующий потенциал электрического поля φ .

Величину заряда можно отождествить с объемом вытесненной (или поглощенной) им “несжимаемой жидкости частиц”, а суммарный эффект от нескольких зарядов, очевидно, соответствует теореме Гаусса.

Вычислим энергию электрического поля (энергию среды),

создаваемую системой двух зарядов q_1 и q_2

$$W = \int \frac{D^2}{2\varepsilon} dV = \frac{\varepsilon}{2} \iiint \left[\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)^2 \right] dx dy dz. \quad (5.2)$$

Проинтегрируем это выражение по частям

$$W = \frac{\varepsilon}{2} \left(\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)_{-\infty}^{+\infty} + \frac{\varepsilon}{2} \left(\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)_{-\infty}^{+\infty} + \frac{\varepsilon}{2} \left(\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)_{-\infty}^{+\infty} + \frac{\varepsilon}{2} \iiint \varphi \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) dx dy dz = \frac{1}{2} \int_V \varphi \rho dV. \quad (5.3)$$

Интегрирование ведется по всему пространству. Так как на бесконечности потенциалы и электрические поля от рассматриваемых зарядов исчезающе малы, то три первых слагаемых в (5.3) равны нулю. Подынтегральное выражение в полученном интеграле отлично от нуля только в тех областях пространства, где расположены заряды, а потенциалы от двух рассматриваемых зарядов в этих местах складываются:

$$\varphi_1 = \varphi_{1(1)} + \varphi_{1(2)}, \quad \varphi_2 = \varphi_{2(1)} + \varphi_{2(2)}. \quad (5.4)$$

Поэтому выражение для энергии поля приобретает следующий вид:

$$W = \frac{1}{2} (\varphi_1 q_1 + \varphi_2 q_2) = \frac{1}{2} (\varphi_{1(1)} q_1 + \varphi_{1(2)} q_1 + \varphi_{2(1)} q_2 + \varphi_{2(2)} q_2). \quad (5.5)$$

Первое и последнее слагаемые в этом выражении не меняются при изменении расстояния l между зарядами (это собственные энергии первого и второго зарядов). Поэтому для определения силы важна только взаимная энергия — второй и третий члены, которые с учетом (5.1) равны друг другу

$$W_{1-2} = \frac{1}{2} (\varphi_{1(2)} q_1 + \varphi_{2(1)} q_2) = \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon l}. \quad (5.6)$$

Так как любая система стремится к уменьшению своей потенциальной энергии, то сила между двумя зарядами опреде-

ляется путем дифференцирования (5.6). В результате получаем известную формулу для кулоновского взаимодействия

$$F = - \frac{\partial W_{1-2}}{\partial l} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon l^2}. \quad (5.7)$$

Совершенно аналогичным образом определяется сила, возникающая между магнитными полюсами (магнитными зарядами). Именно Д.К.Максвелл показал, что электрические и магнитные явления — суть две стороны универсального электромагнитного взаимодействия.

Согласно идее Максвелла это взаимодействие было бы невозможно без наличия среды, каковой он считал вакуум. Именно поэтому мы так подробно остановились на описании кулоновского взаимодействия через воздействие на среду. Совершенно очевидно, что трактовка взаимодействий путем обмена частицами содержит в себе определенное лукавство.

Действительно, представим себе две лодки, в каждой из которых находится по одному человеку. Один из них бросает, а другой ловит мяч. Затем человек, поймавший мяч, бросает его обратно человеку, находящемуся в другой лодке, и т. д. В результате такого обмена каждый из них будет испытывать воздействие отталкивающих импульсов, а лодки поплывут в противоположных направлениях.

Таким образом, механизм обмена реальными частицами не может обеспечить сил притяжения, вследствие чего теоретики вынуждены приписывать этим частицам совершенно невероятные свойства. Поэтому в теориях обменного взаимодействия при более внимательном рассмотрении обнаруживается в завуалированном виде идея Максвелла о посредничестве среды в осуществлении взаимодействий.

Электромагнитное взаимодействие, естественно, не сводится только к кулоновским и магнитным силам, возникающим из-за наличия электрического заряда и магнитного момента у солитонов. Далее мы увидим, к какому разнообразию явлений и взаимодействий приводит наличие переменного продольного электромагнитного поля у элементарных частиц.

Напомним, что внешнее поле солитона возникает под воз-

действием внутреннего вращающегося электромагнитного поля (одиночной волны) в динамической области. Поэтому внешнее поле солитона содержит в себе постоянную (электростатическую) составляющую и множество гармонических составляющих.

Как и любые электромагнитные системы с переменными внешними полями, солитоны взаимодействуют между собой, причем это взаимодействие осуществляется на соизмеримой частоте, которая является кратной по отношению к основным частотам каждого из взаимодействующих солитонов.

В самом деле, при взаимодействии на некоторой общей частоте ω двух солитонов, имеющих соответственно основные частоты ω_a и ω_b , имеем

$$\omega = n\omega_a = m\omega_b, \quad \frac{\omega_a}{\omega_b} = \frac{m}{n}. \quad (5.8)$$

Взаимодействие солитонов может быть описано с помощью леммы Лоренца [11]:

$$\int_V (E_{an} \cdot j_{bm} - j_{an} \cdot E_{bm}) dV = \int_S ([E_{an} \times H_{bm}] - [E_{bm} \times H_{an}]) dS. \quad (5.9)$$

Квазитоки j , электрические E и магнитные H поля относятся к гармоническим составляющим солитонов, имеющим частоту, на которой происходит взаимодействие (ω). Поверхность S , ограничивает объем V , в котором находятся взаимодействующие солитоны.

Если бесконечно удалять поверхность интегрирования (или бесконечно увеличивать расстояние до этой поверхности), то правая часть уравнения (5.9) стремится к нулю. Поэтому уравнение (5.9) можно записать в следующем виде:

$$\int_{V_a} (E_{bm} \cdot j_{an}) dV_a = \int_{V_b} (E_{an} \cdot j_{bm}) dV_b. \quad (5.10)$$

Интегрирование ведется по объемам первого V_a и второго V_b солитонов, где плотности квазитоков j (на границах динамических областей) отличны от нуля.

Амплитуды кратных гармоник квазитоков и полей каждого

из этих солитонов могут быть выражены через амплитуды одиночных волн этих солитонов (κ_n и κ_m — коэффициенты амплитуд гармонических составляющих)

$$E_{bm} = \kappa_m E_b, E_{an} = \kappa_n E_a, j_{an} = \kappa_n j_a, j_{bm} = \kappa_m j_b. \quad (5.11)$$

Как видно из уравнения (5.10), описывающего взаимодействие солитонов, указанные коэффициенты будут входить в левую и правую части в виде произведений и взаимно сократятся. Кроме того, зависимость поля E от расстояния одна и та же для обоих солитонов ($1/l^2$) и также исключается из уравнения. Поэтому после интегрирования (5.10) сводится к своеобразному уравнению четырехполосника

$$U_b I_a = U_a I_b. \quad (5.12)$$

Условные токи и напряжения в уравнении (5.12) оказываются пропорциональными величинам электрических и магнитных полей в динамических областях солитонов, так как внешние поля связаны с внутренними одним и тем же коэффициентом (порядка постоянной тонкой структуры).

Кстати говоря, теоремы взаимности (справедливые для механических систем) можно рассматривать в качестве весомого доказательства того, что вакуум является реальной средой, а модель Максвелла — как весьма удачный инструмент для описания свойств вакуума.

Таким образом, даже в результате самого общего анализа взаимодействий солитонов, можно сделать ряд важных выводов (далее все они будут рассмотрены подробнее):

1. Солитоны могут взаимодействовать как на одинаковых, так и на соизмеримых частотах (5.8). Именно этим обстоятельством, главным образом, определяется ряд масс элементарных частиц, являющихся своеобразными резонансами. Отсутствие потерь в солитонах обеспечивает реализацию взаимодействий по частотному признаку даже в случаях очень малых связей — в так называемых слабых взаимодействиях.

2. Равновесное взаимодействие солитонов происходит на принципе взаимности (5.12), вследствие чего солитоны с малыми размерами имеют большие поля в своей структуре, и на-

оборот, чем больше размеры, тем меньше величины полей в структурах солитонов. Эта зависимость находит непосредственное отражение в формуле Планка (энергия солитона обратно пропорциональна его радиусу, или пропорциональна его частоте) и в универсальности заряда электрона.

3. Частицы, состоящие из нескольких одиночных волн (составные частицы, например, барионы), имеют единый для всех составных частей энергетический баланс, следствием чего является целочисленность общего электрического заряда, несмотря на дробность зарядов входящих частей. Этот механизм совокупного взаимодействия порождает так называемое сильное взаимодействие между входящими частями, объединенными в единую сложную частицу.

4. Взаимодействия между солитонами реализуются через среду, которой является вакуум. Возмущения (поля), вносимые в эту среду солитонами, образуют взаимную энергию солитонов, которая зависит от их расположения друг относительно друга. Стремление энергии всей системы к минимуму приводит к возникновению сил между солитонами. Можно утверждать, что и гравитационные силы имеют в своей основе этот механизм взаимодействия — через энергию поля продольных электромагнитных волн. Этот вывод закономерен, так как внешнее поле электрически нейтрального вещества — это только продольные волны, обладающие, как было отмечено в предыдущем разделе, уникальной проникающей способностью.

5. Так как солитон — это вращающаяся одиночная волна, то взаимодействия имеют, кроме отмеченных выше особенностей, импульсный характер, чем-то напоминающий раскачивание качелей. В связи с этим существуют частоты солитонов, которые друг с другом практически не взаимодействуют. По этому признаку образуются совокупности частиц, которые получили наименования странных, очарованных и т. д.

Какое восхитительное обилие возможностей заложено в самой природе солитона, реально объединяющем в себе все фундаментальные взаимодействия!

РАЗДЕЛ 6

Клонирование в микромире

Бесчисленное множество совершенно одинаковых элементарных частиц (в основном это электроны, протоны и нейтроны), существующих в природе, вызывает закономерный вопрос о том, каким образом произошло это грандиозное “клонирование населения” микромира?

Теперь, когда нам известна природа элементарных частиц, ответ на этот вопрос оказывается закономерным и достаточно простым. Своеобразная резонансная природа элементарных частиц, состоящих из вращающихся электромагнитных одиночных волн, обеспечивает процесс установления энергетического равновесия и синхронизацию вращения одиночных волн в этих структурах.

Существуют всего два вида вращающихся одиночных волн, отличающихся друг от друга только направлением полей. Эти два вида волн обеспечивают все многообразие материи и взаимодействий в окружающем мире. Каковы же конкретные условия равновесного взаимодействия солитонов?

Внешнее электростатическое поле солитона уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния от его центра. Соответственно внутренние поля солитона в динамической области имеют значения, обратно пропорциональные квадрату

радиуса солитона. Покажем, что именно при такой зависимости обеспечивается равновесный обмен энергией между солитонами, имеющими разные размеры (то есть, между солитонами с соизмеримыми частотами).

В этом легко убедиться, используя (5.12), то есть, принцип взаимности во взаимодействии солитонов

$$U_b I_a = U_a I_b. \quad (6.1)$$

Оценим величины, входящие в это уравнение. Так как плотность поверхностного кольцевого квазитока на границе динамической области равна величине напряженности магнитного поля, то после умножения этой величины на высоту динамической области солитона (равную его диаметру) получаем значения условных токов солитонов. Они оказываются обратно пропорциональными радиусам солитонов

$$j_a = H_a \sim \frac{1}{r_a^2}, \quad I_a \approx j_a \cdot 2r_a, \quad (6.2)$$

$$j_b = H_b \sim \frac{1}{r_b^2}, \quad I_b \approx j_b \cdot 2r_b. \quad (6.3)$$

Аналогичным образом оценим величины условных напряжений для каждого из двух взаимодействующих солитонов, умножив напряженность электрического поля на толщину динамической области. Так как отношение толщины динамической области к диаметру солитона имеет порядок величины постоянной тонкой структуры, то условные напряжения также, как и токи, оказываются обратно пропорциональными радиусам солитонов

$$E_a \sim \frac{1}{r_a^2}, \quad U_a \approx E_a \cdot 2\alpha r_a, \quad (6.4)$$

$$E_b \sim \frac{1}{r_b^2}, \quad U_b \approx E_b \cdot 2\alpha r_b. \quad (6.5)$$

Таким образом, уравнение (6.1) сводится к тождеству, в левой и правой частях которого — произведения обратных вели-

чин радиусов взаимодействующих солитонов

$$\frac{1}{r_b} \cdot \frac{1}{r_a} = \frac{1}{r_a} \cdot \frac{1}{r_b}. \quad (6.6)$$

Теперь мы можем перейти к определению того, каким образом параметры равновесных солитонов зависят от их размеров (или частот $\omega = c/r_0$).

1. Энергия (масса) солитона практически полностью сосредоточена в динамической области. Поэтому для оценки этой величины достаточно умножить плотность энергии внутреннего поля на объем динамической области

$$w = w_e + w_m \sim \frac{1}{r_0^4}, \quad V \approx 4\pi r_0^2 \cdot 2\alpha r_0 = 8\pi\alpha r_0^3, \quad W \sim \frac{1}{r_0}. \quad (6.7)$$

Следовательно, энергия равновесного солитона пропорциональна его частоте. Как мы знаем, коэффициент пропорциональности между энергией и частотой выражается через постоянную Планка. Эта зависимость, таким образом, является результатом установления равновесия между всеми солитонами, которое было достигнуто после Большого Взрыва и которое постоянно поддерживается по настоящее время. В этом заключается принципиальное отличие постоянной Планка от другой универсальной физической константы — постоянной тонкой структуры, которая может быть определена путем расчета электромагнитного солитона [1].

2. Покажем, что заряд равновесных солитонов не зависит от их размеров и является константой. Электростатическое поле E_s на внешней поверхности солитона, определяющее величину заряда, найдем из условия “сшивания” потенциалов на границе динамической и статической областей

$$\varphi_0 = E_0 \cdot 2\alpha r_0 = E_s r_0 = \varphi_s, \quad E_s = 2\alpha E_0 \sim \frac{1}{r_0^2}. \quad (6.8)$$

Умножая электростатическое смещение на площадь боковой поверхности солитона, получаем

$$q = 4\pi r_0^2 \cdot \epsilon E_s = const. \quad (6.9)$$

3. Момент импульса вращающегося поля (спин) не зависит от размеров равновесных солитонов и равен константе. Действительно, согласно п.1 импульс вращающегося поля, равный энергии, поделенной на скорость света, обратно пропорционален радиусу. После умножения этой величины на радиус, получаем, что спин равновесных солитонов равен константе.

4. Магнитный момент P солитона получим, умножив величину кольцевых токов I на площадь σ , ограничиваемую этими токами

$$I \sim \frac{1}{r_0}, \quad \sigma \approx 2\pi r_0 \cdot 2\alpha r_0 = 4\pi\alpha r_0^2, \quad P = I\sigma \sim r_0 \quad (6.10)$$

Таким образом, магнитный момент равновесного солитона обратно пропорционален его массе (энергии).

5. Магнитный поток в структуре солитона Φ не зависит от его размеров и определяется константой. Действительно, умножая площадь σ на величину пронизывающей ее магнитной индукции B , получим

$$B \sim \frac{1}{r_0^2}, \quad \sigma \sim r_0^2, \quad \Phi = B\sigma = const. \quad (6.11)$$

Все полученные закономерности являются характерными для любого равновесного солитона — самой элементарной частицы вещества. Типичным примером такой частицы является электрон, конкретные параметры которого достаточно хорошо изучены и могут, таким образом, служить как бы отправной точкой при изучении любой элементарной частицы. Поэтому параметры электрона мы рассмотрим подробнее.

Интересно отметить, что все параметры электрона, фактически, определяются только его массой и постоянной Планка (и, естественно, параметрами вакуума). Как мы видели, постоянная Планка является статистической равновесной величиной, возникшей как результат развития Вселенной, и, следовательно, не может быть получена расчетным путем, а только экспериментально (в отличие от безразмерной константы — постоянной тонкой структуры, характеризующей относительную толщину динамической области любого солитона).

Расчет параметров электрона можно наглядно проиллюстрировать, используя процесс рождения электрон-позитронной пары из кванта электромагнитной энергии (рис.12).

Образование электрон-позитронной пары можно представить себе как резонансное накопление электромагнитной энергии кванта одновременно в двух резонаторах с противоположными направлениями полей (напоминает пополюперодное выпрямление). Поэтому электрон и его античастица — позитрон имеют противоположные электрические заряды и магнитные моменты.

Определим радиус этих кольцевых резонаторов, исходя из того, что энергия исходного кванта (а, следовательно, и его

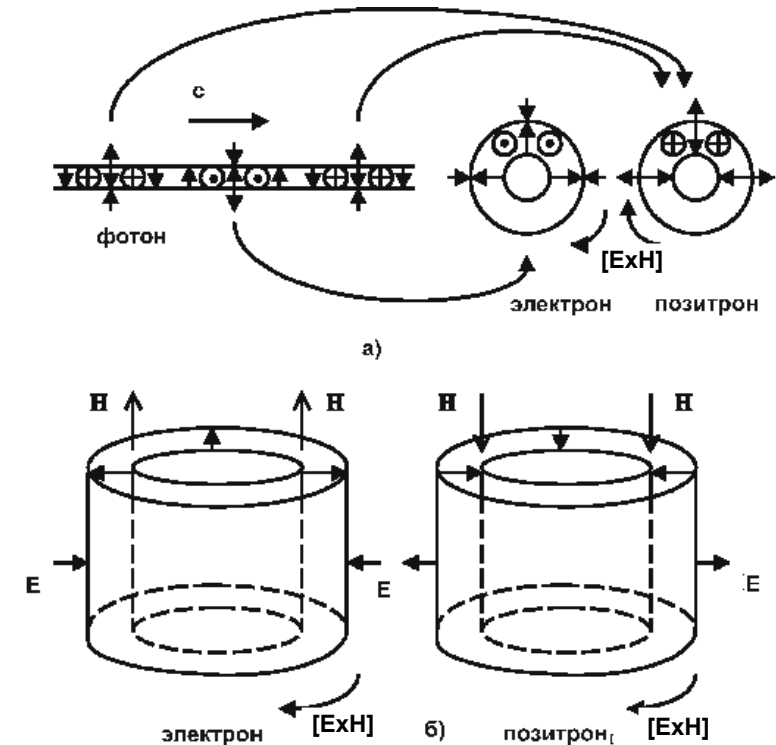


Рис. 12. Схема образования электрон-позитронной пары (а), направления полей в структурах электрона и позитрона (б)

длина волны, полагаемая равной длине окружности резонаторов) должна определяться суммарной массой электрона и позитрона, то есть, удвоенной массой электрона

$$2m_e c^2 = \hbar\omega, \quad (6.12)$$

$$2\pi r_e = \lambda = 2\pi \frac{c}{\omega}, \quad (6.13)$$

где: m_e — масса электрона,

r_e — радиус кольцевого резонатора,

λ, ω — длина волны и круговая частота кванта,

$h = 2\pi\hbar$ — постоянная Планка.

Отсюда имеем

$$r_e = \frac{c}{\omega} = \frac{\hbar}{2m_e c}, \quad 2r_e = \frac{\hbar}{m_e c} = \lambda_k = 3,86 \cdot 10^{-13} \text{ м}. \quad (6.14)$$

Диаметры резонаторов, таким образом, оказываются равными так называемой комптоновской длине волны электрона.

Соответственно, для спина электрона (и его античастицы — позитрона) получим

$$s = \frac{\hbar\omega}{2c} \cdot r_e = \frac{\hbar}{2}, \quad (6.15)$$

что подтверждает резонансную природу образования электрон-позитронной пары ($\hbar\omega/2c$ — импульс вращающегося электромагнитного поля).

Следовательно, электрон и позитрон представляют собой одиночные, или уединенные, волны (полуволны с полями противоположных направлений), вращающиеся по кольцу с длиной окружности, равной длине волны исходного кванта.

Из этого следует, в частности, вывод о том что энергия электрона связана с его основной частотой формулой $\hbar\omega/2$, а не $\hbar\omega$, как это обычно принимается априори.

Так как практически вся энергия солитона сосредоточена в динамической области, то, зная размеры структуры, можно

определить усредненные величины электрического и магнитного полей в динамической области. Начнем с толщины динамической области. Ее относительная величина равна α , и поэтому с учетом (6.14) ее абсолютное значение составляет

$$\Delta = 2\alpha r_e = 2,82 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad (6.16)$$

что совпадает с одним из определений так называемого классического радиуса электрона [12]. Объем динамической области равен

$$V \approx 8\alpha\pi r_e^3. \quad (6.17)$$

Поделив энергию $\hbar\omega/2$ на этот объем и принимая во внимание равенство друг другу плотностей электрического и магнитного полей, получаем

$$H = \frac{1}{4r_e^2} \sqrt{\frac{\hbar c}{\pi\alpha\mu}}, \quad E = \frac{1}{4\epsilon r_e^2} \sqrt{\frac{\hbar}{\pi\alpha\mu c}}. \quad (6.18)$$

С учетом (6.8) и (6.9) получаем величины внешнего электрического поля и заряда электрона

$$E_s = 2\alpha E, \quad e = 4\pi r_e^2 \epsilon E_s = 2\sqrt{\frac{\pi\alpha\hbar}{\mu c}}. \quad (6.19)$$

Магнитный момент электрона, принимая во внимание (6.10), (6.18), и (6.19), равен

$$P = 2r_e \sqrt{\frac{\pi\alpha\hbar c}{\mu}} = ecr_e. \quad (6.20)$$

Из (6.19) и (6.20) получаем известные соотношения для постоянной тонкой структуры и магнетона Бора

$$\alpha = \frac{e^2\mu c}{2\hbar}, \quad P = \frac{e\hbar}{2m_e}. \quad (6.21)$$

Таким образом, анализ параметров равновесного солитона дает возможность понять происхождение и логику взаимосвязей между универсальными физическими константами, характеризующими микромир.

РАЗДЕЛ 7

Кварки, ароматы, глюоны

Истинно элементарными (фундаментальными) частицами считаются фотоны, лептоны и кварки, не являющиеся составными частицами. Однако по традиции к разряду элементарных частиц относят также и мезоны (состоящие из двух кварков), и барионы (состоящие из трех кварков), а также большое количество чрезвычайно короткоживущих частиц, называемых резонансами. Поэтому общее количество известных элементарных частиц (вместе с античастицами) превышает четыре сотни. Мезоны и барионы, состоящие из кварков, имеют также общее название — адроны.

В отличие от рассмотренных выше самых простых частиц вещества (электрон и подобные ему — мюон и тау), являющихся одиночными вращающимися электромагнитными волнами, у составных частиц появляются совершенно особые дополнительные характеристики [13].

Напомним, что ароматами кварков в фундаментальной физике называют сорта кварков, вводимые для того, чтобы можно было объяснить некоторые особенности взаимодействия (взаимопревращения) элементарных частиц, состоящих из кварков. Различие кварков по ароматам позволило ввести соответствующие квантовые числа, сохраняющиеся при реакциях

взаимопревращения частиц, и каким-то образом классифицировать частицы по этому признаку.

Перечислим эти формально введенные признаки кварков или ароматы: верхний (u), нижний (d), странный (S), очарованный (c), прелестный (b), истинный (t). Исходя из этого, адроны, в состав которых входят кварки с такими ароматами, стали называть странными, прелестными, очарованным и т. д. и даже составными названиями, например, очарованными странными.

Для того, чтобы объяснить сильное взаимодействие, удерживающее кварки в составе адронов, физики вынуждены были ввести дополнительный вид частиц — глюоны, обмен которыми как раз и обеспечивает это взаимодействие. Обмен кварков глюонами происходит по специальным правилам, согласно которым кваркам был присвоен специальный вид поляризации, названный цветом. Кварк может находиться в одном из трех состояний по этому виду поляризации — красном, зеленом или синем. Цвет кварка может измениться при поглощении или испускании глюонов. Соответственно, глюоны также делятся на различные сорта в зависимости от того, какие цвета они связывают. Например, если красный кварк испускает, а зеленый кварк поглощает красно-антизеленый глюон, то они обмениваются цветами — красный кварк становится зеленым, а зеленый — красным и т. д.

Кроме того, глюоны могут взаимодействовать между собой, также изменяя свои цвета. Например, зелено-антисиний глюон после взаимодействия с красно-антизеленым превращается в красно-антисиний глюон. Такая возможность взаимодействия глюонов между собой позволила объяснить так называемую асимптотическую свободу кварков в составе адронов.

Формально глюонная теория (квантовая хромодинамика) не сильно отличается от квантовой электродинамики и позволяет многое объяснить во взаимодействиях между кварками. Однако все возрастающий формализм теории и все усиливающийся ее отход от поиска истинных физических механизмов явлений вызывает закономерное чувство неудовлетворенности. За всеми этими ароматами и цветами должна скрываться определенная физическая основа.

Попробуем взглянуть на эти проблемы с другой точки зрения. На рассмотренном примере электрона и позитрона стала совершенно очевидной природа различий между частицей и античастицей вещества, как двух видов электромагнитных солитонов, отличающихся друг от друга только направлениями полей. С точки зрения свойств электромагнитного солитона нет ничего удивительного и в том, что могут быть получены более тяжелые частицы, обладающие теми же свойствами, что и электрон (мюон с массой около 106 МэВ, тау с массой около 1784 МэВ). Это просто солитоны, имеющие меньшие размеры и, соответственно, большую частоту вращения, а идентичность их остальных свойств объясняется постоянством относительной толщины динамического слоя (которая, как было показано, имеет величину порядка постоянной тонкой структуры). Что касается составных частиц, то их солитонная природа порождает более сложные, но, одновременно, очень интересные физические эффекты.

Итак, два вида солитонов с единичными положительным и отрицательным зарядами должны составлять все существующие материальные объекты природы. На первый взгляд это представляется совершенно невозможным. В этом случае частицы, состоящие из трех солитонов (барионы) должны в любом случае иметь либо положительный, либо отрицательный заряды. Существование же нейтрона с нулевым зарядом представляется необъяснимым. Тем не менее, попытаемся «сконструировать» адроны из электромагнитных солитонов и понять на этой основе внутреннюю физическую логику строения и свойств составных элементарных частиц.

Сформулируем те принципы, из которых мы будем исходить при анализе сложных электромагнитных систем, которыми являются адроны.

Во-первых, близкое расположение солитонов в составных частицах приводит к их сильному влиянию друг на друга и взаимному наведению дополнительных одиночных волн. Не будем забывать, что солитоны являются своеобразными резонаторами с переменными электромагнитными полями. Поэтому в структурах солитонов появляются возмущения — волны с существенно меньшими амплитудами, чем основные оди-

ночные вращающиеся волны солитонов. Кроме того, из-за отсутствия потерь и сильных связей в этих системах, амплитуды дополнительных волн определяются условиями общего энергетического баланса всей составной частицы. Поэтому, несмотря на наличие в структуре сложной частицы множества волн с разными амплитудами, общий заряд частицы кратен равновесной величине — заряду электрона.

Во-вторых, согласно общему принципу для электромагнитных колебательных систем (разработанному еще в первой половине XX века академиком Мандельштамом Л.И.), поля в резонаторе при наличии в нем возмущений ориентируются относительно этих возмущений таким образом, что частота колебаний принимает экстремальные значения [14]. Таким образом, волны солитонов должны ориентироваться относительно естественным образом энергетически выделенного направления — вдоль цепочки основных солитонов в структуре адрона. Именно этим способом снимается так называемое вырождение колебаний, связанное с цилиндрической симметрией солитона (по азимутальной координате).

Чтобы было понятнее, о чем идет речь, проиллюстрируем эти принципы на конкретных примерах. Начнем с наиболее распространенных и хорошо изученных составных элементарных частиц — протона и нейтрона. Каждый из них должен содержать по три основных солитона (рис. 13). Возникающие малые волны (названные нами ароматами), естественно, имеют ту же частоту, что и образующие (основные) солитоны, а, следовательно, и радиусы их вращения совпадают. Во избежание путаницы малые волны здесь и далее изображены отдельно от основных солитонов. Все волны сориентированы вдоль естественным образом выделенного направления.

Основные (образующие) солитоны располагаются друг относительно друга наиболее выгодным (с точки зрения минимума энергии) способом — электрические заряды крайних солитонов противоположны заряду солитона, находящегося посередине между ними. Направления магнитных моментов в этой цепочке также чередуются. Суммарное поле в структурах протона и нейтрона определяется наложением (суперпозици-

ей) полей образующих солитонов и полей малых волн.

Следует заметить, что в предыдущей книге, может быть не совсем удачно, я назвал совокупность малых волн ароматом. Ароматы частиц (кроме u и d), как мы увидим, определяются не только совокупностью малых волн в структурах частиц. Впрочем, после выяснения физической природы ароматов, сложившаяся довольно неудачная терминология, как мне представляется, в любом случае потребует уточнения.

Малые волны “стремятся” занять все возможные места (то есть, их количество максимальное — по шесть одиночных малых волн в протоне и нейтроне). Этим обеспечивается “принцип наименьшего действия” малых волн на массы основных солитонов при одновременном их совокупном вкладе в энергообмен, эквивалентном одному основному солитону. Таким образом, амплитуда одной малой волны составляет $1/6$ от амплитуды основного солитона, а энергия одной малой волны — всего $1/36$ от энергии (массы) основного солитона.

В дальнейшем станет ясно, что система малых волн в составных частицах может иметь некоторую асимметрию, в результате чего их амплитуды принимают значения, отличные от $1/6$, хотя сумма в любом случае должна обеспечивать равновесное целочисленное значение заряда.

Следует особо остановиться на эффекте, который обусловлен воздействием малых волн и который выражается в несоответствии массы частицы амплитудам полей в ее структуре, а также массы частицы частоте вращения волн. Механизм этого эффекта основан на том, что при сложении амплитуд полей солитонов и малых волн результат сложения зависит от того, движутся ли накладывающиеся друг на друга волны в одном и том же направлении, или они вращаются в противоположных направлениях. Например, в структурах протона и нейтрона, изображенных на рис. 13, в крайнем слева кварке малая волна накладывается на волну образующего солитона и движется с ним в одном и том же направлении. Если принять за единицу амплитуду волны в солитоне, то суммарная амплитуда (как электрического, так и магнитного полей) будет $(1-1/6)$. Соответственно, энергия поля будет равна квадрату этой амплитуды $(1-1/3+1/36)$, что на $1/3$

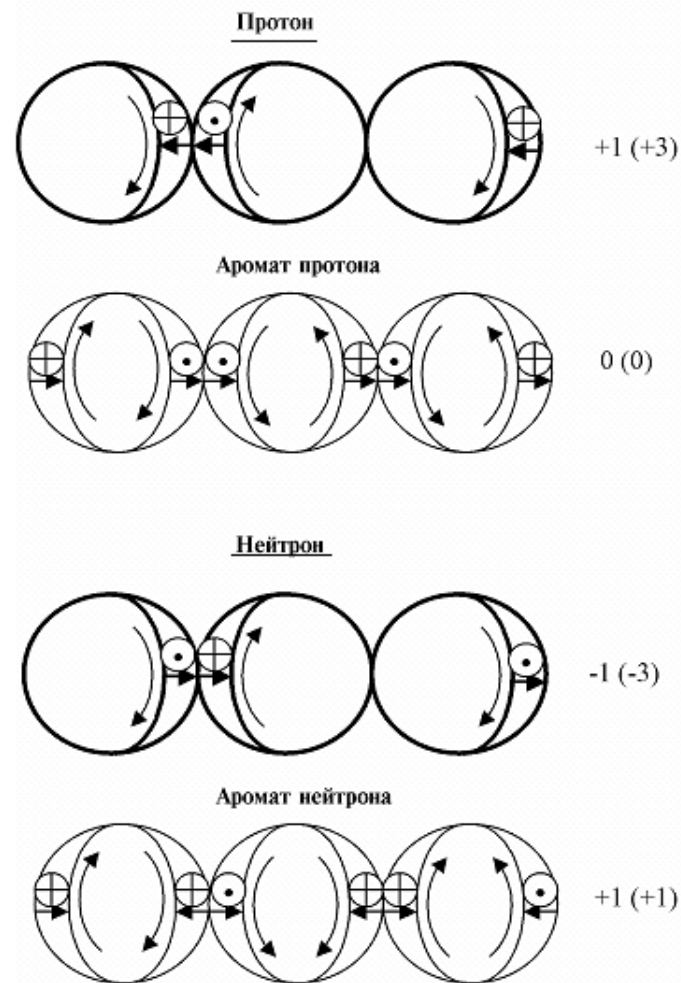


Рис. 13. Схемы структур протона и нейтрона

Жирными линиями показаны основные солитоны. Суммарное поле определяется наложением полей основных солитонов и малых волн. Показаны направления внутренних электрических и магнитных полей и направления вращения одиночных волн солитонов и ароматов. Внешние поля имеют направления, противоположные внутренним (для упрощения они не изображены). Заряды и магнитные моменты (в скобках) солитонов и систем малых волн указаны в условных единицах

меньше, чем в случае встречного или раздельного движения волн. Если же направления полей малой волны и солитона совпадали бы, то в аналогичной ситуации суммарная энергия превысила бы на 1/3 соответствующую энергию при раздельном или встречном движении волн.

Посмотрим, каково общее относительное несоответствие масс рассматриваемых частиц величинам полей в их структурах. Принимая за η условную амплитуду полей в образующих солитонах, проведем суммирование энергии по всем трем кваркам (под кварком мы понимаем совокупность основного солитона и относящихся к нему двух малых волн, рис.13)

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\eta}{6}\right)^2 + \left(\eta - \frac{\eta}{6}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{6}\right)^2 + \eta^2 + \left(\frac{\eta}{6}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{6}\right)^2 + \left(\frac{\eta}{6}\right)^2 + \eta^2 = \\ & = 3\eta^2 - \frac{1}{6}\eta^2 = m_p, \quad \eta^2 = \frac{6}{17}m_p. \end{aligned} \quad (7.1)$$

Таким образом, влияние малых волн выразилось в том, что эффективная масса образующего солитона превышает одну треть массы протона в $18/17 \approx 1,059$ раз. Если бы протон состоял только из трех солитонов, то их масса была бы равна одной трети массы протона, а магнитный момент каждого солитона (по абсолютной величине) и протона в целом был бы равен соответственно трем ядерным магнетонам, то есть, $3\mu_{яд}$. Отмеченное превышение эффективной массы (несоответствие амплитуд реальной массе частицы) приводит к тому, что приблизительно в такой же пропорции уменьшаются величины магнитных моментов в составе частицы (так как магнитный момент обратно пропорционален массе). В результате, суммарный магнитный момент протона должен быть приблизительно равен $3 \cdot (17/18) \mu_{яд} = 2,833 \mu_{яд}$. Полученное значение оказывается достаточно близким к фактической величине ($2,793 \mu_{яд}$). У нейтрона с учетом вклада малых амплитуд, как следует из схемы его структуры, магнитный момент на 1/3 меньше, чем у протона, и имеет противоположное направление $-(2/3) \cdot 2,833 \mu_{яд} = -1,888 \mu_{яд}$, что также достаточно близко к фактическому значению ($-1,913 \mu_{яд}$).

Следует особо подчеркнуть, что речь идет об увеличении или уменьшении именно эффективных масс кварков и частиц в целом. Эти изменения эффективных масс приводят к соответствующему изменению амплитуд полей и, далее, через установление нового равновесия путем обмена энергией — к изменению частот (и обратно пропорциональному изменению размеров и магнитных моментов). Таким образом, реальные массы частиц претерпевают изменения противоположного знака по сравнению с изменениями их эффективных масс.

Что означает дефицит реальной массы частицы в сравнении с ее эффективной массой, или несоответствие реальной массы частицы ее реальной частоте? Для протона и нейтрона, исходя из отношения этих масс — 1,059, дефицит массы составляет чуть больше 55 МэВ. Это и есть колоссальная энергия внутренней связи нуклонов. Достаточно сравнить эту величину со средней величиной энергии связи самых прочных ядер, которая ориентировочно равна 8,7 МэВ на один нуклон. Внутренняя энергия связи нуклонов более чем в шесть раз превышает энергию связи между нуклонами!

Из этого следует два важнейших вывода.

1. Нам не нужно искать гипотетические частицы, именуемые глюонами, чтобы объяснить сильное взаимодействие между кварками. Роль этих частиц выполняют малые одиночные волны в составе протона и нейтрона! Более того, система малых волн вместе с основными солитонами определяет и электрический заряд, и магнитный момент нуклонов.

2. Максимальная энергия связи нуклона в составе ядра (8,7 МэВ) составляет 1/108 от массы нуклона, то есть, имеет порядок величины постоянной тонкой структуры (около 1/137), что характерно для энергии связи зарядов и магнитных моментов солитонов, находящихся вплотную друг к другу.

В пользу второго вывода говорит и тот факт, что эмпирическая формула для расчета радиуса ядра может быть истолкована как пропорциональность объема ядра числу нуклонов A при размещении их вплотную друг к другу

$$R = R_0 A^{1/3}, \quad R_0 = (1,3 \div 1,7) \cdot 10^{-15} \text{ м}. \quad (7.2)$$

Действительно, полагая массу нуклона поделенной поровну между кварками и используя (6.14), получим ориентировочные величины радиусов кварков $r_k = \hbar/2m_k c \approx 3,3 \cdot 10^{-16}$ м и радиусов протона и нейтрона $r_p \approx 3\hbar/2m_k c \approx 1 \cdot 10^{-15}$ м. Эта величина хорошо согласуется с экспериментальным значением, определенным по среднеквадратичному распределению заряда и магнитного момента [12] $r_p \approx 0,8 \cdot 10^{-15}$ м и с численным значением в формуле (7.2).

Таким образом, в отличие от сильного взаимодействия кварков в составе нуклонов, ядерное взаимодействие нуклонов между собой является электромагнитным! Попутно заметим, что наряду с сильным взаимодействием между кварками в составе нуклонов имеет место и электромагнитное взаимодействие, причем его энергия разная у протона и нейтрона.

Теория ядерных сил в своем развитии претерпела существенные изменения. Х. Юкава в 1934 г. предложил мезонную теорию ядерных сил. Согласно этой теории взаимодействие нуклонов являлось результатом обмена между ними заряженными частицами, массы которых должны быть приблизительно в 200 раз больше массы электрона. С этими частицами были отождествлены π -мезоны, открытые несколькими годами позже. Однако в последние десятилетия сложилась так называемая Стандартная Модель, в которой среди частиц, осуществляющих взаимодействия, π -мезоны не значатся.

Теперь остановимся несколько подробнее на известной кварковой модели нуклонов. О каких ароматах кварков u и d в составе протонов и нейтронов может идти речь?

Обратимся к схемам строения протона и нейтрона, изображенным на рис.13. Очевидно, что кварки в составе протона имеют целочисленные заряды (так как малые волны дают заряды, компенсирующие друг друга), а кварки в составе нейтрона имеют действительно дробные заряды, но не $+2/3$ и $-1/3$ (как это принято для кварков u и d), а соответственно $+4/3$ и $-2/3$. Таким образом, существующее представление о кварковом составе протонов и нейтронов является весьма условным. Как мы видели, структуру нуклона правильнее было бы характеризовать четырьмя составляющими: тремя основными соли-

тонами (двух видов) и системой малых одиночных волн (ароматом).

Наличие малых волн в структурах протонов и нейтронов является следствием близкого расположения солитонов друг к другу и образования в таких условиях совершенно новой энергетически равновесной структуры. Это соответствует существующей теории асимптотической свободы кварков в составе адронов [13]. Косвенным подтверждением равновесной природы ароматов можно считать и безуспешность экспериментов, направленных на то, чтобы получить кварки в свободном состоянии. Очевидно, что попытки разъединить кварки приводят к резкой перестройке всей внутренней и внешней организации взаимодействий кварков и входящих в них ароматов. Поэтому взаимодействие кварков между собой относится к разряду самых сильных взаимодействий в природе. Находясь вплотную друг к другу, кварки почти не испытывают на себе воздействия сил (находясь в энергетическом равновесии), однако при малейшем удалении возникают колоссальные силы притяжения, чем собственно и характеризуется понятие асимптотической свободы.

Согласно приведенным схемам структур, массы протона и нейтрона должны быть одинаковыми. Фактически масса нейтрона превосходит массу протона, хотя и менее чем на 0,14%. Можно предположить, что такая разница в массах вызвана различными внутренними энергиями частиц из-за их зарядовой асимметрии. С другой стороны, вполне возможно, что это отличие связано с частичным перекрытием фронтов одиночных волн. Истинная форма одиночных волн не известна, и мы предполагали, что она близка к форме полуволны. Впрочем, малое отличие прогнозируемых величин от фактических говорит о том, что мы были не очень далеки от истины.

Не правда ли, получившаяся картина строения и свойств нуклонов, во всяком случае, более понятна и логична на фоне формальных построений с использованием цветных кварков, глюонов и обменного взаимодействия?

РАЗДЕЛ 8

Резонансная Вселенная и Темная Материя

Как отмечалось в разделе 5, взаимодействие солитонов на соизмеримых частотах определяет ряд масс элементарных частиц. Казалось бы, исходя из этого правила, ряд масс должен отличаться удивительной простотой. И это действительно так, но с одной существенной поправкой — указанное правило относится к эффективным массам, или к частотам частиц. Поэтому достаточно лишь взглянуть на таблицу масс элементарных частиц, чтобы понять, насколько тщательно природа завуалировала такую простую закономерность!

Частота протонов и нейтронов, из которых состоит почти весь окружающий нас материальный мир, и которая, таким образом, является главной (опорной) частотой для всех элементарных частиц, также оказывается “спрятанной”. Как мы видели, эффективная масса нуклонов превышает их реальную массу приблизительно в 1,059 раз, что соответствует эффективной массе условного кварка протона и нейтрона — 332 МэВ (практически удобно пользоваться именно этой величиной), или главной частоте Вселенной $\Omega \cong 1,60 \cdot 10^{23}$ Гц.

Существуют и другие, еще не рассмотренные нами, возможные варианты влияния малых волн на избыток (или недостаток) эффективных масс барионов и мезонов. Одиночные

волны ароматов и образующих солитонов могут накладываться друг на друга и вращаться в одном и том же направлении не только в одном кварке, как это показано на рис. 13, но и в двух, и в трех (в барионах) одновременно. Таким образом, могут возникать удвоенные и утроенные изменения эффективной массы частиц. Следует также иметь в виду, что направления полей накладывающихся друг на друга волн могут либо совпадать (складываться), либо не совпадать (вычитаться). Поэтому возникает несколько различных возможностей, включая и случаи со «скрытыми» изменениями масс кварков. Последние характеризуются тем, что в двух кварках, входящих в адрон, происходят компенсирующие друг друга противоположные по знаку изменения эффективной массы.

Теперь несколько замечаний о свойствах мезонов, то есть, адронов, состоящих из двух кварков. Также как и в барионах, образующие (основные) солитоны мезонов соединяются между собой наиболее выгодным способом (солитоны имеют противоположные знаки зарядов, а их магнитные моменты антипараллельны друг другу). Вместе с образующимися малыми волнами солитоны составляют единую систему. В результате внешнего взаимодействия, также как и в случае барионов, одновременно устанавливаются равновесные значения массы и заряда. Поэтому система малых волн мезона, как и у бариона, имеет целочисленное значение заряда. Следовательно, каждая из четырех одиночных волн аромата мезона имеет амплитуду поля в четыре раза меньше амплитуды поля одиночной волны образующего солитона.

Таким образом, малые одиночные волны мезонов имеют в полтора раза большие амплитуды (1/4), чем в барионах (1/6), в результате чего их влияние на параметры мезонов должно быть сильнее. Однако в полной мере этого не происходит, так как увеличенные амплитуды дополнительных волн в мезонах уже не могут рассматриваться как малое возмущение. Поэтому эти волны смещаются относительно волн основных солитонов и их влияние уменьшается.

Суммируя отмеченные свойства адронов и результаты анализа ряда масс элементарных частиц, приведенные в таблицах

8.1 и 8.2, сформулируем некоторые общие закономерности, присущие ряду масс адронов.

1. Эффективные массы кварков барионов и мезонов кратны или соизмеримы с эффективной массой кварка протона и нейтрона (332 МэВ).

2. Барионы и мезоны подразделяются на четко выраженные группы по величине отношения эффективных масс к реальным массам частиц:

- Первую группу (включая протон и нейтрон) можно условно охарактеризовать однократным изменением эффективной массы 1(+) — отношение на уровне 1,06 – 1,07.

- Ко второй группе относятся частицы с двукратным изменением эффективной массы 2(+) — отношение в пределах 1,133 – 1,134.

- Третью группу (только для барионов) можно условно характеризовать трехкратным изменением эффективной массы 3(+), что приблизительно соответствует отношению в пределах 1,31 – 1,34.

- Четвертую группу составляют некоторые мезоны, массы покоя которых оказываются кратными или соизмеримыми с эффективной массой кварка протона и нейтрона. Это означает, что эффективные массы указанных мезонов равны их реальным массам.

В таблице 8.1 для барионов, имеющих трехкратное изменение эффективной массы, в качестве расчетного коэффициента в скобках дана еще одна цифра, полученная для случая асимметричного аромата. (Обозначение массы бариона m_B в таблице, очевидно, не имеет никакого отношения к эффективной массе кварка протона).

Указанное деление адронов на группы по дефекту массы означает, что константа связи сильного взаимодействия между кварками не может рассматриваться как постоянная величина и имеет разные значения для разных адронов.

Обнаружение закономерностей наблюдаемого ряда масс элементарных частиц, несомненно, представляет большой научный интерес. Существующая классификация адронов по величинам масс в основном исходит из их условного кваркового

Таблица 8.1. Классификация барионов по величине эффективной массы.

| Барионы масса, МэВ; магнитный момент, в магнетонах частицы | Эфф. масса кварка, в ед ПЦ | Отношение эффективной и реальной масс | Отношение эффективной и реальной масс по магнитному моменту | Количество условных изменений эффективной массы |
|--|-------------------------------------|---|---|---|
| p 938,28; $m = 2,793 m_N$ | 1 (332) | 1,06 (3*332/ m_p) | 1,0741 = 3/2,793 1,0455 = 2/1,913 | 1 (+) |
| n 939,57; $m = 1,913 m_N$ | | | | |
| O⁰ 1321,32; $m = 2,593 m_O$ | 1,5 (498) | 1,133 (3*498/ m_O) | 1,157 = 3/2,593 1,142 = 2/1,752 | 2 (+) |
| O⁰ 1314,9; $m = 1,752 m_O$ | | | | |
| Y⁺ 1189,36; $m = 3,016 m_Y$ | 8/5 (531) | 1,335 (3*531/ m_Y) | 1,326 = 4/3,016 1,424 = 2/1,404 | 3 (+) |
| Y⁻ 1197,34; $m = 1,404 m_Y$ | | | | |
| L⁰ 1115,6; $m = -0,729 m_L$ | 1,5 (498) | 1,339 (3*498/ m_L) | 1,372 = 1/0,729 | 3 (+) |
| Ц 1672,45 | 2,25 (747) | 1,340 (3*747/ m_C) | Отношение масс $m_C/1,5 m_L = 0,999$ | 3 (+) |
| L⁺ 2282,2 | 3 (996) | 1,309 (3*996/ m_L) | Отношение масс $m_L/2 m_L = 1,023$ | 3 (+) |

состава, то есть, базируется на свойствах входящих в них сортов кварков [13]. Однако, как мы видели, естественным методом систематизации масс барионов и мезонов является введение частотной характеристики — эффективной массы кварка.

Для барионов этот параметр может быть приближенно определен по величине отклонения магнитного момента частицы от соответствующего целочисленного значения (по аналогии с расчетами для протона и нейтрона). При этом магнитный момент должен быть выражен в магнетонах самой частицы (то есть, через ее массу: $P_i = e\hbar/2m_i$, где e — заряд электрона, m_i — масса частицы, \hbar — постоянная Планка).

Например, эффективная масса кварков протона и нейтрона вычисляется, используя известные магнитные моменты этих частиц [16], путем усреднения (табл. 8.1). Отношение эффективной массы протона и нейтрона к их реальной массе получается приблизительно равным 1,06, что подтверждает оценку этой величины путем подсчета влияния малых амплитуд.

Ряд мезонов, относящихся к четвертой группе, “напрямую указывают” на главную частоту Вселенной (табл. 8.2). В частности, π , η , K , F - мезоны имеют массы покоя, кратные или соизмеримые с эффективной массой кварка протона и нейтрона. Таким образом, эффективные массы указанных мезонов приблизительно равны их реальным массам.

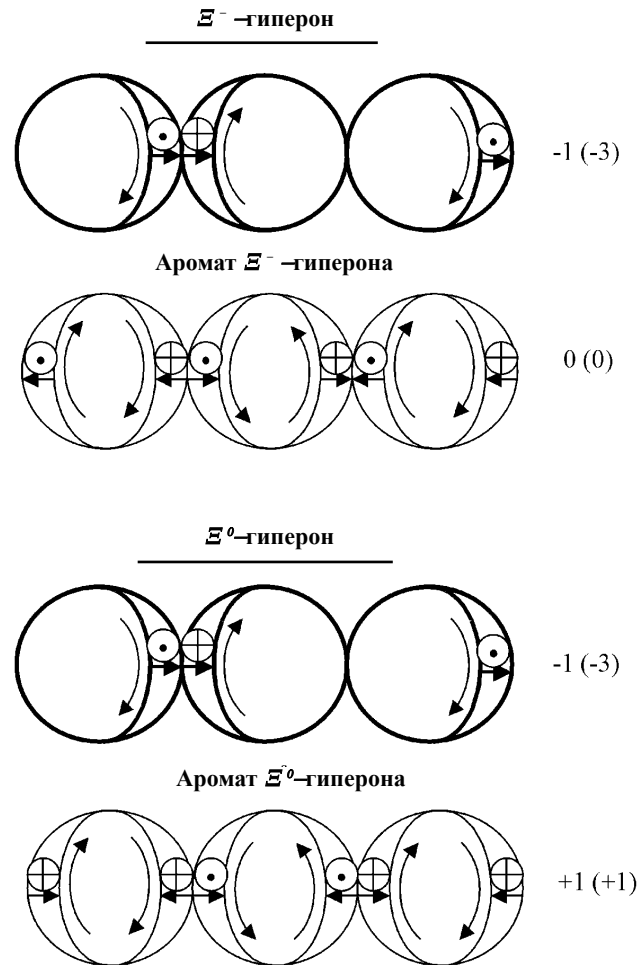
Величина отношения эффективной массы к реальной массе частиц определенным образом проявляется в их свойствах. В частности, мезоны, у которых это отношение равно единице (отсутствует дефицит массы), характеризуются более частыми распадами на фотоны.

Кроме рассмотренных выше механизмов формирования ряда масс элементарных частиц, следует иметь ввиду и более экзотические возможности. Например, в одном адроне могут объединяться кварки с существенно разными массами (частотами). Кроме того, реальные массы кварков могут быть больше, чем их эффективные массы (частицы с отрицательным дефектом массы). Однако такие частицы, очевидно, должны быть крайне нестабильными и быстро распадаться.

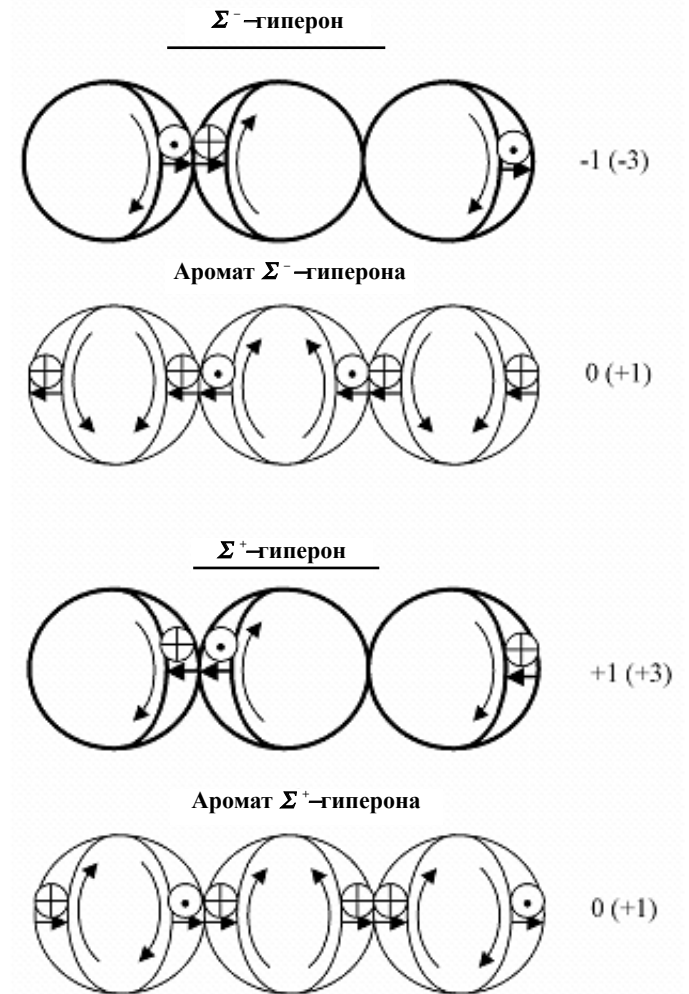
Поэтому наиболее известные барионы, приведенные в та-

Таблица 8.2. Классификация мезонов по величине эффективной массы.

| Мезоны масса, МэВ | Эфф. масса кварка, в ед Ц | Отношение эффективной и реальной масс | Количество условных изменений эффективной массы | Примечания |
|--------------------------------------|---------------------------------|--|---|---|
| ρ^\pm 139,57 ρ^0 134,96 | 1/5 (66,4) | 0,951 (66,4*2/139,57) 0,984 (66,4*2/134,96) | 0 | Распад ρ^0 на фотоны косвенно подтверждает отсутствие изменения эффективной массы. |
| ω 548,8 | 5/6 (276,7) | 1,008 (276,7*2/548,8) | 0 | То же. |
| K^\pm 493,67 K^0 497,67 | 3/4 (249) | 1,009 (249*2/493,67) 1,001 (249*2/497,67) | 0 | То же, после осцилляций. |
| D^\pm 1869,4 D^0 1864,7 | 3 (996) | 1,066 (996*2/1869,4) 1,068 (996*2/1864,7) | 1 (+) | Совпадает с удвоенной массой протона (0,996). Распады на фотоны отсутствуют. |
| F^\pm 1971 | 3 (996) | 1,011 (996*2/1971) | 0 | Распадается на 3^0 и ρ^\pm . |
| B^\pm 5270,8 B^0 5274,2 | 9 (2988) | 1,134 (2988*2/5270,8) 1,133 (2988*2/5274,2) | 2 (+) | Отношение 6 масс протона к массе B^\pm (1,068) говорит о большем изменении эфф. массы B^\pm . B^0 чаще распадается на D^0 , чем на остальные. |

Рис. 14. Схемы структур Ξ^- -гиперона и Ξ^0 -гиперон

Суммарное поле определяется наложением полей образующих (основных) солитонов, изображенных жирными линиями, и ароматов. Крайний слева и крайний справа — кварки с измененной массой. Заряды и магнитные моменты (в скобках) указаны в условных единицах

Рис. 15. Схемы структур Σ^- -гиперона и Σ^+ -гиперона

Суммарное поле определяется наложением полей образующих (основных) солитонов, изображенных жирными линиями, и ароматов. Все три кварка — с измененной массой. Заряды и магнитные моменты (в скобках) указаны в условных единицах

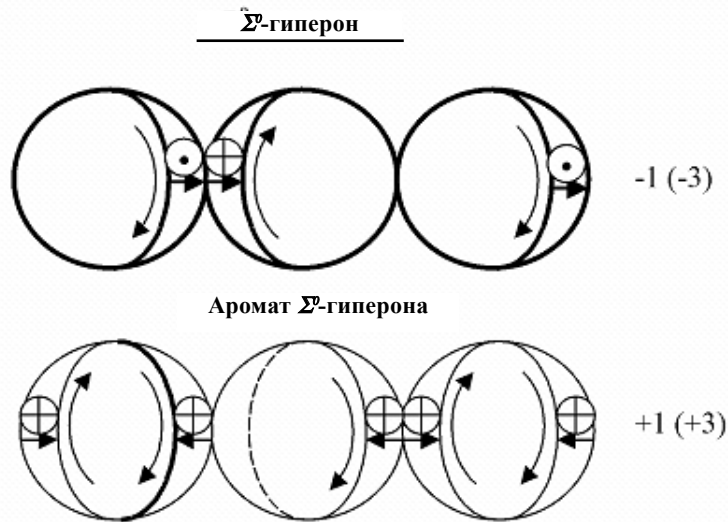


Рис. 16. Схема структуры Σ -гиперона с асимметричным ароматом. Одиночная волна аромата в левой стороне среднего кварка отсутствует, а с правой стороны левого кварка — имеет удвоенную амплитуду (отмечена жирной линией). Коэффициент изменения эффективной массы в такой структуре равен 1,35. Заряды и магнитные моменты (в скобках) указаны в условных единицах

блице 8.1, имеют положительный дефект массы. В качестве примеров частиц, имеющих двукратное и трехкратное увеличение эффективной массы, на рис. 14, 15 и 16 изображены схемы строения Ξ^- -гиперона и Ξ^0 -гиперона, Σ^- -гиперона и Σ^+ -гиперона, а также Σ -гиперона, который может быть образован только с асимметричным ароматом.

Наиболее информативным параметром для определения структуры ароматов частиц является магнитный момент, так как он дает возможность помимо расчетов по величине массы производить параллельную проверку по отклонению магнитного момента от соответствующего целочисленного значения. Для этих расчетов величины магнитных моментов должны быть выражены в магнетонах самой частицы, то есть, через ее массу.

Дополнительную информацию при определении частоты

бариона (эффективной массы его кварка) дает также отношение его реальной массы к массам других барионов. Если массы барионов с большой точностью кратны друг другу, а остальные их свойства аналогичны, то есть основания полагать, что они имеют сходную структуру ароматов. Кроме того, близкие по структуре ароматов барионы значительно чаще фигурируют вместе в реакциях взаимопревращения частиц (например, один наиболее часто получается в результате распада другого) [16].

Завершая рассмотрение закономерностей, присущих ряду масс адронов, следует еще раз вернуться к определению понятия ароматов кварков.

Как известно, для кварков были введены формальные признаки, или ароматы: верхний (u), нижний (d), странный (S), очарованный (c), прелестный (b), истинный (t). В соответствии с этим делением на ароматы введены квантовые числа кварков. Адроны, в состав которых входят кварки с такими ароматами, стали называть странными, прелестными, очарованными - странными и т. д. Смысл этого состоит в том, что введенные на основе экспериментов квантовые числа сохраняются в определенных классах взаимопревращений частиц и дают возможность сформулировать соответствующие законы сохранения.

Первоначально были известны из всех адронов только нуклоны и пионы. Условность введения кварков u и d, из которых якобы состоят эти частицы, мы уже видели на примере протона и нейтрона. Что касается пионов с массой покоя всего около 140 МэВ, то невозможность наличия в их составе таких же тяжелых кварков, как и в нуклонах, совершенно очевидна.

Далее, по мере увеличения энергии столкновений, в экспериментах стали получать все новые и новые частицы. В 50-х годах. прошлого века с помощью изучения космических лучей (а затем и на ускорителях) были открыты “странные” частицы. Странность этих частиц заключалась в том, что они являются сильно взаимодействующими частицами, время жизни которых должно быть порядка 10^{-22} — 10^{-23} с, однако их действительное время жизни на много порядков больше — примерно 10^{-10} с. Это затруднение и было “решено” путем формального введения нового квантового числа — странности S.

В чем же заключается физическая сущность этой “неподражаемой странности”?

Исходя из представления о солитонной природе элементарных частиц, ответ на этот вопрос оказывается удивительно простым и заключается в особенностях взаимодействия солитонов разных частот. В выводах по разделу 5 мы кратко об этом уже упоминали, а сейчас поговорим подробнее.

Вспомним, что солитон — это вращающаяся одиночная волна, и поэтому взаимодействие между солитонами имеет импульсный характер, чем-то напоминающее раскачивание качелей (рис.17). Импульсное взаимодействие приводит к тому, что при некоторых соотношениях частот вращения солитонов (на рисунке — 1,5) не может происходить направленная передача энергии от одного солитона к другому.

Действительно, представим себе, что при прохождении маятником наинизшей точки (в которой его скорость максимальна), в определенные моменты времени мы сообщаем ему одинаковые (и по величине, и по направлению) импульсы.

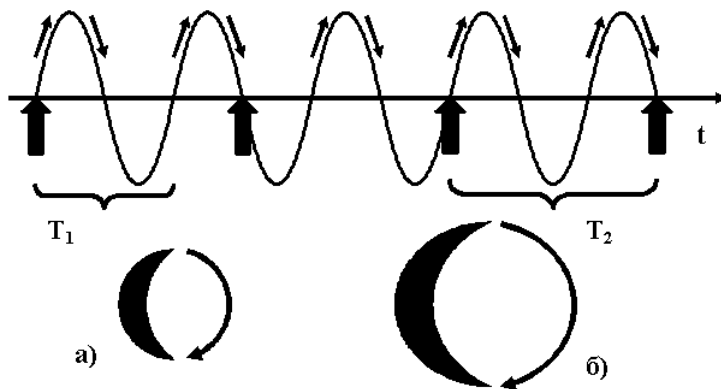


Рис. 17. Характер взаимодействия солитонов с частотами (периодами), отличающимися в 1,5 раза

Солитон а) с меньшим периодом колебаний получает последовательные импульсы от солитона б) в моменты времени, когда его собственное поле имеет то одно, то другое направления (то есть, противоположные фазы колебаний). Из-за такого соотношения частот солитонов становится невозможной направленная передача энергии от одного солитона к другому

Если в предыдущий момент передаваемый импульс совпадал с направлением движения маятника, а в последующий — маятник двигался в направлении, противоположном направлению импульса, то общий результат, очевидно, будет нулевой.

Учитывая, что в реакциях взаимопревращения частиц должна происходить направленная передача энергии от распадающейся частицы к вновь образующейся, соотношение частот в этом процессе приобретает, как мы видим, первостепенное значение. Сравнение частот элементарных частиц (табл. 1, 2) показывает, что именно по этому принципу образуются совокупности частиц, которые получили наименования странных (в основном, частоты — 1,5 и 0,75), очарованных (3) и т. д. Новые ароматы кварков, открытые при дальнейшем увеличении энергии сталкивающихся частиц, естественно, принадлежат все более тяжелым кваркам, занимающим диапазон все более высоких частот, из-за чего связь с ними также уменьшается.

Следует иметь в виду, что при распаде какой-либо частицы на несколько частиц с разными ароматами, общее время распада определяется процессом с наименьшей скоростью, то есть, той конечной частицей, которая имеет наименьшую связь с исходной частицей.

В процессах взаимопревращения частиц существенную роль играет система малых волн, присутствующая в каждом адроне. Совокупность малых волн, как мы видели, по степени участия в энергообмене эквивалентна одному основному солитону. Следовательно, в общем балансе энергообмена бариона они составляют одну четверть, а в энергообмене мезона еще больше — одну треть.

Вот один интересный пример влияния системы малых волн. При “конструировании” конфигурации малых волн Σ^0 -гиперона, в отличие от остальных Σ -гиперонов, никак не участвуют параметры этой частицы при симметричном расположении малых волн. Всем требованиям (по эффективной массе, магнитному моменту) удовлетворяет только асимметричная система, приведенная на рис. 16. И эта частица действительно является особой! Замечательным ее свойством является то, что из всех странных частиц только Σ^0 -гиперон очень быстро рас-

падает на Λ -частицу и γ -квант (со скоростью 10^{-21} с) в отличие от обычных странных частиц. В результате этого Σ^0 -частицу очень трудно наблюдать на опыте.

Каковы же перспективы экспериментов на суперсовременных ускорителях со все большими энергиями сталкивающихся частиц?

Совершенно очевидно, что получающиеся таким образом массивные частицы будут иметь все меньшие размеры и большие частоты. Как следствие, они будут все в меньшей степени связанными с главной резонансной частотой Вселенной, то есть, с обычным веществом (или, как его еще называют, барионным веществом). Таким образом, эти тяжелые частицы будут чем-то похожими на так называемую Темную Материю (по некоторым данным она составляет основную часть массы Вселенной), так как по определению Темная Материя воздействует на другие видимые небесные тела исключительно посредством гравитационного взаимодействия.

В связи с проблемой Темной Материи обсуждаются три основных вопроса. Может ли большая часть барионной материи быть невидимой? Является ли доминирующая форма материи во Вселенной небарионной? Существует ли некая неизвестная «темная» форма энергии, связанная с ненулевой космологической константой L ?

Вывод о том, что Темная Материя, вероятнее всего, состоит как из барионной, так и небарионной фракций, делается, например, на основе измерений ротационных кривых галактик. Оказывается, что не все объекты, составляющие общую массу галактики, движутся вместе с ней как «единое» целое. Для объяснения этого экспериментального факта, наряду с Корной, вводится понятие Темного галактического гало, компенсирующего очевидный дефицит массы видимых объектов, расположенных в диске галактики. В нашей галактике размер Темного гало оценивается в 50 кпк, то есть, оно простирается намного дальше видимой части галактики.

Массивные частицы могли образоваться в период материализации Вселенной после Большого Взрыва. Они должны

быть нерелятивистскими, т. е. холодными частицами, в отличие от нейтрино, практически не имеющих массы и остающихся релятивистскими (горячими). Холодная Темная Материя (ХТМ), вероятнее всего, должна состоять из слабо взаимодействующих массивных частиц (Weakly Interacting Massive Particles — WIMP). На роль ХТМ прочат такие гипотетические частицы как нейтралино, аксионы, аксино, гравитино, вимпзилло и т.д.

Исходя из того, что мы узнали о солитонной природе вещества, можно утверждать, что дефицит массы, составляющий по крайней мере около 60 МэВ на каждый нуклон, превратился в своеобразные осколки (в том числе, γ -кванты и нейтрино), заполнившие Вселенную. Кроме того, Большой Взрыв, видимо, сопровождался существенной неоднородностью распределения энергии, что могло привести к образованию, наряду с обычным веществом, «параллельного мира», состоящего из массивных частиц, практически не взаимодействующих с привычной нам материей. Этот другой мир может быть устроен аналогично нашему, но иметь совершенно другие универсальные физические константы — как результат установления равновесия внутри этой параллельной системы. Общими с нашими константами там могут быть только скорость света (характеристики вакуума), гравитационная постоянная и постоянная тонкой структуры, как универсальная характеристика электромагнитных солитонов.

Таким образом, проблема Темной Материи вызывает массу захватывающих ассоциаций и интересных вопросов.

Не правда ли, сосуществование «параллельных миров» в разных частотных диапазонах чем-то напоминает частотное разделение множества радиоканалов?

Не являются ли прообразами таких массивных частиц, составляющих «параллельный мир», странные, очарованные и т. д. частицы, слабо взаимодействующие с обычным веществом?

И наконец, не подвергаемся ли мы опасности, все более вторгаясь в неизведанный мир, значительно превосходящий «нашу Вселенную» по заключенной в нем энергии?

РАЗДЕЛ 9

Куда делось антивещество?

Несмотря на все обилие открытых элементарных частиц, наибольший интерес, несомненно, представляют протоны, нейтроны и электроны, из которых практически полностью состоит окружающий нас мир. “Божественная троица” оказалась настолько универсальной, что смогла удивительным образом обеспечить бесконечное многообразие природы.

Это тем более поразительно, поскольку сами базовые частицы, как мы убедились, состоят всего-навсего из двух видов электромагнитных солитонов — элементарных возбуждений вакуума, отличающихся друг от друга только противоположными направлениями полей в их структурах.

Движение и жизнь в колоссальное сооружение из трех видов частиц вдохнула дополнительная энергия — кинетическая (тепловая, движения материальных тел, фотоны). Фотоны тоже рассматриваются как кинетическая энергия, так как движущаяся частица отличается от неподвижной только фотоном, испускаемым при остановке движущейся частицы. Эта дополнительная кинетическая энергия, вообще говоря, может рассматриваться просто как недоматериализованная энергия при рождении Вселенной.

Действительно, можно представить себе фантастическую ситуацию, при которой любое движение, в том числе и тепло-

вое, остановлено и превращено в фотоны, из которых, в свою очередь, образованы материальные частицы. (Слава Богу, что этого не произошло, иначе вся материя была бы абсолютно холодной и неподвижной!).

В связи с этим возникает принципиально важный вопрос. Если кинетическая энергия Вселенной, можно сказать, симметрична относительно вещества и антивещества (из фотонов всегда получается поровну частиц и античастиц), то можно ли сказать то же самое о второй части энергии — овеществленной Вселенной? То есть, симметрична ли Вселенная относительно вещества и антивещества?

С другой стороны, можно ли превратить окружающее нас вещество в излучение? Если не возможно, то куда делось антивещество в процессе образования вещества Вселенной после Большого Взрыва?

Прежде, чем попытаться ответить на эти вопросы, рассмотрим подробнее взаимосвязь, существующую между веществом и антивеществом, а затем взаимосвязь между протоном, нейтроном и электроном.

Уравнение Дирака допускает решения, соответствующие отрицательным значениям энергии свободного электрона, так как энергия математически определяется корнем квадратным

$$E = c\sqrt{m^2c^2 + p^2}. \quad (9.1)$$

Отрицательный знак перед корнем в выражении (9.1) сопоставляется так называемому континууму отрицательных значений энергии электрона, который, таким образом, отделен от континуума положительных энергий энергетической щелью, соответствующей удвоенной массе электрона.

В этом представлении рождение электрон-позитронной пары выглядит, как выбивание фотоном электрона из бесконечного “фона” свободных электронов с отрицательной энергией. Образовавшаяся в нижнем континууме “дырка” воспринимается как положительно заряженная частица с положительной массой и положительной энергией — позитрон.

По такому же принципу (электрон-позитронного вакуума — континуума отрицательных энергий) формально вводится

вакуум для всех других частиц и античастиц, которые также оказываются разделенными энергетической щелью, соответствующей удвоенной массе каждой из этих частиц.

Если следовать такой формальной схеме, то вещество и антивещество всегда выступают как антиподы — они несовместимы (аннигилируют) и всегда разделены энергетической щелью. Однако, как раз на этом примере взаимосвязи между веществом и антивеществом проявляется неприемлемость такой логики, основанной на чрезмерной формализации.

Достаточно вспомнить осцилляции, существующие между K^0 -мезоном и его античастицей, при которых частица и античастица попеременно превращаются друг в друга. Континуумы положительных и отрицательных энергий при этом должны, видимо, постоянно меняться местами! Частота этих осцилляций, как известно, определяется различием масс (порядка $4 \cdot 10^{-6}$ эВ) двух мезонов, образующихся в результате суперпозиции волновых функций K^0 -мезона и его античастицы.

С точки зрения солитонного представления о строении элементарных частиц во всех этих взаимопревращениях и суперпозициях K^0 -мезона и его античастицы нет ничего удивительного. Таким образом ведут себя любые связанные между собой виды электромагнитных резонансов с близкими частотами (этот вопрос был рассмотрен в [14,15]). Более того, одиночные волны двух противоположных видов (с разными направлениями полей) сосуществуют друг с другом в составе сложных частиц, например, протона и нейтрона (разд. 8).

Возвращаясь к анализу истоков столь прочного содружества между протоном, нейтроном и электроном, следует отметить (как это ни покажется странным) некоторое сходство лежащих в его основе механизмов с тем, что мы говорили о K^0 -мезоне и его античастице. Как протон, так и нейтрон могут взаимодействовать с электроном и, посредством этого слабого взаимодействия, превращаться друг в друга, аналогично тому, как взаимопревращаются K^0 -мезон и его античастица из-за связи друг с другом через мезоны-суперпозиции. Естественно, несмотря на некоторую аналогию, связь между протоном и нейтроном через электрон характеризуется отличительными

особенностями, в частности, существенной асимметрией.

Но сначала о сходстве. Если посмотреть на солитонное строение протона и нейтрона (рис.13), то становится очевидным, что по составу основных солитонов протон и нейтрон, действительно, являются античастицами. В какой-то мере, это косвенно подтверждается и противоположностью знаков их магнитных моментов. Отличие абсолютных величин магнитных моментов (на одну треть) и зарядовая асимметрия нуклонов вносятся только малыми волнами — ароматами.

Кроме того, разность масс нейтрона и протона оказывается того же порядка, что и частица, через взаимодействие с которой они превращаются друг в друга — эта разница с точностью до одного процента равна двум с половиной массам электрона. Следовательно, слабое взаимодействие с этой точки зрения можно рассматривать как осцилляцию нуклонов.

Постоянная связь, существующая между тремя частицами, проявляется и в наблюдаемой закономерности, суть которой рассмотрена в разд. 5, а именно: равновесное взаимодействие характеризуется равновесными зарядами частиц (можно говорить и о зарядах составных частей) и магнитными моментами, выражающимися через магнетоны частиц (магнетон Бора для электрона и ядерный магнетон для нуклонов).

Что касается асимметрии во взаимодействии протона, нейтрона и электрона, то она усиливается образованием нейтрино (антинейтрино), постоянно сопровождающих процессы взаимопревращения этих частиц. Но это в большей степени относится к особенностям самих лептонов, о которых мы еще будем говорить подробнее.

Рассмотренная аналогия показывает удивительное многообразие нюансов во взаимопревращениях частиц, условность общепринятого деления на вещество и антивещество, которое может превращаться друг в друга и сосуществовать друг с другом в сложных асимметричных структурах.

Обращает на себя внимание восхитительный процесс закономерного последовательного формирования материи. Какое гармоничное переплетение различного рода взаимодействий связывает базовые частицы Вселенной!

Во-первых, сильное взаимодействие внутри нуклонов обеспечивает их прочность (за счет огромного дефицита массы нуклона, порядка 55 МэВ).

Во-вторых, электромагнитное взаимодействие (существующее наряду с сильным взаимодействием) между кварками нуклонов приводит к возникновению относительно небольшой разницы масс нейтрона и протона.

В третьих, разница масс нейтрона и протона порождает взаимодействие (осцилляцию) с участием электрона. Этим трехсторонним процессом определяется резонансная природа слабого взаимодействия электрона с нуклонами.

В четвертых, электромагнитное взаимодействие расположенных вплотную друг к другу нуклонов обеспечивает ядерные силы (разд. 7). Кварки в нуклонах имеют либо положительный, либо отрицательный заряды (в протоне — два по +1 и один -1, в нейтроне — два по -2/3 и один +4/3), поэтому нуклоны в ядре располагаются таким образом, что их кварки занимают положения в узлах своеобразной кристаллической решетки ядра с чередующимися положительными и отрицательными зарядами (наподобие ионной связи).

В пятых, накопление энергии электростатического отталкивания по мере увеличения числа протонов в ядрах естественным образом ограничивает массу тяжелых атомов.

В шестых, слабая связь с нуклонами и малая масса электронов обеспечивает им относительную свободу и подвижность, чему, в конечном итоге, и обязаны своим возникновением электронные оболочки атомов.

И, наконец, ничем не скомпенсированные стоячие продольные электромагнитные волны, излучаемые в целом электрически нейтральным веществом, обеспечивают гравитационное взаимодействие во Вселенной.

Кратко можно сказать, что главным источником устойчивости этого замечательного сооружения служит изысканная асимметрия трех базовых частиц и дефицит массы нуклонов, предотвращающие их аннигиляцию.

Теперь следует отдельно остановиться на природе характерных времен взаимодействий. Они естественным образом

оказываются также связанными с параметрами трех базовых частиц.

Действительно, представим себе, что нам удалось невероятное и мы проникли в микромир. Какую единицу для измерения времени мы там выбрали бы?

Измерение времени удобно производить в единицах, которые являются естественными для масштабов описываемых процессов. Например, в нашей повседневной жизни такими естественными единицами являются сутки, то есть, период обращения нашей планеты вокруг своей оси, или год — период обращения Земли вокруг Солнца.

Вот еще один характерный и более близкий к нашей теме пример. Добротности резонаторов, как и любой колебательной системы, измеряются в количествах периодов, за которые амплитуда свободных затухающих колебаний уменьшается в условленное число раз.

Эти правила удобно применить и в микромире. Если взять любой справочник по физике, то мы найдем характерные времена существующих в природе взаимодействий: сильное — 10^{-23} с, электромагнитное — 10^{-20} с, слабое — 10^{-13} с [12]. Приведенные цифры (имеющие, в значительной степени, условный характер) на первый взгляд никак не воспринимаются и не поддаются осмыслению. Пожалуй, их можно только сравнить между собой или оценить энергию взаимодействия, исходя из соотношений неопределенностей Гейзенберга. Но если мы вспомним о резонансной природе элементарных частиц, то характерные времена взаимодействий логично будет выразить в периодах колебаний (периодах вращения одиночных волн) частиц. Для сильного взаимодействия — это период кварков нуклонов, соответствующий главной частоте Вселенной (ГЧВ), а для электромагнитного взаимодействия (в основном между электроном и фотоном) — период вращения одиночной волны в структуре электрона.

ГЧВ равна $1,60 \cdot 10^{23}$ Гц, а частота электрона, исходя из его массы, равна $2,47 \cdot 10^{20}$ Гц. Обратные частотам величины как раз и есть искомые периоды $0,625 \cdot 10^{-23}$ с и $0,405 \cdot 10^{-20}$ с соответственно.

Таким образом, характерные времена электромагнитного и сильного взаимодействий, как мы и ожидали, имеют порядок величин, совпадающий с периодами колебаний соответствующих элементарных частиц!

Эта оценка не только подтвердила наши догадки о природе характерных времен взаимодействий, но и еще раз показала, что взаимодействие элементарных частиц происходит на вполне определенных, свойственных им частотах.

Более того, мы убедились, что характерные времена сильного и электромагнитного взаимодействий, если каждое из них рассматривать в естественных масштабах, не так уж сильно отличаются друг от друга. Совершенно по-другому дело обстоит со слабым взаимодействием.

Что же означает характерное время слабого взаимодействия? Начнем с наглядной аналогии. Собственные добротности элементарных частиц, являющихся своеобразными резонаторами, равны бесконечности. Потери в них отсутствуют, и колебания не затухают. Но реакции взаимопревращения частиц все-таки можно охарактеризовать параметром, сходным с добротностью.

Действительно, появление частицы можно сравнить с наполнением резонатора энергией и попытаться оценить, за какое количество периодов колебаний это происходит. Получающаяся в результате величина может рассматриваться как вносимая добротность, которая зависит от степени связи резонатора с внешними объектами.

Обратимся к конкретному примеру. В результате слабого взаимодействия мюон распадается и передает свою энергию нарождающимся частицам — электрону, электронному антинейтрину и мюонному нейтрину. В этой реакции, принимая во внимание конкретные величины периода колебаний электрона и времени распада мюона (порядка $2 \cdot 10^{-6}$ с), рождение электрона происходит за колоссальный промежуток времени. Наполнение "электронного резонатора" энергией происходит за $5 \cdot 10^{14}$ периодов! В обычных же масштабах рождение электрона происходит почти мгновенно — за $2 \cdot 10^{-6}$ с.

Теперь мы наглядно убедились, насколько слабое взаимо-

действие действительно является слабым. Слабая связь обеспечивает относительную свободу и подвижность электронов в природе. Проведенная оценка убеждает и в другом. Если за $2 \cdot 10^{-6}$ секунды в микромире проходят, образно говоря, $2 \cdot 10^{14}$ лет, то не удивительно, что за время своего существования Вселенная настроилась на единую резонансную частоту.

В чем же причина столь слабой связи электрона с нуклонами и чем, в конечном итоге, определяется его масса?

Элементарные расчеты показывают, что частота электрона меньше частоты нуклонов более чем в 600 раз. Поэтому амплитуда гармоник электрона со столь большим номером, на которой может происходить взаимодействие, оказывается чрезвычайно малой. Но характер взаимодействия не может определяться только этим обстоятельством.

Дело в том, что гармоника при таких больших номерах следуют друг за другом очень плотно по оси частот. Поэтому трудно представить себе, по какому принципу одна из соседних гармоник должна соответствовать частоте взаимодействия. "Задающими" в этом процессе, естественно, являются нуклоны, масса которых почти в две тысячи раз превосходит массу электрона. Следовательно, единственной возможностью более точной "настройки" частоты электрона является наличие небольшой разницы в массах нейтрона и протона (1,2933 МэВ), порождающей биения на разностной частоте. В связи с этим, вряд ли можно считать случайным совпадением тот факт, что две с половиной массы электрона равны разнице масс нейтрона и протона (то есть, эти величины соизмеримы, аналогично общему правилу для частот частиц, представленных в табл. 8.1 и 8.2). Поэтому слабость связи электрона с нуклонами определяется еще и характером механизма такого опосредованного взаимодействия через разностную частоту.

Но во всем этом присутствуют "шероховатости"!

Рассмотренное взаимодействие нейтрона, протона и электрона является не трехсторонним, а включает в себя еще одну небольшую составляющую — нейтрينو и антинейтрينو, частицы с чрезвычайно малой массой покоя. Кроме того, внимательный читатель может заметить, что две с половиной массы

электрона не точно равны разнице масс нейтрона и протона. Несоответствие составляет всего около 1,2%. Масса электрона, исходя из резонансной природы взаимодействия, должна была бы быть 0,517 МэВ, а не 0,511 МэВ!

Эти “небольшие нюансы”, как это часто случалось в истории физики, указывают на существование не известных принципиально важных закономерностей.

Оказалось, что отмеченный небольшой сдвиг частоты электрона (точнее — дефицит массы электрона) связан с нейтрино. Обнаружение этого сдвига частоты электрона дало возможность теоретически вычислить массу покоя электронного нейтрино, которая оказалась равной $3,7 \cdot 10^{-5}$ МэВ [1].

Наличие малых волн в составе основных солитонов (Рис.18) свойственно не только электрону, но и мюону, и тау, как истинно элементарным и похожим друг на друга по свойствам частицам. Частоты мюона и тау соизмеримы с ГЧВ (332 МэВ) — 1/3 и 6 соответственно. Имеющийся, как и в случае электрона, сдвиг частот по сравнению с величинами, определяемыми массами частиц, дал возможность теоретически вычислить массы покоя мюонного нейтрино (0,1 МэВ) и таонно-

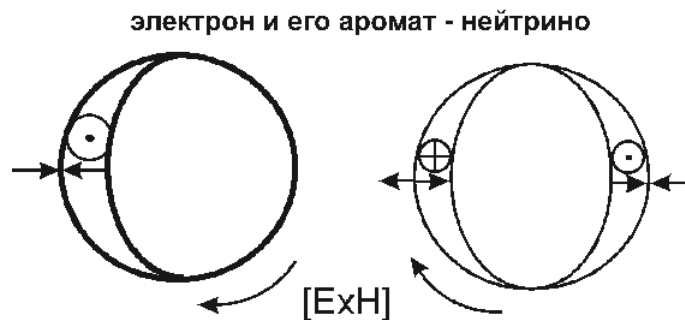


Рис. 18. Дефицит массы электрона образуется в результате наложения поля основного солитона (слева) и аромата (справа)

Аромат электрона состоит из двух полуволн с противоположными направлениями полей (одной полной волны) и имеет, таким образом, нулевые значения заряда и магнитного момента. В реакциях взаимопревращения аромат электрона может быть скомпенсирован только появлением его “свободного” двойника в виде антинейтрино.

го нейтрино (12 МэВ).

Расчет изменения эффективной массы электрона (мюона, тау) производится аналогично тому, как это делается для барионов и мезонов. Условная амплитуда поля основного солитона полагается равной η , а амплитуда малых волн принимается равной $x\eta$. Исходя из этого, получим выражение для эффективной массы солитона:

$$\eta^2 (1-x)^2 + \eta^2 x^2 = m, \quad \eta^2 = \frac{m}{1-2x} \approx m(1+2x). \quad (9.1)$$

Для мюона (105,66 МэВ) и тау (1784,2 МэВ), кратные (или соизмеримые) частоты которых не слишком далеки от главной частоты, сравнение эффективной и реальной масс дает следующие результаты:

$$332/(3 \cdot 105,66) = 1,047 \text{ — для мюона,} \\ (6 \cdot 332)/1784,2 = 1,116 \text{ — для тау.}$$

Мюон имеет частоту 1/3 от главной частоты, а расчетная частота тау равна шестой гармонике. Что касается электрона, то, как уже отмечалось, две с половиной массы электрона с точностью до одного процента оказываются равными разнице масс нейтрона и протона:

$$1,2933/(2,5 \cdot 0,511) = 1,012.$$

Таким образом, из полученных выше отношений и приближенной формулы (9.1) получаем, что амплитуды малых волн приблизительно равны: для электрона — 0,006, для мюона — 0,023, а для тау — 0,058 от амплитуды основного солитона.

Эти слишком малые волны, входящие в структуру лептонов, «не вписываются» в реакции взаимопревращения частиц и вынуждены «самостоятельно», то есть, уже вне структуры лептонов сопровождать их во всех реакциях.

Зная амплитуды этих малых волн, определим массы электронного, мюонного и таонного нейтрино как удвоенную массу полуволны:

$$m_{i\nu} \approx 2x_i^2 m_i. \quad (9.2)$$

Здесь x_j и m_j — амплитуды малых волн и реальные массы для каждого вида лептонов в отдельности.

Результаты расчетов сведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1

| | Массы нейтрино | | |
|------------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|
| | Электронное нейтрино | Мюонное нейтрино | Таонное нейтрино |
| Результат расчета массы, МэВ | $3,7 \cdot 10^{-5}$ | 0,1 | 12 |
| Экспериментальные данные [16], МэВ | меньше $4,6 \cdot 10^{-5}$ | меньше 0,5 | меньше 164 |

| | Частоты лептонов, в ед. главной частоты (кроме электрона) | | |
|---------|--|---------------|----------|
| | Электрон | Мюон | Тау |
| Частота | $2/5$ от $(m_n - m_p)$ (0,517 МэВ) | $1/3$ (110,7) | 6 (1992) |

Что касается сравнения экспериментальных данных для электронного нейтрино с результатом расчета, то оно возможно только ориентировочно по порядку величины. Из-за чрезвычайной малости массы нейтрино лабораторные измерения настолько сложны, а разброс значений, получаемых разными исследователями, столь велик, что говорить всерьез о получении достоверных данных пока невозможно.

Относительно результатов экспериментов по определению масс покоя мюонного и таонного нейтрино можно в целом констатировать, что наблюдается тенденция все большего их сближения с приведенными расчетными значениями.

Когда нейтрино открыли, эта частица «помогла выстоять» закону сохранения энергии. Теперь мы должны быть признательны этой частице за то, что она «поставила на место» частоты лептонов. Но сейчас она сделала еще больше, раскрыв свою структуру и массу покоя. Стало понятно, почему лептон

появляется в реакциях совместно именно с антинейтрино. Это происходит потому, что рождение частиц и античастиц происходит в виде пар, а в данном случае — это антинейтрино в свободном состоянии и, условно, нейтрино в составе электрона.

Таким образом, нейтрино действительно является «слепком» с соответствующего («своего») лептона, или его тенью, чем и определяются его избирательные свойства.

Говоря о слабом взаимодействии, невозможно обойти молчанием проблему так называемых промежуточных бозонов. Известно, что идея об обменном характере слабого взаимодействия была выдвинута еще в тридцатых годах прошлого века. Завершение эта идея получила в рамках единой теории, связывающей электромагнитное и слабое взаимодействия, развитой в работах С. Вайнберга, А. Салама и Ш. Глэшоу.

В этой теории, которая теперь носит название Стандартная Модель, предсказано существование тяжелых заряженных бозонов W^+ , W^- и нейтрального бозона Z^0 , обмен которыми обуславливает слабое взаимодействие. Полученные в экспериментах бозоны с массами, близкими к расчетным, были отождествлены с W^+ , W^- -бозонами (81 ГэВ) и Z^0 -бозоном (93 ГэВ).

Теория вводит также безмассовое векторное поле, отождествляемое с электромагнитным полем.

Кроме того, считается, что частицы приобретают массу через взаимодействие с полем Хиггса. Квантами поля считаются бозоны Хиггса с нулевым спином и массой больше 5 ГэВ.

Можно сказать, что Стандартная Модель, объединив электромагнитное и слабое взаимодействия в единое электрослабое, устремлена к Великому Объединению всех взаимодействий — заветной мечте всех физиков.

Проверить экспериментально это сложное теоретическое построение не удалось, так как бозоны Хиггса в лабораторных условиях пока не получены. Что же касается принципиальной стороны вопроса, то эта весьма формализованная теория очень напоминает историю с пионами, которые когда-то рассматривались в качестве переносчиков ядерных сил. Теперь об этой истории вспоминают все реже.

Представляется весьма маловероятным самопроизвольное

появление частиц (виртуальных калибровочных бозонов) с огромными энергиями, в сотню раз превышающими массы нуклонов, несмотря на то, что как раз солитонное представление об элементарных частицах не отрицает возможности материализации частиц в интерференционных пучностях продольных волн, заполняющих все пространство.

Носит ли слабое взаимодействие ступенчатый характер?

Как мы видели, процессы взаимной перекачки энергии между частицами в процессе их взаимопревращения по разным причинам могут быть затруднены (из-за большой разницы или несовместимости в частотах, из-за механизма слабой опосредованной связи через осцилляции, либо то и другое вместе, как в случае протона, нейтрона и электрона). Однако в таких реакциях, наряду с длительными процессами, нередко присутствуют и более быстрые взаимодействия. Например, при распаде нейтрона на протон, электрон и антинейтрино одновременно идут процессы с разными скоростями (нейтрон и протон связаны друг с другом сильнее, чем с электроном).

Вследствие такой разницы в скоростях процессов перекачки энергии, реакции взаимопревращения частиц, очевидно, могут сопровождаться образованием промежуточных частиц — “временных хранилищ энергии”.

Но из этого отнюдь не следует, что образующиеся таким образом промежуточные частицы являются переносчиками взаимодействия обменного характера, хотя реакции при этом будут, действительно, ступенчатыми.

Возвращаясь к проблеме вещества и антивещества, следует заметить, что принцип образования промежуточных “частиц-хранилищ” можно использовать при планировании экспериментов. Возможность аннигиляции вещества может быть рассмотрена с учетом этого принципа и всего того, что мы теперь знаем о протоне, нейтроне и электроны.

Сформулируем предпосылки для осуществления реакции аннигиляции вещества.

1. Имеются теоретические основания полагать, что закон сохранения барионного числа не является строгим, также как и указания на возможность нарушения так называемых стро-

гих законов сохранения квантовых чисел. (Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1981.).

2. Наличие частоты, доминирующей в микромире (332 МэВ), создает условия для резонансных процессов. Это подтверждается, в частности, распадом на фотоны ряда мезонов, массы которых кратны или соизмеримы с 332 МэВ.

3. Массы протонов и нейтронов всего в 1,06 раза меньше резонансной массы ($332 \times 3 = 996$ МэВ), то есть, массы соответствующей доминирующей в микромире частоте (ГЧВ).

4. Протон и нейтрон, исходя из основного (без учета малых волн — ароматов) солитонного строения, являются античастицами по отношению друг к другу и, таким образом, при определенных условиях в совокупности с другими частицами могут аннигилировать.

5. Промежуточные “частицы-хранилища” можно рассматривать в качестве посредников между исчезающими частицами и появляющимися в результате взаимодействия новыми частицами. Именно этот принцип дает возможность связать между собой и преобразовать, казалось бы, несовместимые системы частиц.

Возможность нарушения закона сохранения барионного числа обусловлена, в частности, тем, что система нескольких взаимодействующих между собой частиц является, строго говоря, уже некоторым новым объектом, а не простой суммой входящих в него частиц. Если же суммарная масса такого объекта с общим нулевым зарядом окажется кратной ГЧВ, то он может преобразоваться в аналог нейтрального промежуточного бозона с резонансной массой, который неизбежно распадется на фотоны, подобно тому, как возникает вынужденное излучение в лазерах.

Получение общей резонансной массы системы частиц возможно несколькими способами. В качестве примеров можно привести системы частиц, включающие в себя протон, нейтрон, электрон и π^0 -мезон, или протон, нейтрон и π^- -мезон. Протон и нейтрон могут находиться в составе ядра атома, и поэтому резонансная реакция в этом случае будет ядерной.

Ближайшая резонансная масса для пары протон-нейтрон

превышает реальную массу этой пары частиц приблизительно на 114 МэВ ($332 \times 6 - 939,57 - 938,28$). Учитывая, что суммарная масса π^0 -мезона и электрона составляет приблизительно 135,5 МэВ ($134,96 + 0,511$), получаем избыток массы системы всех этих частиц над резонансной, равный 21,5 МэВ. Часть этого избытка будет израсходована на покрытие дефекта массы протонов и нейтронов в составе ядра атома, который для самых прочных ядер составляет около 8 МэВ/нуклон, то есть, около 16 МэВ на пару протон-нейтрон. Оставшиеся 5,5 МэВ могут быть рассеяны излучением нейтрино и фотонов.

Расчетная эффективность реакции определяется отношением полученной энергии в результате аннигиляции системы частиц к величине энергии, затраченной на достижение резонансной массы (например, на получение π^0 -мезона). Эффективность резонансной реакции можно приближенно оценить отношением резонансной аннигилирующей массы к недостающей энергии для пары протон-нейтрон:

$$332 \times 6 / 114 = 17,47 \text{ (раз)}.$$

Нельзя также исключать возможность лавинообразного развития реакции ввиду большой высвобождающейся энергии, выполняющей роль своеобразной "накачки", и эффекта, сходного с вынужденным излучением в лазерах, из-за присутствия в микромире мощной доминирующей частоты — главной частоты Вселенной 332 МэВ.

В заключение можно сказать, что обнаруженная условность деления на вещество и антивещество и даже их асимметричное сосуществование в окружающем мире, дают основания для оптимизма. Вполне возможно, что где-нибудь во Вселенной существуют условия, при которых происходят реакции аннигиляции вещества

Возможно ли в лабораторных условиях преодолеть асимметрию строения материи? Кажущаяся фантастической задача получения энергии непосредственно из вещества может оказаться реально выполнимой. Во всяком случае, над этим грандиозным проектом имеет смысл подумать!

РАЗДЕЛ 10

Квантовая теория и телепортация

Квантовая теория, как известно, не поддается объяснению, так как основывается на ряде постулатов, противоречащих здравому смыслу. Речь идет, в основном, о корпускулярно-волновых свойствах и вероятностном характере движения микрочастиц вещества и излучения (фотонов).

Р. Фейнман говорил, что не следует искать объяснения свойствам микромира. Просто природа так устроена и надо принять ее такой, какая она есть, — странной и даже абсурдной! “Сколько бы мы ни старались изобрести разумную теорию, объясняющую, как фотон “решает”, проходить ли ему сквозь стекло или отскакивать назад, предсказать, как будет двигаться данный фотон, невозможно” [13].

Учитывая такую “таинственность” квантовой теории, нам будет особенно интересно попытаться понять ее закономерности с точки зрения солитонного представления об элементарных частицах. Кроме того, понимание “механики микромира” принципиально важно для решения назревших практических задач современной физики.

Начнем с волновых свойств микромира. Как мы видели, волновые свойства присущи самой природе солитона — вращающейся одиночной электромагнитной волны. Солитон не-

возможно представить себе в виде классической неподвижной частицы: в структуре солитона пульсирующее электромагнитное поле одиночной волны вращается, совершая сложные колебательные процессы и постоянно изменяя направление импульса. При этом минимальная энергия солитона, подобно квантовому осциллятору, равна $\hbar \omega_0/2$.

Заметим, что параметры солитона соответствуют соотношениям неопределенностей Гейзенберга. Действительно, произведение длины окружности электронного солитона (пространственное ограничение) на величину импульса вращающегося электромагнитного поля и произведение энергии солитона на величину периода вращения имеют порядок постоянной Планка (см. разд. 6):

$$\begin{aligned} \Delta x \cdot \Delta p &= 2\pi r_e \cdot \hbar \omega_0 / 2c = \pi \hbar; \\ \Delta t \cdot \Delta E &= (2\pi / \omega_0) \cdot (\hbar \omega_0 / 2) = \pi \hbar. \end{aligned} \quad (10.1)$$

При поступательном движении солитона, например, электрона, или, что то же самое, при наблюдении из системы координат, движущейся относительно него со скоростью v , в структуре электрона сочетается поступательное и поперечное распространение электромагнитного поля. Эта ситуация в принципе не отличается от того, что происходит в прямоугольном волноводе. Поэтому волновой коэффициент электрона (по основной частоте) можно записать в виде [7]

$$k = \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - \left(\frac{\pi}{a}\right)^2}, \quad (10.2)$$

где величина a подобна длине большой стороны волновода прямоугольного сечения и равна пути, который электромагнитное поле в солитоне проходит между крайними точками в поперечном направлении:

$$a = \pi r_e. \quad (10.3)$$

Из (10.2) с учетом (6.14) получаем закон дисперсии, устанавливающий связь между частотой движущегося электрона и волновым коэффициентом:

$$\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 = \left(\frac{1}{r_e}\right)^2 + k^2 = \frac{4m_e^2 c^2}{\hbar^2} + k^2. \quad (10.4)$$

Отличие (10.4) от известной формулы закона дисперсии (множитель 4 в числителе первого члена в правой части уравнения) вызвано тем, что традиционно энергия электрона полагается равной $\hbar \omega_0$, а не $\hbar \omega_0/2$, как это следует из принятого нами резонансного характера образования электрон-позитронной пары (разд. 6).

Интересную аналогию закона дисперсии с формулой для прямоугольного волновода (10.2) упоминал Р. Фейнман [7] и, как видим, она имеет глубокий физический смысл, являясь следствием внутренней структуры электрона.

Соотношение между групповой и фазовой скоростями электрона такое же, как для волны в волноводе:

$$v_{gp} = v = \frac{c^2}{v_{faz}}. \quad (10.5)$$

Способом существования микромира является постоянный обмен энергией, происходящий между элементарными частицами. Это следствие самой природы электромагнитного солитона, составляющего основу строения элементарных частиц. Он представляет собой резонатор (резонанс вакуума), имеющий в своей структуре токи и поля (внутри структуры — одиночная бегущая волна, снаружи — стоячие продольные электромагнитные волны). Таким образом, неподвижный электрон (как и любой солитон) взаимодействует одновременно со стоячими волнами всех существующих электронов, а длина волны де Бройля неподвижного электрона, являющаяся фазовой характеристикой, равна бесконечности. Соответственно фазовая скорость электрона в этом случае также равна бесконечности (10.5).

Если один электрон движется относительно другого электрона, то фазы колебаний этих электронов относительно друга будут меняться из-за различия частот взаимодействующих между собой движущегося и неподвижного электронов.

В этом случае, в зависимости от относительной фазы колебаний, энергия будет перекачиваться то от движущегося электрона к неподвижному электрону, то наоборот. Этот процесс очень напоминает известный опыт с двумя связанными маятниками, имеющими близкие частоты.

Изменение относительной фазы колебаний, очевидно, происходит пропорционально разности частот взаимодействующих электронов.

Частота движущегося электрона определяется формулой:

$$\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (10.6)$$

При малых скоростях она приближенно может быть определена как

$$\omega = \omega_0 \left(1 + \frac{v^2}{2c^2} \right). \quad (10.7)$$

Таким образом, взаимодействие этой частоты с частотой неподвижного электрона ω_0 создает низкочастотные биения

$$\omega_H = \omega - \omega_0 = \omega_0 \frac{v^2}{2c^2} = \frac{m_e v^2}{\hbar}, \quad \left(\omega_0 = \frac{2m_e c^2}{\hbar} \right). \quad (10.8)$$

Именно этим процессом взаимодействия электронов друг с другом определяется длина волны де Бройля (разностью частот взаимодействующих электронов), а не характеристиками самого движущегося электрона (10.4) вне взаимодействия с другими электронами

$$\lambda = \frac{v}{f_H} = \frac{v}{\omega_H / 2\pi} = \frac{h}{m_e v} = \frac{h}{p}. \quad (10.9)$$

В реальных условиях движущийся электрон взаимодействует не с одним, а сразу со многими электронами. Поэтому он участвует в очень сложной системе взаимной перекачки энергии между всеми взаимодействующими частицами.

Например, при движении электрона относительно дифракционных решеток или кристаллов возникают направления, в

которых фазы взаимодействия совпадают одновременно для большого количества электронов.

Именно в эти электроны в какой-то момент оказывается перекачанной (частично или полностью) энергия движущегося электрона. Можно сказать, что эти электроны переходят в возбужденное (внутреннее!) состояние.

Однако любой солитон, как мы знаем, стремится к равновесной собственной энергии, и поэтому возбужденные электроны, в свою очередь, освобождаются от избыточной энергии, становясь своеобразными ретрансляторами.

Что же будет дальше? Так как электроны-ретрансляторы расположены упорядоченно (например, в кристалле), то переизлучаемая ими энергия найдет своего «потребителя» в одном из интерференционных максимумов!

Из-за постоянно происходящего обмена энергией с другими электронами само понятие движения электрона становится условным, так как он «перекачивается» из одного места в другое, и «помогают» ему в этом окружающие электроны.

Этот процесс в квантовой механике описывается на языке амплитуд вероятностей и наглядно рассмотрен, например, в работе Р. Фейнмана [17].

В основе интерференционных процессов на самом деле, как мы видим, лежит взаимная перекачка энергии между всеми электронами. Кроме того, каждая точка пространства потенциально может быть резонатором, то есть, в ней может образоваться электромагнитный солитон в зависимости от складывающихся условий. В таком случае движущийся электрон полностью отдает свою энергию электронам-ретрансляторам и перекачивается в совершенно другое место.

Квантовая теория, описывая движение электрона, утверждает, что электрон, находящийся в какой-то точке, в следующий момент времени может оказаться с определенной вероятностью в любой точке пространства. Теперь мы знаем, каким образом происходит телепортация электрона!

Рассмотрим подробнее количественную сторону этих процессов и их связь с квантово-механической волновой функцией электрона.

Амплитуда внешней стоячей продольной электромагнитной волны солитона, как было показано в разд. 4, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от центра солитона (4.3):

$$B_\theta \approx \frac{D_3 r_0^2}{\varepsilon c r^2} \sin(\omega_0 t + \gamma) \sin\left(\frac{r}{r_0} - 1\right). \quad (10.10)$$

Кроме того, внешнее поле непосредственно у границы динамической области (D_3) в 2α раз меньше величины внутреннего поля солитона (6.19).

Если учесть зависимость от расстояния (10.10) и коэффициент 2α , которые были сокращены при выводе выражения, описывающего принцип взаимности во взаимодействии между солитонами (5.12)

$$U_b I_a = U_a I_b,$$

то количество энергии, передаваемой от одного солитона к другому в единицу времени, будет выражаться следующей формулой (для случая одинаковых солитонов):

$$\frac{\partial W}{\partial t} = U_a \cdot 2\alpha \frac{r_0^2}{r^2} I_b = 2\alpha \frac{r_0^2}{r^2} I_a \cdot U_a. \quad (10.11)$$

Так как произведение тока на напряжение в правой части (10.11) это мощность, передаваемая по динамической области солитона, то при интегрировании за один период (время полного оборота одиночной волны солитона) мы получим энергию поля, заключенного в динамической области. Но так как практически вся энергия солитона сосредоточена именно в динамической области, то получающаяся величина приблизительно соответствует массе частицы.

Следовательно, значение энергии, которая передается между двумя одинаковыми солитонами (электронами) за один период, и соответствующий коэффициент передачи равны:

$$W_1 = K m c^2, \quad K = 2\alpha \frac{r_e^2}{r^2}. \quad (10.12)$$

Волна солитона занимает только одну полуволну. Поэтому условная усредненная амплитуда передачи массы одного электрона другому за период составит величину:

$$\frac{\Delta m_e}{m_e} = \frac{W_1 / 2}{m_e c^2} = \alpha \frac{r_e^2}{r^2}. \quad (10.13)$$

Теперь вспомним, каким образом квантовая механика описывает движение частицы с импульсом p . Амплитуда перехода из точки пространства r_1 в точку r_2 записывается как [2]

$$\langle r_2 | r_1 \rangle \sim \sqrt{\alpha} \frac{e^{ip \cdot r_{12} / \hbar}}{r_{12}} = \sqrt{\alpha} \frac{e^{i2\pi (r_{12} / \lambda)}}{r_{12}}. \quad (10.14)$$

Квадрат этой амплитуды (квадрат волновой функции) определяет вероятность того, что частица, находившаяся в точке r_1 , будет обнаружена в точке пространства r_2 .

Если в (10.13), учесть фазовый множитель (который, как мы только что установили, также как в (10.14), определяется длиной волны де Бройля), то можно заключить, что квадрат квантово-механической волновой функции электрона описывает процесс его “перекачки” в окружающие частицы.

Именно в этом заключается смысл волновой функции!

Определим условия, при которых движущийся электрон может полностью, а не частично, передать свою энергию окружающим электронам (случай телепортации).

Очевидно, что это зависит от соотношения коэффициента передачи (10.12) и частоты волны де Бройля. Действительно, в течение одной половины периода волны передача энергии происходит в одном направлении, а в течение другой половины — в противоположном направлении. Поэтому нам необходимо умножить коэффициент передачи K (за один период) на количество периодов солитона, укладывающихся в полупериоде волны де Бройля, а результат приравнять единице.

С учетом (10.8) это условие принимает следующий вид:

$$2\alpha \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{\pi / \omega_H}{2\pi / \omega} \approx 2\alpha \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{\omega_0}{2\omega_H} = 2\alpha \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{c^2}{v^2} \geq 1. \quad (10.15)$$

Или, что то же самое

$$\frac{r_e c}{r v} \geq 10. \quad (10.16)$$

Если расстояние до электрона, с которым взаимодействует движущийся электрон, составляет величину порядка размера атома, то скорость движения электрона должна быть, по крайней мере, в 1000 раз меньше скорости света.

Эта условная оценка проведена для случая двух взаимодействующих электронов. Однако в действительности движущийся электрон взаимодействует одновременно с огромным количеством электронов. Поэтому случаи телепортации даже относительно быстрых электронов следует рассматривать как вполне ординарные события.

Но мы не ответили на принципиально важный вопрос: каким образом электрон “выбирает”, в каком из множества интерференционных максимумов он должен “материализоваться” в результате телепортации?

Дело в том, что материализация электрона может начаться даже в нескольких интерференционных максимумах одновременно. Решающим обстоятельством в этих условиях является стремление любого солитона к равновесной энергии. Поэтому в процессе конкуренции, в любом случае, может победить только один из нарождающихся солитонов, а конкретное место материализации определяется огромным количеством постоянно изменяющихся во времени внешних факторов и многоступенчатым процессом переизлучения энергии.

Взаимодействие фотона с электронами происходит аналогичным образом, так как продольные волны электронов пронизывают все пространство, обеспечивая передачу энергии от фотона к электронам и ее дальнейшую ретрансляцию. Поэтому и квантово-механические закономерности для фотона оказываются во многом похожими.

РАЗДЕЛ 11

Невероятное? — Очевидное!

Исследование закономерностей микромира с использованием солитонного представления об элементарных частицах, проведенное в предыдущих разделах, несомненно, сделало более понятными принципиальные основы природы.

Естественно, было бы преувеличением называть новой теорией те наброски концепции микромира, которые нам удалось сделать. Тем не менее, наглядные физические представления концепции обеспечивают новые подходы для развития теории и для более целенаправленного поиска решений актуальных практических задач современной физики.

Поэтому нам будет особенно интересно рассмотреть с этих новых позиций хотя бы некоторые проблемы, волнующие как специалистов, так и широкий круг читателей.

“Холодный термояд” уже многие годы не дает покоя исследователям, так как успешное решение этой задачи дало бы практически неисчерпаемый источник энергии, столь необходимый человечеству ввиду обострения энергетических и экологических проблем.

Термоядерные реакции синтеза по определению могут происходить только при колоссальных температурах, дающих

возможность преодолеть кулоновские силы отталкивания взаимодействующих ядер. Многие десятилетия решение проблемы ищут путем создания высокотемпературной плазмы в огромных установках типа “Токамак”. Поэтому получение реакции синтеза в обычных условиях подавляющим большинством ученых не воспринимается всерьез.

Эта уверенность скептиков в какой-то мере была поколеблена после получения неожиданных результатов по высокотемпературной сверхпроводимости, побудивших физиков быть осторожнее с прогнозами.

Кратко перечислим некоторые сообщения о попытках получения реакций “холодного термояда”.

Специалисты университета Юта, Стэнли Понс и Мартин Флейшман, пытались осуществить реакцию ядерного синтеза в процессе электролиза. В тяжелую воду помещали электроды, изготовленные из палладия, который, как известно, хорошо растворяет в себе водород и дейтерий. При прохождении электрического тока ионы дейтерия бомбардируют поверхность электрода и проникают внутрь палладия. Количество растворенного в палладии дейтерия оказывается настолько большим, что оно эквивалентно колоссальному давлению соответствующей газовой среды. Стэнли и Флейшман утверждали, что ими получена реакция синтеза с образованием трития, изотопа гелия и выделением избыточного тепла. Однако проведенные другими учеными контрольные эксперименты ничего подобного не зафиксировали.

Похожие эксперименты с электролитическими элементами были проведены в университете штата Иллинойс. В электролит помещали мелкие пластмассовые бусинки, покрытые тонким слоем никеля, который, также как и палладий, может поглощать в огромном количестве легкие и тяжелые изотопы водорода. Экспериментаторы утверждают, что такое устройство выделяет избыточное тепло — 5 Вт на 1,5 Вт затрат. Подтверждений со стороны официальной науки пока нет.

В НПО “Луч” (г. Подольск) проводились эксперименты по холодной наработке трития при бомбардировке металлов ионами дейтерия в тлеющем электрическом разряде. Сообща-

лось о получении положительного результата. Но каких-либо подтверждений от других исследователей не последовало.

Каким образом можно прокомментировать подобного рода сообщения, граничащие со слухами, или напоминающие легковесные газетные сенсации?

Критики идеи “холодного термояда”, как правило, выдвигают в качестве главного аргумента невозможность (в предлагаемых условиях) преодоления потенциального барьера электростатического отталкивания ядер для осуществления реакции синтеза. То есть, принимается во внимание только упомянутый механизм преодоления потенциального барьера, что называется “в лоб”. В этом случае кинетическая энергия соударяющихся частиц должна превосходить величину барьера кулоновских сил отталкивания.

Но существует и другой механизм! В предыдущем разделе было показано, что при взаимодействии с упорядоченными структурами возможна телепортация частиц (Рис. 19). Для осуществления этого процесса как раз не нужны большие скорости (впрочем, как и слишком малые). Подбором параметров

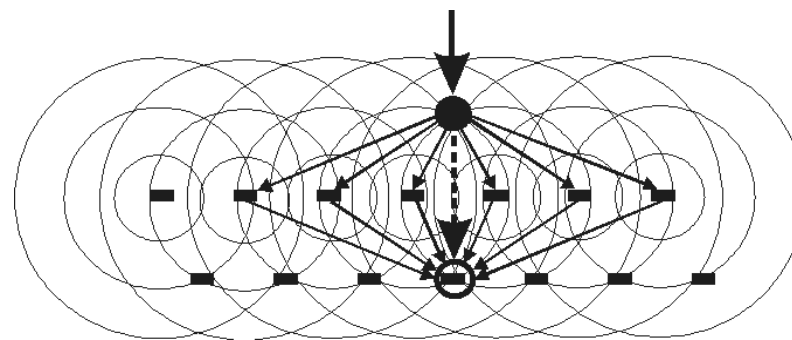


Рис. 19. Телепортация частицы в интерференционный максимум. Энергия бомбардирующей частицы перекачивается в периодическую структуру (кристалла), а затем переизлучается, образуя интерференционные максимумы. Если максимум, в котором происходит материализация, находится вблизи “нужной” частицы, то произойдет реакция синтеза.

периодической структуры и скорости частицы можно телепортировать ее в интерференционный максимум рядом с нужной частицей, минуя таким образом потенциальный барьер. Возможность реакции синтеза в этом случае будет определяться соотношением конечной и исходной энергий системы.

Следует отметить, что реальные расчеты условий, при которых интерференционные максимумы будут находиться в нужных местах, безусловно, потребуют создания специальных компьютерных программ. Дело в том, что количество факторов, которые необходимо будет учитывать, достаточно велико и зависит от типа кристаллической решетки бомбардируемых материалов, величины и направления скорости частиц, фазовых соотношений и т. д. Кроме того, при движении частицы происходит изменение расстояний, а, следовательно, и изменение величины коэффициента передачи за один период (10.12).

Необходимо также иметь ввиду, что формула для расчета длины волны де Бройля (10.9) справедлива только для простых солитонов. Для протонов и нейтронов, в частности, длина волны де Бройля будет определяться эффективной массой кварка нуклона (ГЧВ)

$$\lambda = \frac{h}{m_{кв} v} = \frac{3h}{1,06m_n v}. \quad (11.1)$$

Скорость и направление движения самой частицы в процессе взаимодействия также будут меняться, так как передача энергии всегда сопряжена с изменением импульса.

Следует отметить, что такой механизм изменения траектории частиц (вплоть до отражения) не имеет ничего общего, например, с воздействием внутрикристаллических электрических полей. Кстати говоря, механизм изменения траектории в результате обмена энергией находит свое подтверждение в известных интерференционных явлениях, наблюдаемых при прохождении фотонов через малые отверстия в экране, так как изменение направления распространения фотонов, в конечном итоге, происходит за счет обратного по направлению импульса, получаемого экраном с отверстиями.

Из-за всех этих сложностей более эффективным на практи-

ке может оказаться некоторый промежуточный вариант — приближенный расчет с последующей корректировкой условий осуществления реакции по результатам экспериментов.

Таким образом, исходя из рассмотренного механизма преодоления потенциального барьера путем телепортации, можно сделать вывод о принципиальной возможности осуществления реакций “холодного термояда”. Однако сложности практического осуществления такого процесса тоже очевидны. Поэтому достижение стабильных и высоких показателей этих реакций потребует больших усилий и изобретательности.

Вполне возможно, что подобный механизм ядерных реакций имел место при электрических взрывах фольг из особо чистых материалов в воде, сопровождаемых трансформацией химических элементов [18] (Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., Циноев В.Г.), а также в экспериментах по получению реакций синтеза трития при акустической кавитации в “тяжелом ацетоне” (Роберт Нигматулин, Рузи Талейархан и Ричард Лейхи).

Обратимся теперь к **сверхтекучести и сверхпроводимости**. Это, несомненно, самые интересные родственные друг другу квантовые явления. Можно сказать, что сверхпроводимость — это сверхтекучесть электронов.

Кратко напомним историю исследований в этой области.

Еще в 1908 г. голландец Хейке Каммерлинг-Оннес впервые получил жидкий гелий (^4He). Образование жидкой фазы произошло при сверхнизкой температуре 4,2К.

Но удивительные свойства гелия проявляются при дальнейшем охлаждении. В 1938 г. Петр Капица обнаружил, что при температуре ниже так называемой лямбда-точки (2,17К) происходит фазовый переход: обычный жидкий гелий $^4\text{He-I}$ начинает превращаться в сверхтекучий гелий $^4\text{He-II}$. При дальнейшем уменьшении температуры доля сверхтекучей фазы увеличивается вплоть до 100% при абсолютном нуле.

Свойства сверхтекучего гелия поражают воображение. Он способен проникать без трения сквозь тончайшие капилляры и щели. Оставленный в сосуде сверхтекучий гелий в виде тончайшей пленки поднимается по его стенкам и, таким образом,

сам покидает сосуд. С другой стороны, если пустой сосуд частично погрузить в сверхтекучий гелий, то он довольно быстро таким же образом заполняется жидким гелием до уровня жидкости снаружи. Кроме того, даже мощный поток сверхтекучего гелия не оказывает никакого давления и не может перевернуть даже монету, поставленную на ребро.

Но это лишь некоторые внешние проявления удивительных свойств сверхтекучей жидкости, перечень которых можно было бы продолжить. Не менее загадочные изменения происходят с теплоемкостью и теплопроводностью жидкого гелия. Множество интересных эффектов связано с одновременным сосуществованием в объеме жидкости как обычной, так и сверхтекучей фаз, а также с невозможностью их разделения.

Что касается более легкого изотопа гелия ^3He , в миллион раз менее распространенного в природе, чем основной изотоп, то с ним все было намного сложнее. Его температура кипения еще на 1К меньше, а сверхтекучая фаза была получена только в 1972 г. группой ученых из Корнельского университета. Этого удалось добиться только при температуре ниже 0,00265К и давлении около 35 атмосфер!

Сверхпроводимость, как уже упоминалось, обусловлена сверхтекучестью электронной жидкости. При уменьшении температуры ниже некоторого критического значения T_c у ряда металлов и сплавов происходит переход в сверхпроводящее состояние, характеризующийся резким падением удельного сопротивления. Температуры перехода колеблются в широких пределах, например, 0,155К (BiPt) и 23,2К (Nb_3Ge).

При фиксированной температуре сверхпроводимость разрушается магнитным полем, в том числе, возникающим при пропускании большого электрического тока. Поэтому для получения сильных магнитных полей применяются особые сверхпроводники II рода — некоторые сплавы и тонкие пленки. В отличие от обычных, которые выталкивают магнитное поле (явление Мейснера), в этих сверхпроводниках магнитное поле проникает в вещество в виде нитей, пронизывающих образец, за счет чего сверхпроводимость не разрушается.

Следует упомянуть также и изотопический эффект, заклю-

чающийся в том, что температуры T_c обратно пропорциональны квадратным корням из атомных масс изотопов одного и того же сверхпроводящего металла.

На пути практического применения сверхпроводимости длительное время существовала непреодолимая преграда — крайне низкая температура перехода, то есть, критическая температура (T_c). За 75 лет, прошедших со времени открытия первого сверхпроводника в 1911 г., эту температуру удалось поднять лишь до 23,2 К (на интерметаллиде Nb_3Ge).

Наряду с чисто техническими трудностями, исследования сдерживались тем, что общепризнанные теории сверхпроводимости (БКШ — модель Бардина, Купера и Шриффера) порождали неверие в возможность преодоления достигнутого температурного предела, то есть, в возможность получения **высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП)**.

И, вдруг, произошло непредвиденное!

В 1986г. Беднорц и Мюллер обнаружили способность керамики на основе оксидов меди, лантана и бария переходить в сверхпроводящее состояние при 30К.

Важнейшей чертой этого открытия было то, что сверхпроводимость проявилась у оксидной керамики, обычно имеющей диэлектрические или полупроводниковые свойства. Это разрушило психологические барьеры. В течении короткого времени были созданы совершенные металлоксидные сверхпроводники в США, Японии, Китае и России.

Разработка ртутьсодержащих фаз дала возможность поднять критическую температуру до 135К, причем при внешнем давлении 350 тысяч атмосфер температура перехода возрастает до 164К. Какой впечатляющий результат — от металлической ртути (4.2 К) к ртутьсодержащим ВТСП (164 К)!

Теории сверхтекучести и сверхпроводимости с самого начала основывались на формализме квантовой механики. Но квантовая теория, как известно, не поддается объяснению с точки зрения “здорового смысла”, а соответственно и разработанные на ее основе теории сверхтекучести и сверхпроводимости, мягко говоря, не отличаются наглядностью.

Если говорить коротко, то сверхтекучесть объясняется свойством частиц с целочисленным спином (бозоны) при низких температурах накапливаться в одном и том же квантовом состоянии с минимально возможной энергией (статистика Бозе-Эйнштейна). Такие частицы (бозе-конденсат) будут иметь общую волновую функцию, а, следовательно, и двигаться будут как единое целое, то есть, приобретут свойство сверхтекучей жидкости. Не правда ли, логично?

Изотоп гелия ^3He , в отличие от ^4He , является фермионом (частицей с полуцелым спином) и подчиняется принципу Паули (статистика Ферми-Дирака), что исключает нахождение этих частиц в одном и том же квантовом состоянии. Поэтому сверхтекучесть ^3He объясняется способностью фермионов объединяться в пары. Спаренные фермионы приобретают целочисленные значения спина и обязаны подчиняться статистике Бозе-Эйнштейна, приобретая, таким образом, способность к сверхтекучести. И это тоже выглядит логично!

Точно также объясняется сверхпроводимость — сверхтекучесть электронов, являющихся фермионами. При очень низких температурах электроны объединяются в так называемые куперовские пары со слабой связью. Впрочем, электроны, образующие пары, находятся друг от друга на расстояниях, во много раз превышающих период кристаллической решетки.

Но как могут образовываться такие пары электронов?

Квантовая теория объясняет этот процесс электрон-фононным взаимодействием. Схематично это выглядит следующим образом. Электрон, движущийся в кристалле, переводит кристаллическую решетку в возбужденное состояние. При переходе решетки в основное состояние излучается квант энергии звуковой частоты (фонон), который поглощается другим электроном. За счет такого обмена фононами электроны притягиваются друг к другу, причем это взаимодействие наиболее эффективно, если импульсы электронов антипараллельны.

Завершая этот краткий обзор, можно констатировать, что формальная логика квантовой теории, несомненно, дала возможность во многом разобраться. Но даже теперь, по прошествии многих десятилетий со времени открытия явлений

сверхтекучести и сверхпроводимости, невозможно отделаться от ощущения какой-то отвлеченности и иносказательности их теоретического описания. Это ощущение неудовлетворенности в последнее время приобретает еще большую остроту, так как высокотемпературная сверхпроводимость не укладывается в рамки сложившихся теоретических представлений.

Дело в том, что упоминавшийся механизм перехода в сверхпроводящее состояние основан на межэлектронном взаимодействии посредством кристаллической решетки, то есть, за счет обмена фононами, но, как показывают оценки, для такого механизма сверхпроводимости максимальная величина критической температуры не может превышать 40К.

Таким образом, для ВТСП необходимо искать другой механизм корреляции электронов. Академик В.Л.Гинзбург отмечает, что до сих пор непонятен механизм сверхпроводимости ВТСП. Не исключено, что он является фононным. Обсуждаются также спиновый, экситонный и другие электронные механизмы. Ни одна из предложенных моделей не лишена недостатков и не позволяет объяснить всю совокупность экспериментальных фактов. По-видимому, при описании ВТСП нельзя ограничиваться каким-либо одним типом взаимодействия.

А теперь посмотрим, как преобразуется **механизм сверхтекучести и сверхпроводимости на основе солитонного представления об элементарных частицах.**

Может быть это прозвучит парадоксально, но в сверхтекучем и сверхпроводящем состояниях атомы и электроны должны быть неподвижными! Но это действительно так, и сейчас мы разберемся, как это происходит.

Механизм явления заключается в том, что внешнее продольное электромагнитное поле солитонов (которые составляют, как мы видели, все вещество), при низких температурах может упорядочивать (коррелировать) пространственное расположение атомов и электронов. Именно при низких температурах интенсивность продольных волн оказывается достаточной, чтобы “захватить и расположить” атомы и (или) электроны в максимумах этих колебаний.

Критические температуры перехода в сверхтекучее и сверхпроводящее состояния, как правило, очень низкие по той простой причине, что внешние продольные волны солитонов в сравнении с внутренними полями очень малы (порядка постоянной тонкой структуры, см. разд. 3).

Влияние амплитуды тепловых колебаний атомов на возможность установления пространственной корреляции и образования сверхпроводящего состояния находит прямое отражение в уже упоминавшемся изотопическом эффекте. В самом деле, амплитуда колебаний (препятствующая пространственной корреляции) обратно пропорциональна корню квадратному из величины массы любого колеблющегося маятника при одной и той же энергии колебаний.

Что происходит в момент установления пространственной корреляции? В этот момент поле продольных электромагнитных волн становится общим для всех скоррелированных частиц, формируя совершенно особый и очень эффективный канал передачи энергии (а, следовательно, и массы!).

Таким образом, сверхпроводимость и сверхтекучесть — это телепортация простых (электронов) или сложных (атомов) частиц полем продольных волн. Кстати говоря, именно квантовая механика самым фактом описания движущихся микрочастиц вещества с помощью волновой функции (амплитуд вероятности) впервые указала на такую возможность, правда, не раскрыв самого механизма телепортации.

Установление общего резонанса поля продольных волн с одновременной пространственной корреляцией частиц (процесс бозе-конденсации) сопровождается совершенно закономерными эффектами:

1. Чем больше частиц “подключается” к общему полю, тем устойчивее и сильнее оно становится, что, в свою очередь, увеличивает количество коррелируемых полем частиц. То есть, бозе-конденсация сама себя усиливает. Это свойство проявляется, в том числе, у фотонов в процессе вынужденного излучения, лежащего в основе работы лазеров. При этом образуется совершенно когерентное излучение — своеобразный бозе-конденсат фотонов.

2. Сверхтекучая фаза, включающая в себя общее поле продольных волн и взаимодействующие с ним скоррелированные частицы, очевидно, имеет соответствующую внутреннюю энергию (хотя и небольшую, энергию связи).

3. Так как в сверхтекучей фазе действует совершенно особый эффективный канал передачи энергии, а сами частицы неподвижны, то теплоемкость этой фазы практически равна нулю при огромной величине теплопроводности.

4. В то время как в обычной фазе передача энергии и импульса осуществляется посредством перемещения частиц и сопровождается возникновением волновых свойств в виде волн де Бройля, в сверхтекучей фазе эти функции переходят к общей продольной волне. Следовательно, пространственные и временные изменения этого общего поля (то есть, его волновые свойства) должны как бы имитировать движение частиц. Кстати говоря, именно поэтому при квантово-механическом описании сверхтекучести возникает **ошибочное представление о движении сверхтекучей жидкости**. (Волновую функцию, как мы уже отмечали, можно сопоставить с продольными волнами, а пространственное ее изменение — с импульсом, наличие которого в данном случае нельзя отождествлять с движением частиц).

5. Большая эффективность канала телепортации через продольные волны проявляется в невероятной (с точки зрения известных механизмов) проникающей способности сверхтекучей жидкости через малейшие щели и поры (порядка атомных размеров). По этой же причине возникновение в каком-либо месте энергетически благоприятных условий (например, подогрев) приводит к моментальной материализации частиц в этом месте с одновременным возникновением обратной волны тепловой энергии за счет большой теплопроводности сверхпроводящей фазы. Именно этот механизм лежит в основе так называемого эффекта фонтанирования жидкого гелия.

Продолжать этот перечень можно было бы и дальше, так как различных “странностей” в поведении сверхтекучей жидкости очень много. Однако все они находят наглядное объяснение в рамках рассмотренной модели.

Самым интересным и неожиданным подтверждением этой модели может оказаться появившееся недавно сообщение о возможном обнаружении сверхтекучего состояния твердого гелия ^4He [19]. Для эксперимента было использовано пористое стекло в виде диска с хаотической сеткой нанопор, которые под давлением заполнялись гелием. Было обнаружено, что период крутильных колебаний диска резко изменялся при достижении критической температуры 0,175K. Уменьшение момента инерции диска свидетельствует о переходе твердого гелия в сверхтекучее состояние.

Если этот эффект подтвердится, то он действительно будет свидетельствовать об установлении в образце общей продольной волны, обеспечивающей сверхтекучесть. Необходимое условие механизма заключается в том, чтобы поры соединялись между собой и обеспечивали замкнутый путь циркуляции продольного поля. Другая возможность — это наличие пустот в порах для обеспечения телепортации гелия.

Отметим, что частицы, принадлежащие сверхтекучей и обычной фазам, могут переходить из одной фазы в другую, а общая картина двухжидкостного поведения является статистической. Поэтому эти две фазы невозможно разделить — они статистически находятся одна в другой.

Большой интерес вызывает вопрос о том, как образуются и что собой представляют **пары фермионов (для электронов — это куперовские пары)**, дающие возможность частицам с полужелым спином “обойти” принцип Паули и участвовать в явлениях сверхтекучести и сверхпроводимости.

В отличие от бозонов, фермионы всегда имеют магнитный момент и отличаются существенной асимметрией строения. Кроме того, близкое расположение двух одинаковых фермионов с одинаковым направлением спина приводит к увеличению взаимной энергии (к отталкиванию) из-за наложения друг на друга внешних переменных полей.

Эти факторы, очевидно, являются серьезной помехой для перехода фермионов в сверхтекучее и сверхпроводящее состояния, так как их пространственная корреляция коллектив-

ным полем продольной волны достигается труднее, тем более, что энергия продольных волн, как мы видели, не велика.

Тем не менее, сверхтекучесть гелия ^3He экспериментально получена, а электронная сверхпроводимость достигается даже при относительно высоких температурах. Более того, появились публикации, свидетельствующие о возможности получения сверхтекучего состояния вырожденного ферми-газа [20].

На рис. 20 схематично изображена пространственная корреляция электронов полем общей продольной волны при образовании сверхпроводящего состояния. Электроны “захватываются” общим полем стоячей продольной волны и располагаются в максимумах поля. Один пространственный период L поля включает в себя два электрона с антипараллельными спинами. Это и есть так называемая куперовская пара электронов.

Такой вывод подтверждается величиной расстояния между электронами пары, определяемой по известной формуле [12]

$$\delta = \frac{hu_F}{kT_c} \sim \frac{h}{p} = \lambda, \quad (11.2)$$

то есть, через скорость электрона на уровне Ферми u_F и тепловую энергию при температуре перехода. Дело в том, что эта величина имеет порядок длины волны де Бройля электрона, а в сверхпроводящем состоянии (когда электроны неподвижны) она характеризует длину волны общего продольного

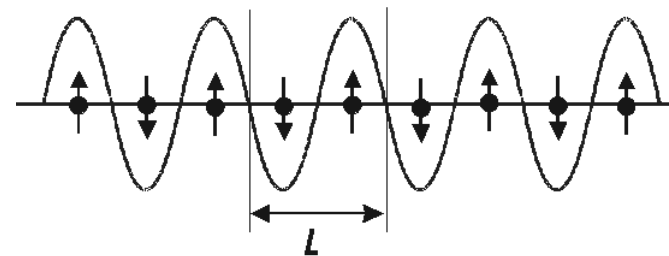


Рис. 20. Пространственная корреляция электронов полем общей продольной волны

Электроны “захватываются” общим полем стоячей продольной волны и располагаются в максимумах поля. Один пространственный период L поля включает в себя два электрона с антипараллельными спинами.

поля. Точно таким же образом образуются пары и других фермионов (при установлении состояния сверхтекучести).

С учетом всего сказанного, “течение” сверхтекучей жидкости, действительно, происходит без обычного движения жидкости и осуществляется посредством эффективного канала передачи энергии продольными волнами (телепортацией).

Более того, мы можем теперь сформулировать общее правило: **там где существуют общие упорядоченные продольные электромагнитные волны, объединяющие коллектив частиц (солитонов), там имеет место сверхтекучесть.**

Изложенные принципы сверхтекучести (сверхпроводимости) дают возможность подойти с совершенно новых позиций к анализу ряда проблемных вопросов строения вещества.

Начнем с еще одного “парадокса”.

Атомы являются типичными системами с внутренней сверхтекучестью (сверхпроводимостью).

Действительно, в любом атоме существуют общие стоячие продольные волны, сопоставляемые нами с квантовомеханическими волновыми функциями. Поэтому **электроны в составе атома должны быть пространственно скоррелированными, то есть, должны быть неподвижными** и занимать наиболее энергетически выгодные места в резонансных пучностях стоячих продольных волн (волновых функций).

Но каким образом электроны могут “зависнуть” над ядром атома, учитывая, что между ними действует сильное кулоновское притяжение? Ответ на этот вопрос заключается в природе взаимных связей между нейтроном, протоном и электроном, которые были рассмотрены в разд. 9.

Речь идет о постоянном обмене энергией между нуклонами и электронами (то есть, о постоянно действующей слабой связи). Именно в результате такого обмена энергией возникает эффект отталкивания (вспомним пример с двумя лодками).

Но не будем голословными и оценим интенсивность обмена энергией между электроном и ядром, при которой будет скомпенсирована сила электростатического притяжения.

Рассмотрим атом водорода, в котором электрон находится

на расстоянии одного боровского радиуса от ядра — протона. Любая передача энергии, как известно, сопряжена с передачей соответствующего импульса

$$p = W / c. \quad (11.3)$$

Сила кулоновского притяжения электрона к ядру должна уравниваться силой, возникающей в результате обмена энергией — импульсом, получаемым в единицу времени

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon r_B^2} = \frac{dp}{dt} = \frac{1}{c} \frac{dW}{dt} = c \frac{dm}{dt}. \quad (11.4)$$

Здесь обмен энергией выражен через обмен массой.

Учитывая, что

$$r_B = \frac{\lambda_k}{\alpha}, \quad \lambda_k = \frac{\hbar}{m_e c}, \quad \alpha = \frac{e^2}{2\hbar c \epsilon}, \quad (11.5)$$

и исходя из (11.4), получим необходимую величину обмена массой за единицу времени

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\alpha^3 m_e^2 c^2}{\hbar}. \quad (11.6)$$

Соответствующая величина за один период (время оборота одиночной волны) электрона будет равна

$$(\delta m)_T = T \frac{dm}{dt} = \frac{2\pi r_e}{c} \frac{dm}{dt} = \pi \alpha^3 m_e. \quad (11.7)$$

В долях массы электрона обмен за период составит

$$\frac{(\delta m)_T}{m_e} = \pi \alpha^3 \approx 1,22 \cdot 10^{-6}. \quad (11.8)$$

Учитывая эту интенсивность взаимодействия и зная частоту электрона f_e , оценим, за какой промежуток времени количество массы, которой обмениваются электрон и ядро, будет равно массе одного электрона

$$\tau \cdot f_e \cdot \frac{(\delta m)_T}{m_e} = 1, \tau \approx 0,3 \cdot 10^{-14} \text{ сек}, (f_e \approx 2,47 \cdot 10^{20} \text{ Гц}). \quad (11.9)$$

Полученная интенсивность взаимодействия соответствует характерному времени реакций для частиц, испытывающих слабое взаимодействие (с образованием электрона).

Таким образом, мы приходим к выводу: **слабое взаимодействие нуклонов с электронами является тем механизмом, который действительно в состоянии обеспечить “зависание” электронов над ядрами атомов.**

Рассмотренная модель атома с неподвижными электронами дает возможность прояснить многие, казалось бы, неразрешимые вопросы.

В частности, при квантово-механическом описании атома водорода [21,22] волновая функция электрона в основном состоянии (с минимальной энергией), как известно, получается в виде экспоненциальной зависимости от радиуса. То есть, электрон не имеет орбитального момента, а встретить его вероятнее всего в центре атома около протона, хотя на самом деле характерное расстояние, на котором он обнаруживается, составляет около одного боровского радиуса. В данном случае волновая функция, сопоставляемая с продольными волнами, не учитывает эффект “зависания” электрона в результате слабого взаимодействия с ядром, что и приводит, в конечном итоге, к совершенно абсурдному результату.

Еще одно несоответствие. Трактровка волновой функции электрона, как амплитуды вероятности его нахождения в любом месте пространства, неизбежно приводит к выводу о том, что спектр излучения атома должен быть чрезвычайно размытым, хотя в действительности спектр атома является дискретным линейчатым. Этого противоречия нет в модели атома с неподвижными электронами, занимающими равновесные положения в пучностях продольных волн (волновых функций).

Кстати говоря, в этом смысле химики были правы, когда начали изображать молекулу водорода в виде очень наглядной и, как оказывается, правильной по сути записи **H:H** с двумя электронами связи между атомами.

В связи с этим, следует упомянуть модели электронных оболочек атомов, разрабатываемых Александром Юрьевичем Кушелевым. Успех этих моделей, например, в виде многогран-

ников из скрепленных друг с другом одинаковых колец, как теперь представляется, связан с тем, что зависающие вокруг ядра электроны в действительности занимают равновесные места, совпадающие с углами соответствующих многогранников. Это дает возможность моделировать не только атомы, но и “конструировать” сложнейшие молекулы (и даже ДНК), предугадывая их свойства и пространственные конфигурации. (Модели А. Ю. Кушелева неоднократно экспонировались и были отмечены медалью ВДНХ).

Внутриатомная сверхтекучесть при обычных температурах объясняется жесткостью строения атомов. Можно сказать, что **на уровне потенциальных минимумов, в которых находятся внутриатомные электроны, их тепловые колебания оказываются малозаметными. Такое “охлаждение” и является причиной высокотемпературной сверхтекучести (сверхпроводимости) внутри атома.**

Каким образом можно распространить эти уникальные свойства за пределы атома?

Естественно, речь должна идти о прочных молекулах и соединениях. С этой точки зрения совершенно закономерно то, что высокотемпературная сверхпроводимость была обнаружена у оксидной керамики (материала жесткого и хрупкого), имеющей в обычных условиях диэлектрические или полупроводниковые свойства. Разумеется, большое значение имеют и особенности структуры этих материалов.

Закономерен также тот интерес, который проявляется к нанотехнологиям, то есть, к структурам, размеры которых измеряются десятками, сотнями или тысячами атомов [23-25]. Например, элементарный углерод способен образовывать сложные вогнутые поверхности, состоящие из пяти, шести, семи и восьмиугольников, в результате чего могут формироваться любые замкнутые поверхностные структуры, которые только можно представить, с массами, кратными 20 весам атома углерода (самый низший фуллерен C₂₀, правильный додекаэдр, состоящий из 12 пятиугольников) и вплоть до десятков и сотен тысяч углеродных единиц.

Начиная с восьмидесятых годов прошлого столетия были

открыты бесчисленные формы элементарного углерода: фуллерены и нанотрубки, гигантские фуллерены и луковичные структуры, тороидальные и спиральные формы углерода.

Эти структуры обладают особыми свойствами, так как они фактически являются огромными молекулами. Продольные волны в них не “распыляются”, а достижение пространственной корреляции (захват частиц продольным полем) статистически происходит быстрее из-за ограниченности числа частиц и их естественной структурной упорядоченности.

Присутствие общего продольного поля внутри этих огромных молекул проявляется, в частности, в особенностях их электропроводности и теплопроводности. Нанотрубки даже длиной около четырех миллиметров обладают очень высокой электропроводностью, превосходящей электропроводность меди. По данному показателю нанотрубки (с учетом их длины) являются абсолютными рекорсменами. Отмечается также и необычно высокая теплопроводность этих структур.

Не правда ли, все это напоминает рассмотренное ранее сверхтекучее состояние вещества, в котором устанавливается общее продольное поле, коррелированное с частицами, а частицы становятся неподвижными, передавая продольному полю функции теплопроводности и телепортации!

Заметим, что процесс пространственной корреляции поля продольных волн со структурой нанотрубки нарушается в местах изгибов трубки, а в скрученных структурах (трубки с хиральностью) процесс корреляции также изменяется, в связи с чем такие трубки приобретают различные электрические свойства (от металлической проводимости до свойств полупроводников с разной шириной запрещенной зоны).

Большая интенсивность общих продольных волн в нанотрубках проявляется в притяжении сторонних атомов и молекул. Более того, можно наблюдать заметный эффект “фокусировки” продольных волн вдоль оси трубок. Эффект проявляется не только в виде мощных капиллярных сил, но и в притяжении отдельных атомов и молекул, находящихся на относительно больших расстояниях от открытых торцов нанотрубок!

Столь мощный эффект вряд ли можно объяснить только

дисперсионными силами притяжения Ван дер Ваальса. Нанотрубка с открытыми концами как физический объект характеризуется новыми физическими свойствами. В свою очередь, материалы (например, металлы), попадая внутрь трубки, также существенно меняют свои свойства.

Теперь мы убеждаемся еще раз, насколько многофункциональны продольные электромагнитные волны, играющие в микромире не меньшую роль, чем в макромире, в масштабах которого они воспринимаются как гравитационное поле.

Поэтому, когда говорят о чрезвычайной малости гравитационных сил, действующих между микрочастицами вещества, то это не соответствует действительности. Наоборот, в результате усреднения продольных волн от большого количества микрочастиц, содержащихся в макрообъемах вещества, поле становится относительно слабее, чем на микроуровне.

Эффективность гравитационного по своей сути воздействия продольных волн наглядно проявляется и на другом примере. Речь идет о перемещении нанотрубок лазерным лучом. Суть методики, названной “оптическим захватом”, сводится к следующему. Интенсивность лазерного луча в центре превышает его интенсивность по краям, благодаря чему оказавшиеся поблизости небольшие частицы стремятся к центру луча. Это позволяет подхватывать микроскопические структуры лазерным лучом и перемещать их на нужное расстояние.

В данном случае лазерный луч является источником продольных стоячих волн, направленных перпендикулярно к его оси. Взаимодействие этих волн с микрочастицами вещества обеспечивает возможность их “захвата” и транспортировки.

Природу гравитации иногда связывают с образованием в вакууме виртуальных пар частиц. Свойства продольных волн, рассмотренные в связи с явлениями сверхтекучести и сверхпроводимости, указывают на то, что телепортация и материализация частиц действительно имеют место, но осуществляются только в особых условиях и при больших амплитудах поля. Например, течение сверхтекучей жидкости можно описать, как послойную материализацию частиц, телепортируемых продольными волнами к поверхности (краю жидкости).

Рассмотренные выше коллективные свойства частиц, как уже отмечалось, можно кратко назвать принятым в физике термином — бозе-конденсацией. Квантово-механическое описание этого явления довольно абстрактно, и поэтому есть смысл еще раз сжато сформулировать его физический смысл.

- Бозе-конденсат — это частицы, скоррелированные (в пространстве и по фазам) с общим резонансным продольным полем. Эти две составляющие бозе-конденсата (частицы и поле) взаимодействуют друг с другом, образуя его энергию связи.

- Продольное электромагнитное поле склонно к образованию стоячих волн и заключено в бозе-конденсате, как в резонаторе, быстро уменьшаясь за его пределами. Поэтому, например, место изгиба нанотрубки, нарушающее пространственную корреляцию частиц и поля в этом месте, проявляется как контакт двух отдельных бозе-конденсатов, располагающихся справа и слева от изгиба.

- Бозе-конденсат имеет эффективный канал передачи энергии посредством продольных волн, в связи с чем, при неподвижном состоянии самих частиц, он обладает высокой теплопроводностью и свойством телепортации.

- Температура бозе-конденсата фактически равна абсолютному нулю, поэтому в сверхтекучей жидкости нет единой температуры: в обычной компоненте жидкости — она находится около критической величины, а в сверхтекучей — равна нулю. Следовательно, измерять температуру, например, внутри атома нет никакого смысла.

В заключение этого раздела рассмотрим два вопроса, которые могут быть восприняты как намерение добавить нарочитой сенсационности этой работе, но, исходя из рассмотренных свойств продольных волн, физические явления, о которых пойдет речь, представляются вполне реальными.

Во-первых, **колоссальная эффективность механизма телепортации частиц бозе-конденсатом может инициировать ядерную реакцию синтеза в месте соприкосновения двух сверхтекучих жидкостей (или в их смеси). По аналогии это явление можно назвать “сверххолодным термоядом”.**

Действительно, соседство бозе-конденсатов легких атомов может спровоцировать систему к переходу в более низкое энергетическое состояние, поскольку при наличии механизма телепортации преодолевать энергетический барьер в классическом смысле для осуществления реакции нет необходимости.

Такая возможность должна всерьез рассматриваться экспериментаторами, в первую очередь, с точки зрения безопасности проводимых опытов при исследовании различных смесей сверхтекучих жидкостей. Реакция синтеза может произойти, например, при строго определенном соотношении различных атомов, так как резонанс продольных волн, как мы видели, весьма чувствителен к пространственной корреляции.

Однако пугающая перспектива неуправляемого термоядерного взрыва не может собой заслонить другой возможности — получения управляемой ядерной реакции. Подача сверхтекучих жидкостей может производиться в ядерный реактор чрезвычайно малыми порциями, например, с помощью нанотрубок, как это схематично показано на рис. 21.

Другое физическое явление, возможность которого следует из солитонной природы вещества, относится к **частотному взаимодействию движущихся относительно друг друга космических тел**. Несмотря на размытость частот продольных волн (гравитационного поля) массивных космических тел

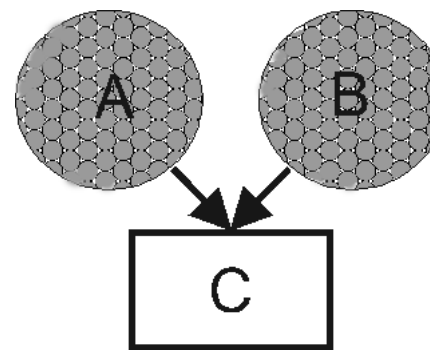


Рис. 21. Схема осуществления “сверххолодного термояда”
Сверхтекучие реагенты A и B подаются очень малыми порциями (например, через нанотрубки) в реактор C.

(из-за отличной от нуля температуры, вращения вокруг собственной оси) должен наблюдаться некоторый усредненный эффект взаимодействия переменных составляющих полей из-за наличия относительного движения. Речь идет о том, что подобно двум электронам, движущимся относительно друг друга, космические тела также будут создавать низкочастотные разностные колебания де Бройлевской частоты.

Так как частоты продольных волн вещества определяются ГЧВ (частотой нуклонов) и частотой электронов, то, зная скорость относительного движения тел, можно оценить порядки величин возникающих низкочастотных биений.

Используя выражение (10.8), получим выражение для разностной частоты — частоты волн де Бройля

$$f_H = f_0 \frac{v^2}{2c^2}. \quad (11.10)$$

Оценим эти величины, исходя, например, из относительной скорости двух планет, равной 3 км/сек.

Так как ГЧВ равна $1,60 \cdot 10^{23}$ Гц, а частота электрона равна $2,47 \cdot 10^{20}$ Гц, то частоты волн де Бройля будут соответственно равны $0,8 \cdot 10^{13}$ Гц для первой частоты (субмиллиметровые волны) и $1,2 \cdot 10^{10}$ Гц для второй частоты (сантиметровые волны). Естественно, относительные скорости планет все время меняются, и частоты, на самом деле, будут плавающими.

Каким образом воздействуют эти колебания на природу и организм человека?

Ответить определенно на этот вопрос пока не возможно. Сначала нам необходимо научиться работать с продольными электромагнитными волнами — детектировать, измерять их интенсивности и частоты, экспериментировать в лаборатории.

До проведения всех этих исследований нам придется довольствоваться предсказаниями астрологов.

РАЗДЕЛ 12

Заключение

Совершенно справедливо известное утверждение: самое практичное — это хорошая теория. Для практики важно, чтобы теория была как можно более доступной и наглядной, чтобы она оперировала ясными физическими идеями.

Именно поэтому нами была предпринята попытка, начиная с самого элементарного возбуждения вакуума — солитона, исследовать принципы строения и формирования свойств вещества. Такой последовательный анализ дал возможность понять истоки и физическую сущность постулатов квантовой теории — одной из самых непонятных и формализованных теорий, когда-либо изобретенных человечеством.

Вследствие такой постановки задачи физические идеи, содержащиеся в данной работе, рождались как бы сами собой по мере продвижения анализа от простого к сложному.

Можно сказать, что развитые физические идеи не только отличаются наглядностью, но и прошли многократную проверку на всех этапах этого исследования.

Естественно, самых больших усилий потребовала разработка базового элемента концепции — электромагнитного солитона (физической идеи и уравнений). Этому, в основном, была посвящена первая книга. На этом этапе решающее значение имело использование (в качестве эффективного инстру-

мента анализа) модели вакуума, разработанной Максвеллом, — тех самых строительных лесов, с помощью которых была построена теория электромагнитного поля.

Кратко перечислим результаты этой части исследования.

Выяснен механизм, лежащий в основе локализации электромагнитного поля в пространстве и образования структур элементарных частиц.

Получены уравнения электромагнитного поля, описывающие вращение в вакууме одиночной волны (электромагнитного солитона).

Установлена физическая природа происхождения мировой константы - постоянной тонкой структуры, являющейся отношением толщины слоя вращающегося электромагнитного поля к диаметру солитона.

Исходя только из уравнений электромагнитного поля, проведена качественная и количественная оценка величины постоянной тонкой структуры, давшая результат, близкий к фактической величине этой мировой константы.

Определены количественные характеристики внутренних и внешних полей электромагнитных солитонов.

Расчет солитона показал, что его внешнее переменное поле является продольными стоячими электромагнитными колебаниями. Проанализирована физическая сущность этого не исследованного ранее вида электромагнитных волн.

Продольным волнам принадлежит особая роль в природе. Они сопровождают все элементарные частицы (в том числе, и фотоны). Они определяют почти все виды взаимодействий в природе (включая гравитационное взаимодействие). И, наконец, при квантово-механическом описании явлений, как мы убедились на ряде примеров, волновую функцию, в какой-то мере, можно сопоставить с продольными волнами.

Длина волны де Бройля определяется частотой биений, возникающих из-за разности частот движущейся частицы и окружающих ее неподвижных частиц, с которыми она взаимодействует. Таким образом, волны де Бройля отражают процесс обмена энергией между движущейся частицей и всеми другими окружающими ее частицами, приводящий к закономерности

стям, описываемым квантовой теорией.

Наряду с основной частотой, равной частоте вращения одиночной волны, внешнее поле солитона, как вращающегося импульса, содержит гармонические составляющие, поэтому взаимодействие солитонов между собой может происходить и на кратных, и на соизмеримых частотах.

Так как взаимодействие между солитонами основано на принципе взаимности, то солитоны с большей массой и с большими полями в их структурах имеют меньшие размеры, чем солитоны с меньшими массами и соответственно меньшими полями в их структурах. Поэтому в микромире с меньшими размерами, а, следовательно, с большими частотами всегда связаны большие энергии. Этот же принцип установления равновесия лежит в основе универсальности заряда электрона.

Показано, что основу строения всех элементарных частиц составляют два вида электромагнитных солитонов с противоположными направлениями полей в их структурах (подобные солитонам электрона и его античастицы — позитрона).

Дана новая физическая трактовка ароматов кварков в виде малых дополнительных одиночных вращающихся волн в структурах основных солитонов.

В связи с этим, следует особо подчеркнуть, что существующая теория ароматов кварков (да и сама идея кварков) весьма сомнительна и противоречива. Например, странные и обычные частицы, как оказалось, фактически ничем не отличаются друг от друга, просто они принадлежат параллельным, слабо связанным между собой частотным группам.

Ароматы — дополнительные малые волны (чем-то напоминающие гипотетические глюоны) влияют на все параметры частиц и, в том числе, определяют энергию взаимодействия кварков в их составе. В связи с возникающим дефицитом массы, частоты частиц, в общем случае, оказываются связанными с реальными массами разными по величине коэффициентами.

Проведена классификация барионов и мезонов по величине специально введенного параметра — эффективной массы, пропорциональной частоте частицы. Установлено, что барионы и мезоны подразделяются на четко выраженные группы по

величине отношения эффективных масс к реальным массам частиц (то есть, по энергии связи кварков).

Первую группу (в том числе, протоны и нейтроны) можно условно охарактеризовать однократным изменением эффективной массы $1(+)$ — отношение на уровне 1,06 - 1,07.

Ко второй группе относятся частицы, имеющие еще большую энергию связи, с двукратным изменением эффективной массы $2(+)$ — отношение в пределах 1,133 - 1,134.

Третью группу (только для барионов) можно охарактеризовать трехкратным изменением эффективной массы $3(+)$, что приблизительно соответствует отношению 1,31 - 1,34.

Кроме того, ряд мезонов, склонных к распадам на фотоны, не имеют изменений эффективной массы. Отношение эффективной массы к реальной массе этих частиц равно единице.

Ряд масс элементарных частиц обусловлен тем, что их частоты кратны, либо соизмеримы с главной частотой Вселенной (ГЧВ) — частотой, задаваемой протонами и нейтронами. ГЧВ соответствует условной (эффективной) массе кварка нуклона, приближенно равной 332 МэВ, то есть, $1,60 \cdot 10^{23}$ Гц.

Выявлена причина своеобразной симметрии в классе лептонов, связанной с нейтрино. Наряду с основными солитонами в структурах электрона, мюона и тау содержатся сверх малые волны, аналогичные малым волнам в структурах кварков. Поэтому в реакциях взаимопревращения частиц происходит, образно говоря, парное рождение частиц: нейтрино в составе электрона (мюона, тау) и антинейтрино в свободном состоянии. По этой же причине имеются отклонения масс лептонов от соответствующих кратных значений ГЧВ (кроме электрона, частота которого определяется слабым взаимодействием). Исходя из величин указанных отклонений, рассчитаны массы покоя электронного, мюонного и таонного нейтрино.

С учетом сдвига частоты, соответствующего изменению эффективной массы электрона (поправка на нейтрино), две с половиной частоты электрона соответствуют разности масс нейтрона и протона. Следствием этого резонансного взаимодействия с низкочастотными биениями (осцилляциями) нейтрона и протона является такая распространенность и устой-

чивость электрона в природе. Кроме того, интенсивность бета распада также определяется резонансным характером захвата (и испускания) электрона нуклонами.

Характерные времена сильного и электромагнитного взаимодействий имеют порядки величин периодов колебаний соответствующих этим взаимодействиям элементарных частиц. Для сильного взаимодействия (10^{-23} сек.) оно по порядку величины совпадает с периодом колебаний нуклонов (частота $1,60 \cdot 10^{23}$ Гц, период колебаний соответственно $0,625 \cdot 10^{-23}$ сек.), а характерное время электромагнитного взаимодействия (10^{-20} сек.) — с периодом колебаний электрона (частота $2,47 \cdot 10^{20}$ Гц, период колебаний — $0,405 \cdot 10^{-20}$ сек.).

Опосредованное взаимодействие электронов с нейтронами и протонами (из-за большого различия масс) через частоту осцилляций является причиной малой интенсивности взаимодействия нуклонов с электронами. Поэтому оно отнесено к разряду слабых взаимодействий с большой величиной характерного времени взаимодействия (10^{-13} сек.), измеряемого десятками миллионов периодов колебаний электрона.

Говоря о резонансном характере элементарных частиц, следует подчеркнуть отличие этих резонансов от резонансов в обычном понимании. Оно заключается в том, что частоты солитонов определяются их энергией и поэтому устанавливаются на тех значениях, на которых возможен эффективный обмен энергией с окружающими частицами. Следовательно, говоря о резонансной частоте солитона или элементарной частицы, следует иметь в виду значение частоты, устанавливающееся в результате энергетического равновесия.

Настоящей демонстрацией возможностей солитонного представления о строении элементарных частиц явилось установление характера сложившейся в процессе рождения Вселенной асимметрии строения вещества. Оказалось, что окружающая нас материя, состоящая практически полностью из протонов, нейтронов и электронов, условно говоря, на 94% состоит из частиц и античастиц (солитонов и антисолитонов).

Другими словами, деление на вещество и антивещество является довольно условным, так как антивещество, образно го-

вора, находится в самом веществе!

Следовательно, случайное нарушение барионной симметрии Вселенной в начале ее развития, по всей вероятности, повлекло за собой всеобъемлющий рост образовавшейся области (домена) вещества, состоящего из обычных протонов, нейтронов и электронов, так как этот набор частиц связан между собой резонансным взаимодействием.

Возможно ли получение энергии непосредственно из вещества путем аннигиляции? Этот вопрос пока остается без ответа. Но несомненно одно: ответ на него следует также искать путем исследования резонансных процессов.

Самые загадочные квантовые состояния вещества — сверхтекучесть и сверхпроводимость обретают совершенно новое, наглядное объяснение на основе механизма пространственной и фазовой корреляции частиц общим резонансным продольным полем.

Квантово-механическая волновая функция в этом случае описывает общие продольные волны (а не частицы!), вследствие чего возникает ошибочное представление о движении частиц сверхтекучей жидкости, в то время, как они фактически неподвижны. “Движение” сверхтекучей жидкости осуществляется путем передачи энергии (массы) более эффективным каналом — продольным электромагнитным полем, то есть, путем телепортации частиц.

Таким образом, сверхтекучая фаза (неподвижные, скоррелированные общими продольными волнами частицы) обладает колоссальной теплопроводностью и свойством телепортации при практически нулевой теплоемкости.

Связанное состояние неподвижных частиц (солитонов) и общего резонансного поля образует так называемый бозе-конденсат, обладающий соответствующей энергией связи. Поэтому переход из обычного состояния в сверхтекучее происходит как настоящий фазовый переход второго рода. При этом частицы, переходящие в сверхтекучую фазу, становятся неподвижными, скоррелированными с полем, передав ему все функции движения. Следовательно, температуру сверхтекучей фазы можно считать равной абсолютному нулю.

Фермионы в бозе-конденсате захватываются пучностями общего резонансного продольного поля (по два на один пространственный период поля). Поэтому процесс бозе-конденсации фермионов можно представить себе как образование пар (в том числе, так называемых куперовских пар электронов), причем расстояние между фермионами в паре, очевидно, определяется длиной волны поля.

Свойство продольного поля обеспечивать процесс интерференционной телепортации частиц, движущихся относительно периодических структур, открывает принципиальную возможность преодоления потенциального барьера электростатического отталкивания ядер при относительно низких скоростях, то есть, возможность низкотемпературного “термояда”.

Аналогичным образом может проявляться свойство бозе-конденсата осуществлять эффективную телепортацию частиц. Поэтому в некоторых смесях сверхтекучих жидкостей нельзя исключать возможность развития ядерных реакций синтеза.

Такая возможность неконтролируемой реакции синтеза, в первую очередь, должна учитываться с точки зрения безопасности экспериментов со сверхтекучими жидкостями.

С другой стороны, должна быть проработана возможность получения управляемой ядерной реакции синтеза (“сверххолодного термояда”) путем подачи соответствующих сверхтекучих жидкостей в ядерный реактор чрезвычайно малыми порциями (например, с использованием нанотрубок).

Наличие единого резонансного продольного поля (волновых функций) в атомах и молекулах свидетельствует о наличии в этих структурах внутреннего состояния сверхтекучести (сверхпроводимости). То же самое можно сказать о причинах особых свойств огромных молекул, которыми фактически являются наноструктуры.

Таким образом, при создании материалов, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью, необходимо следовать определенным правилам. Структура материала должна обеспечивать формирование интенсивного общего резонанса продольных волн (поддерживать определенную пространственную корреляцию, уменьшать возможность рассеяния по-

ля за пределами структуры и внутри структуры несфазированными электронами, уменьшать амплитуды тепловых колебаний за счет увеличения энергии связи структуры).

Большая интенсивность резонансных продольных волн бозе-конденсатов проявляется, помимо прочих эффектов, в свойстве притягивать сторонние атомы, молекулы и даже микроскопические тела, находящиеся на относительно больших расстояниях. Такими свойствами обладают, например, углеродные нанотрубки и лазерные лучи.

Это еще раз свидетельствует о том, что продольные электромагнитные волны выполняют, в том числе, и функцию гравитационного поля. Более того, гравитационное взаимодействие на уровне микромира оказывается весьма существенным (вопреки сложившимся представлениям), и только после усреднения огромного количества некогерентных продольных волн, связанных с большими массами вещества, они воспринимаются как очень слабое гравитационное поле.

Внутренняя сверхтекучесть и сверхпроводимость атомов предполагает неподвижное зависание электронов вокруг ядер в пучностях продольных волн (волновых функций). Этот принцип строения атомов становится возможным в результате компенсации электростатического притяжения электронов к ядрам силой отталкивания, возникающей из-за постоянного обмена энергией между нуклонами и электронами. Обнаружение этого механизма снимает очевидные противоречия, свойственные современной квантовой теории атома.

Каков же главный вывод, который можно сделать из далеко не полного перечня следствий, полученных нами на основе солитонного представления об элементарных частицах?

Главный вывод состоит в том, что в XXI веке физику ожидает период бурного и плодотворного развития. Мы будем свидетелями открытий огромной преобразующей силы!

Квантовая теория потребует существенной переработки, но при этом она перестанет быть абсурдной и формальной (подобной знаниям жрецов индейцев майя — по меткому выражению Р.Фейнмана). Теория станет нагляднее и эффективнее!

Становление электромагнитной теории вещества вызовет

быстрое развитие жизненно важных отраслей науки и техники и, в первую очередь, — энергетики.

Далеко не исчерпаны возможности исследования структуры и свойств атомных ядер, представляющих собой весьма замысловатые, сходные с кристаллическими, “конструкции”.

Много интересного и важного будет связано с изучением продольных электромагнитных волн. Их удивительная многоликость и проникающая способность поражают воображение. Поэтому расширение и углубление наших знаний об этом малоизученном виде электромагнитных волн будет иметь первостепенное теоретическое и практическое значение для многих направлений исследований.

Речь идет о высокотемпературной сверхпроводимости, о ядерных реакциях синтеза, о различных гравитационных эффектах (в том числе, гравитационных волнах, колебаниях силы тяжести, влияниях других небесных тел) и многом другом. Результаты изучения продольных волн будут важны даже для познания принципов строения живых организмов, так как продольные волны выполняют важную организующую, структурирующую роль в микромире.

Может быть, в недалеком будущем будут получены электромагнитные солитоны величиной с футбольный мяч, и мы будем иметь уникальную возможность изучать свойства электрона на такой макромодели. И это вполне реально!

Такой солитон мог бы быть использован не только для чисто научных целей (например, для изучения свойств продольных волн), но и для решения важной практической задачи — в качестве мобильного накопителя энергии.

Но не будем далее предвосхищать грядущие чудеса науки и техники XXI века. Начинаящаяся революция в физике, несомненно, затмит все наши самые смелые ожидания!

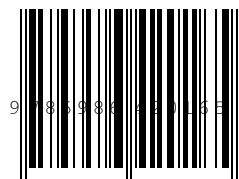
ЛИТЕРАТУРА

1. *Верин О.Г.* Динамика вакуума и солитонная теория элементарных частиц. М.: РТ-Пресс, 2002. — С 102.
2. *Ахиезер А.И., Берестецкий В.В.* Квантовая электродинамика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969. — С. 555.
3. *Максвелл Д.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Пер. под ред. П.С. Кудрявцева. М.: Гос. изд. технико-теорет. лит., 1952.
4. *Анго А.* Математика для электро- радио инженеров. Пер. с фр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969. — С. 780.
5. *Буллаф Р., Вадати М., Гиббс Х. и др.* Солитоны. Перевод с англ. Под ред. С. П. Новикова. М.: Мир, 1983.
6. *Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х.* Солитоны и нелинейные волновые уравнения. Пер. с англ. В. П. Гурария, В. И. Мацаева; под ред. А. Б. Шабота. М.: Мир, 1988.
7. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 6. М.: Мир, 1966.
8. *Сидорин А. Я., Журавлев В. И. и др.* Комплексные электрометрические исследования геодинамических процессов. Экспериментальная сейсмология. М.: Наука, 1983. — С. 149-162.
9. *Плескач Н. К.* Электроэнергетический сейсмический эффект//ДАН. 1986. Т. 290. №6. С. 1342-1346.
10. *Уруцкоев Л. И.* О возможном механизме землетрясений//Прикладная физика. М., 2000. №4. С. 55-60.
11. *Корбанский И.Н.* Антенны. Уч. пос. для вузов. М.: Энергия, 1973. — С. 336.
12. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по физике. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. — С. 468.
13. *Ахиезер А.И., Рекало М.П.* Элементарные частицы. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — С. 256.
14. *Штейншлейгер В.Б.* Явления взаимодействия волн в электромагнитных резонаторах. М.: Гостехиздат, 1955. — С 114.
15. *Лебедев И. В.* Техника и приборы СВЧ. Часть I. М.: Высшая школа, 1970.
16. Физические величины. Справочник / А.П.Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М.Братковский и др.; под. ред. И.С.Григорьева, Е. З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. — С. 1232.
17. *Фейнман Р.* КЭД странная теория света и вещества. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 — С. 144.
18. *Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г.* Экспериментальное обнаружение “странного” излучения и трансформации химических элементов//Прикладная физика. М., 2000. №4. С. 83-100.
19. *E. Kim, M. H. W. Chan,* Nature, 2004, **427**, 225.
20. *S. P. Search, H. Pu, W. Zhang and P. Meystre.* Phys. Rev. Lett., v. 88, 110401 (2002).
21. *Шпольский Э.В.* Атомная физика. Т. 1: Введение в атомную физику. Уч. пос. — 7-е изд. исправл. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — С. 552.
22. *Шпольский Э.В.* Атомная физика. Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Уч. пос. — 5-е изд. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — С. 438.
23. *Drexler E. K., Peterson C. H., Pergamit G.* Unbounding the future: The nanotechnology revolution. N.Y., 1993.
24. *Дьячков П.Н.* Углеродные нанотрубки. Материалы для компьютеров XXI века//Природа. 2000. №11. С. 23-30.
25. *Головин Ю.И.* Введение в нанотехнологию. М., 2003.

Олег Гаврилович Верин

**Природа элементарных частиц,
квантовая теория
и Великое Объединение**

ISBN 5-98642-016-0



Подп. в печать 27.04.05. Формат 60x90/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. 8,5 усл. печ. л. Заказ
Тираж 1000 экз.

Издательство «Контур-М»
E-mail: kontur_m@zelnet.ru
E-mail автора: verinog@list.ru