

Валерий Пакулин

Структура материи

Вихревая модель микромира

Научно-техническая фирма «ИСТРА»

Санкт-Петербург 2010

УДК 530.145+539.1
ББК 22.31
П49

Пакулин В.Н.
Структура материи.
Вихревая модель микромира.
СПб, НТФ «ИСТРА», 2010. — 62 с.:с илл.

На вопрос «Откуда берутся масса, заряд, электромагнитное поле и какова их структура?» нельзя ответить, оставаясь в рамках существующих модельных представлений точечных частиц. Масса и заряд — внутренние свойства составных протяженных образований. Для понимания сущности этих свойств мы должны спросить: а из чего состоят частицы и как они устроены? В работе предполагается, что пространство Вселенной плотно заполнено дискретными вихревыми частицами. Обсуждается иерархическая схема энергетических уровней квантовых полей и вещества. Описаны вихревая модель микромира, структура фундаментальных частиц и механизм взаимодействия микрообъектов. Предложен механизм взаимодействия фотонов с атомами вещества. Построены модели атомов и молекул как вихревых образований. Анализ свойств вихревого поля позволил выяснить сущность тяготения. Проведена модификация уравнений Максвелла и показан вихревой характер радиоволн. В рамках этих представлений уточняется физический смысл основных понятий массы, заряда, тяготения и радиоволн.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	4
2. Энергетические уровни и свойства вихрей	7
2.1. Энергетические уровни и развитие материи	7
2.2. Поле и частицы.....	8
2.3. Основные свойства вихрей	10
2.4. Движение вихрей.....	13
3. Структура фундаментальных частиц.....	14
3.1. Электронные нейтрино и антинейтрино	14
3.2. Структура фотона	16
3.3. Мюонное нейтрино	17
3.4. Электрон и позитрон.....	18
3.5. Протон.....	20
3.6. Схема образования частиц.....	21
4. Оценка параметров частиц.....	22
4.1. Продольная и поперечная массы электрона.....	22
4.2. Заряд электрона	24
4.3. Масса фотона.....	27
4.4. Особенности структуры протона	28
4.5. Метастабильные частицы.....	30
5. Моделирование взаимодействий.....	36
5.1. Пример модели сильного взаимодействия.....	36
5.2. Примеры электромагнитного взаимодействия.....	38
5.3. Моделирование взаимодействия фотонов с веществом.....	40
5.4. Дифракция частиц.....	41
5.5. Моделирование слабого взаимодействия	42
5.6. Моделирование гравитационного взаимодействия	43
6. Электрические и магнитные поля	46
6.1. Первая модификация уравнений Максвелла.....	50
6.2. Вторая модификация уравнений Максвелла	52
7. Примеры решений уравнений Максвелла.....	53
8. Модель электромагнитной индукции	59
9. Модель распространения радиоволн	60
10. Заключение	63
Литература.....	64

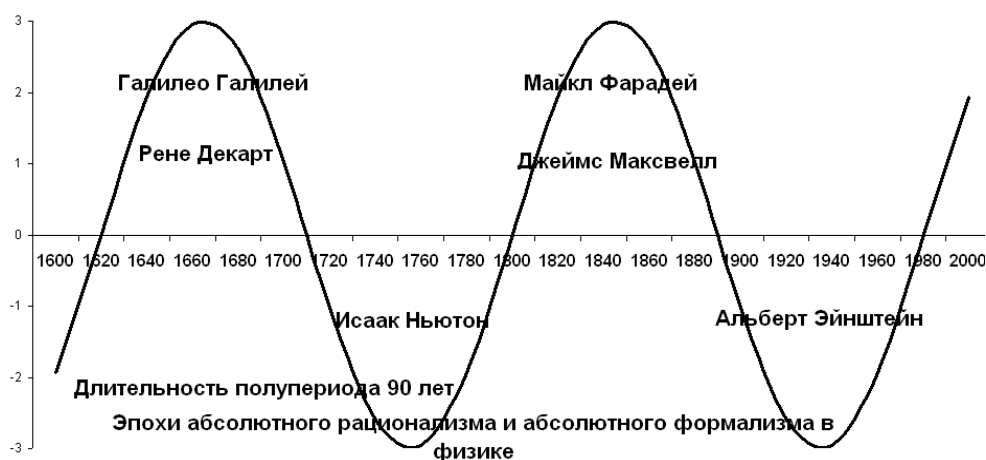
1. Введение

Целью данной работы является построение мысленной физической модели микромира с целью получения о нем новых знаний, показывающих единство поля, материи и электричества. Особенностью объекта моделирования является его принципиальная ненаблюдаемость. Поэтому в качестве метода моделирования может быть выбрано только научное воображение. Необходимым условием моделирования является подобие объекта и его модели. Критерием истинности служит соответствие свойств модели экспериментальным данным.

В настоящее время теоретическая физика занимается построением и изучением исключительно математических моделей. Они количественно связывают между собой наблюдаемые параметры физических процессов и явлений. Математические образы и понятия являются весьма полезными и ценными в процессе анализа физических явлений. Однако часто они трактуются затем в виде объективных физических реальностей или в виде неотъемлемых свойств, присущих физическим объектам по самой природе вещей.

Таким образом, в физическое мышление были введены некоторые абстрактные математические представления и символы, не отражающие реальное содержание физических явлений и объектов. Можно назвать, например, действие на расстоянии, представление частиц в виде точек, абсолютизацию векторов, прохождение волн через пустое пространство, корпускулярно-волновой дуализм и пр. Во многих теоретических работах «материя исчезает — остаются одни уравнения».

На разных этапах развития физики преобладающими были либо физические, либо символично-математические представления о природе. На рисунке показана синусоида — кривая смены периодов рационально-физического и формально-математического методов описания окружающего мира за последние 400 лет.



К чести Исаака Ньютона и Альберта Эйнштейна следует сказать, что до крайнего формализма их взгляды доводили их последователи. Они заявляли, что для практики важной является лишь связь между входными и выходными параметрами явления. Форма в виде математического анализа выдвигалась ими на первый план, заслоня собой физическое содержание. Но как прикрепить заряд к волновому пакету? Как точечные и бесструктурные элементарные частицы могут иметь массу, заряд, спин и магнитный момент? Скорее всего, «электрон так же неисчерпаем, как и атом».

В физике до сих пор нет физических механистических моделей, наглядно представляющих основные объекты и явления окружающего нас мира:

- массы и заряда частиц и античастиц;
- структуры фундаментальных и метастабильных частиц;
- взаимодействия фотонов с веществом;

- строения атомов и молекул;
- распространения радиоволн;
- механизма тяготения.

Такие модели для квантовой механики и теории относительности нельзя построить, оставаясь в рамках существующих представлений точечных частиц и абсолютно пустого пространства. Квантовая механика началась с 1900 г., когда Макс Планк предложил формулу для квантования энергии осциллятора: $E = h\nu$. Представление о квантовании в самом широком его понимании включает в себе идею о *пространственной прерывности* всех вообще физических процессов и объектов на фоне их *непрерывности*. Отсюда следует недопустимость абсолютно пустых промежутков между отдельными элементами — квантами физического содержания пространства. Поэтому вопрос о среде, заполняющей все пространство и непосредственно участвующей во всех физических процессах в качестве передатчика всякого рода взаимодействий, является основным для дальнейшего развития квантовой физики.

Ранее эта универсальная среда называлась *эфиром*. Сейчас общепринятым является термин *физический вакуум*. Другое название среды — *электромагнитное поле*. В данной работе предполагается, что физический вакуум представляет собой высокоэнергичную проточную среду. Квантованные элементы среды — *гравитоны* — существуют в виде вихрей. Энергия вращения вихрей поддерживается со времени Большого Взрыва. Промежутки между гравитонами заполняют еще более мелкие вихри и т.д. Так осуществляется *непрерывное в прерывном*. Гравитоны формируются в нейтрино, нейтрино связываются в фотоны и частицы, частицы собираются в атомы и молекулы. Вещество комкуется в планеты, звезды и Галактики.

Теория относительности выдвинула положение о тесной связи в 4-векторах пространства-времени и энергии-импульса. Сущность тяготения, по предположению Эйнштейна, состоит в том, что пространство-время обладает определенной упругостью, а вложенные в пространство тела стремятся искривить его. Но абсолютно пустое пространство является идеальной математической абстракцией. Для протекания в нем силовых процессов его надо заполнить материей. В данной работе показано, что помещенное в среду гравитонов гравитирующее тело окружено возмущенной оболочкой, которую мы наблюдаем как гравитационное поле.

Таким образом, необходимым условием моделирования объектов и явлений квантовой механики и теории относительности является наличие квантованной квазинепрерывной материальной среды, заполняющей все пространство. Рассматриваемая в работе среда вихревых гравитонов является обязательным универсальным участником всех взаимодействий погруженных в нее нейтрино, фотонов и вещества. Потoki гравитонов образуют силовые поля: электрическое, магнитное, тяготения, ядерное и пр. Вихревые колебания самой гравитонной среды воспринимаются нами как *радиоволны*.

Если одним взглядом окинуть все многообразие окружающего нас мира, то нельзя не заметить, что устойчивость мироздания основана на динамическом равновесии при вращении объектов. Естественно предположить, что образование частиц поля и вещества из исходной материи также происходило в виде *вихрей*. Именно из идеи вихревого строения материи исходили создатели основополагающих открытий в физике. Развивая эту мысль в предлагаемой здесь наглядной вихревой физической модели окружающего нас мира, мы получим ответы на многие вопросы.

Например, на самый простой вопрос «Откуда берутся заряд и масса?» нельзя ответить, оставаясь в рамках существующих модельных представлений точечных частиц и пустого пространства. Заряд и масса — внутренние свойства составных протяженных образований. Для понимания сущности этих свойств мы должны спросить: а из чего состоят частицы и как они устроены? В работе разбирается структура фундаментальных частиц как составных вихревых образований в среде гравитонов.

Массу в классической физике определяют как *меру инерции* и *меру гравитации* тела (*инертная* и *гравитационная* массы соответственно) [1]. Свойство инертной массы проявляется в том, что тело изменяет значение своего импульса под действием внешней силы. Г. Ло-

ренц, используя второй закон Ньютона, ввел для электрона «*продольную*» и «*поперечную*» массы. Обе массы частицы оказались зависящими от скорости ее движения, но по-разному:

$$m_{\parallel} = \frac{m}{\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}}; \quad m_{\perp} = \frac{m}{\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}.$$

В 1900 году А. Пуанкаре ввел в употребление *релятивистскую* массу, характеризующую инертные свойства электромагнитной волны. Тогда возникла еще одна масса — *масса покоя*, которая совпадала с *ньютонической массой* как «количеством материи в теле». Именно эта величина называется теперь просто массой.

При рассмотрении гравитационной массы оперируют понятиями *пассивной* гравитационной массы и *активной* гравитационной массы. Здесь имеется в виду некоторое качественное различие в массах, например, масса притягивающегося к Земле тела (пассивная гравитационная масса, пробное тело) и масса самой Земли (активная гравитационная масса).

В 1905 году А. Эйнштейн приходит к выводу, что масса тела m является мерой содержащейся в нем энергии покоя: $E_0 = mc^2$, где E_0 — энергия покоящегося тела (частицы). Если тело отдает энергию ΔE , то масса тела уменьшается на величину: $\Delta m = \Delta E / c^2$. В теории относительности энергия потеряла свою классическую неопределенность — аддитивную константу. Она стала физической величиной с абсолютным значением. В релятивистской теории масса составного тела не равна сумме масс составляющих его тел, энергия же аддитивна. Общая теория относительности основана на эквивалентности инертной и гравитационной масс тела.

Что касается электрического заряда, то источники информации обычно ограничиваются определением, что заряд есть свойство тела создавать электрическое поле. В классической электродинамике вопрос о причинах квантования заряда не обсуждается, поскольку заряд является внешним параметром, а не динамической переменной.

Но может ли сферически-симметричное электрическое поле ядра атома насыщаться при вращении электронов? Ведь вращение Земли вокруг Солнца не мешает притяжению к Солнцу Марса. А в атоме водорода вращение одного электрона вокруг ядра полностью прекращает влияние поля ядра на любых расстояниях и при любых состояниях электрона.

Введенные в Стандартной модели дробные заряды кварков являются лишь удобными квантовыми числами. Длительные поиски свободных кварков и объектов с дробным зарядом оказались безрезультатными. По аналогии с электрическим зарядом в Стандартной модели формально вводятся барионный, лептонный и гиперзаряд — вспомогательные числа, сохраняющиеся в определенном классе превращений элементарных частиц. Формально вводятся новые поля и бозонные переносчики взаимодействий в этих полях. Но их физический смысл не выясняется.

Современные физические теории не способствуют глубокому пониманию природы заряда и массы. Практически все теоретические работы представляют собой сочетание релятивизма и квантовой механики. В них рассчитывается взаимодействие точечных частиц в пустом пространстве. Но сегодня развитие физики ограничено не столько возможностями мощных коллайдеров и суперкомпьютеров, сколько уровнем наших представлений в области *моделирования* объектов и процессов.

Столетняя эпоха формализма в физике закончилась. Сейчас необходимо, прежде всего, пересмотреть основные физические понятия, наполнив их материальным содержанием. Нам нужны качественно новые физические идеи, которые обеспечили бы прогрессивное развитие на многие годы вперед. Выдвинуть их можно лишь, создавая физические модели сущности мироздания, познавая законы природы.

Физические законы и, в частности, законы сохранения, едины в макромире и в микромире, едины для всего сущего. Закон сохранения энергии обеспечивает вечное существование материи. Закон сохранения импульса обеспечивает вечное движение материи. Закон сохранения момента количества движения обеспечивает устойчивость структуры материи.

2. Энергетические уровни и свойства вихрей

2.1. Энергетические уровни и развитие материи

Физические модели должны отражать сущность моделируемых систем, их рождение, развитие и разрушение. В модели объекта должны быть отражены механизмы взаимодействия с другими объектами и с окружающей средой. Для этого необходимо введение системного анализа, учитывающего иерархические уровни организации физических объектов. Нужен не только горизонтальный, но и вертикальный подход к описанию явлений. Модель — не моментальный снимок происходящего, а панорама жизненного цикла объекта.

Опыт показывает *квантованность* микромира. Она обусловлена дискретностью *момента количества движения*. Следовательно, основополагающим свойством элементов микромира является *вращение*. Оно реализуется в виде вихревых корпускулярных частиц различной энергии и их конгломератов. Вращение вихря в окружающей среде устойчиво при минимально возможном значении момента импульса. Это определяет квант энергии.

Не только в микромире, но и в макромире дискретное строение материи обуславливает дискретность состояний. На рисунке 2.1 изображена предлагаемая иерархическая система энергетических уровней организации материи [2]. Стрелками указаны направления возрастания энергии связи и температуры. Спектр возможных значений состояния материи бесконечно продолжается в обе стороны. Приведенная схема уровней соответствует взаимопревращению составляющих горячей Вселенной в процессе ее остывания.



Рис.2.1. Энергетические уровни материи

Условно уровни материи можно разделить на две части. Уровни «Частицы» и ниже относятся к *веществу*, а уровни «Физического вакуума» и выше относятся к *квантовому полю*. Квантовое поле (далее, просто поле) — это *проточные среды* высокоэнергичных частиц. Энергия элементов вещества ниже, чем элементов поля, а масса частиц вещества не равна нулю. Уровень «Темная материя» является промежуточным между полем и веществом. С понижением уровня энергия связи $E_{св}$ возрастает, а температура T падает.

Данное представление противоречит общепринятому утверждению о том, что поле (в частности, физический вакуум) представляет собой наинизший уровень энергии, а частицы — это возбужденные уровни поля.

Составляющие каждого нижнего уровня образованы из элементов верхнего уровня, погружены в среду верхнего уровня и составляют его неотъемлемую часть. Во Вселенной вещество составляет ~4%, «Темная материя» составляет ~23% от всей материи. На долю «Физического вакуума» и более высоких уровней приходится ~73% материи Вселенной.

Предлагаемый уровневый подход основан на идее *развития* и *самоорганизации* любого объекта или явления природы. Развитие — это процесс самопроизвольного перехода к энергетически выгодному, оптимальному состоянию для данных условий и среды. Природе свойственна асимметрия. Развитие идет не в двустороннем (симметричном, зеркальном) направлении. В изолированной системе без внешнего воздействия процессы эволюционируют в одном направлении — в сторону наименьшего действия, т.е. понижения по уровням.

На каждом из указанных уровней объекты по системе вложенных дискретных подуровней стремятся перейти на нижние уровни за счет диссипации энергии, либо за счет связывания объектов *с выделением энергии связи*. Направленное движение вниз происходит самопроизвольно за счет динамики непрерывно протекающих процессов взаимодействия внутри системы методом «проб и ошибок». Движению вниз по уровням препятствуют внешние силы. Их действие либо делает систему равновесной, неспособной к развитию, либо переводит ее на более высокий уровень. При этом внешние силы совершают работу, равную изменению энергии связи.

Таким образом, вещество в виде сформированных планет, звезд и галактик — лишь малая, видимая часть материи. Большая часть материи в виде поля не дана нам в ощущения, хотя она нас окружает со всех сторон. Уровни вещества и темной материи обеспечивают гравитационное сжатие Вселенной. Уровни темной энергии стремятся Вселенную расширить за счет своего отрицательного давления. Разница в значениях плотностей между темной материей и темной энергией не очень велика. Однако сейчас наблюдается ускорение разбегания галактик. Это означает, что современная эпоха — это переход от преобладания сил темной материи и вещества к преобладанию сил темной энергии.

Мы не будем обсуждать, какие формы принимает материя поля на уровнях выше физического вакуума. Ясно только, что эти уровни представляют собой высокоэнергичные проточные среды из вихревых образований. В пределе эти вихри должны обладать характерными планковскими параметрами массы, длины и времени, выраженными через постоянные h , c , G :

$$m = \left(\frac{hc}{G}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,2 \cdot 10^{-8} \text{ кг}, \quad l = \left(\frac{hG}{c^3}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}, \quad t = \left(\frac{hG}{c^5}\right)^{\frac{1}{2}} = 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ с}.$$

Масса m здесь, конечно, определяет меру энергии вихревой частицы:

$$E = mc^2 = 2 \cdot 10^{-8} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 1,8 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 1,125 \cdot 10^{22} \text{ МэВ}.$$

Длина l характеризует размер фундаментального вихря поля, а время t — частоту его вращения: $\nu \cong 2 \cdot 10^{43} \text{ Гц}$.

2.2. Поле и частицы

Вещество является низшим иерархическим уровнем материи, результатом диссипации энергии высших уровней поля. Вещество построено из субстанции поля. Они различаются лишь уровнем энергии. Поле — поток «горячих» вихревых частиц. Вещество — охлажденные «комки» из этих частиц [3].

Частицы вещества сами по себе не обладают свойством притяжения, не несут на себе электрические заряды, не рождают и не поглощают фотоны или виртуальные частицы. Физические тела взаимодействуют друг с другом на расстоянии посредством промежуточной среды — поля, т.е. среды гравитонов. Действие одного тела порождает в прилегающем к нему

пространстве потоки гравитонов с определенными свойствами. Эти потоки воздействуют на другие тела, вызывая их ответную реакцию.

В данной работе мы будем говорить лишь о низшем уровне поля — физическом вакууме. Физический вакуум представляет собой высокоскоростную проточную среду из дискретных мелкоструктурных вихревых образований. Их основное состояние составляют *виртуальные частицы* или *гравитоны*. В теории предполагается, что их спин равен 2. Квантовая теория тяготения наряду с гравитонами вводит в поле физического вакуума также не наблюдаемые до сих пор частицы-фермионы — *гравитино* — со спином $3/2$.

Переход от поля к веществу осуществляется на промежуточном уровне «Темная материя» (рис. 2.2). Этот уровень чаще называют «Излучением». Охлаждаясь, гравитоны сформировали более крупноструктурные вихри в виде нейтрино и антинейтрино. Это стабильные нейтральные лептоны с полуцелым спином, участвующие только в слабом и гравитационном взаимодействиях. Основное состояние частиц этого уровня — электронные нейтрино и антинейтрино.



Рис. 2.2. Схема уровней квантового поля и частиц

Дальнейшее охлаждение позволило нейтрино соединяться между собой, переходя на уровень «Частицы». Парные взаимодействия мюонных антинейтрино образовали протоны, а объединение в пары электронных нейтрино образовали электроны.

Таким образом, нейтрино — промежуточное звено между квантами поля и веществом — построено из гравитонов физического вакуума. Образно говоря, нейтрино — это одновременно «холодный» квант поля и «горячая» частица вещества. Все нижележащие слои: частицы, образованные из них атомы, молекулы и вещество — все это построено из нейтрино и антинейтрино.

Раскрытие сущности взаимодействия уровней представляет в настоящее время большой интерес для космологии и для решения энергетических проблем. Отметим сразу, что термодинамического, теплового равновесия между далекими уровнями не может быть из-за невозможности их взаимодействия. Взаимодействовать между собой могут лишь объекты ближайших уровней с близкими параметрами размеров и энергии. Энергия взаимодействия частиц на атомно-молекулярном уровне составляет $\sim (0,1-1)$ эВ. Энергия взаимодействия электронов с ядром в атомах $\sim (1-100)$ эВ. В ядрах атомов энергия связи достигает значений 10 МэВ. При формировании протонов энергии связи достигает 100 МэВ. Часто, даже внутри

уровней «температура» каждого объекта своя и «теплообмен» невозможен из-за высокой упорядоченности движения составляющих объект частей. Поэтому говорить о возможности выравнивания «температур» всех объектов, т.е. о тепловой смерти Вселенной в целом, нет никаких оснований.

Уровневый подход предполагает единство физических законов на всех уровнях. Базовая сущность дискретных объектов на вложенных уровнях не меняется, различаются лишь структура и масштаб явлений. Пространство на уровне физического вакуума, заполненное мелко-дисперсными вихревыми гравитонами, мы чаще будем рассматривать как сплошную вязкую сжимаемую жидкость. В этой жидкости имеются локальные вихри — частицы. Часть вихрей соединяется между собой. Возникают тела более сложной структуры, которые сохраняют вихревые параметры. Но прежде, чем рассматривать эти структуры, напомним некоторые известные свойства вихрей и их особенности.

2.3. Основные свойства вихрей

Наполним широкий цилиндрический сосуд конечной высоты (рис.2.3) капельной или газообразной жидкостью. Если ее раскрутить, то получим вихревое движение. Центральный цилиндрический столбик некоторой толщины — *ядро* или *кern* вихря — вращается как твердое тело вокруг своей оси. Остальная масса жидкости — *присоединенный слой* — крутится вокруг ядра. Линейная скорость вращения в слое уменьшается по направлению от оси вихря как $1/r$. Для точек жидкости, значительно удаленных от ядра, скорости обратно пропорциональны кубам расстояния от ядра ($1/r^3$).



Рис. 2.3. Изменение линейной скорости в вихре

Аналогично закручены вихри в среде гравитонов. Область присоединенного слоя снаружи ядра вихря является, безусловно, неотъемлемой частью этого вихря. Но далее мы будем называть *частицей* только компактное ядро — быстровращающуюся часть с положительным градиентом скорости. Протяженную наружную часть с отрицательным градиентом скорости будем называть *присоединенным слоем окружающей среды гравитонов*. В этом случае вихри можно рассматривать как твердые «шарики» в окружении присоединенного «собственного поля». Такая точка зрения является традиционной. Например: поток «твердых» электронов и сопровождающее их электрическое и магнитное поля, «твердые» звезды и планеты и сопровождающие их гравитационные поля.

Будем помнить, однако, что слой гравитонов вокруг частиц — это не захват вращающимся твердым телом частиц окружающей среды. Земля движется не сквозь «неподвижный эфир» по Лоренцу, создавая эффект «эфирного ветра». Земля не «увлекает за собой эфир» по Стоксу и Герцу. Окружающий Землю приземный пограничный слой гравитонов является неотделимой частью объекта «Земля». В этом слое создаются эффекты тяготения, распространя-

ются свет и радиоволны. Радиус слоя определяет «кривизну пространства», созданную тяготеющей массой Земли.

Вихри характеризуются двумя основными параметрами:

- напряжением или интенсивностью вихря w — произведением площади нормального сечения центрального столбика вихря на его угловую скорость;
- циркуляцией скорости по замкнутому контуру Γ — произведением длины контура на среднюю скорость из всех составляющих скоростей точек контура.

Полагая радиус центрального столбика равным r_0 , получим

$$2w = 2\pi r_0^2 \omega = 2\pi r_0 v = \Gamma. \quad (1.1)$$

Теоремы Гельмгольца о вихрях в идеальной жидкости:

1. Вихревые шнуры всегда состоят из одних и тех же частиц.
2. Циркуляция вихревого шнура для всех сечений постоянна.
3. Вихревые шнуры должны или замыкаться на себя или оканчиваться на границах жидкости.

Если концы вихревого шнура не лежат на границах жидкости, то они должны быть замкнуты между собой. Все частицы жидкости, лежащие вне кольца, движутся при этом по замкнутым кривым, проходящим сквозь кольцо. Циркуляция скорости по всем этим кривым одинакова и равна циркуляции скорости на контуре сечения кольца. Скорость частиц максимальна на поверхности кольца.

Элемент вихревой линии dl вызывает в каждой точке M окружающей среды скорость, определяемую формулой Био-Савара:

$$dv = \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{dl \sin(dl, r)}{r^2} \quad \text{или} \quad d\vec{v} = \frac{\Gamma}{4\pi} \frac{[\vec{dl}\vec{r}]}{r^3},$$

где dl — элемент вихревой линии; dv — скорость, вызываемая этим элементом в точке M окружающей среды, r — расстояние от элемента до точки M , Γ — циркуляция скорости по контуру, охватывающему вихревую линию (рис.2.4).

Вектор $d\vec{v}$ лежит в плоскости, перпендикулярной элементу $d\vec{l}$, и направлен по касательной к окружности, которая проведена через точку M и имеет центр на оси, являющейся продолжением dl .

Для прямолинейного отрезка вихревой линии вызываемая им скорость в точке M определяется формулой:

$$v = \frac{\Gamma}{4\pi r} (\cos a - \cos b),$$

где a и b — углы, показанные на рисунке 2.4.

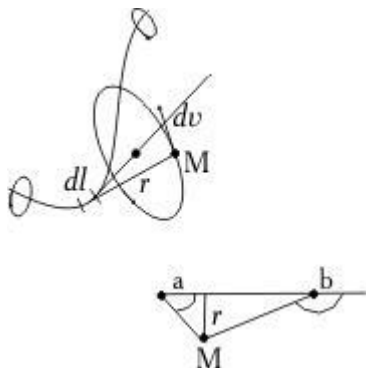


Рис. 2.4. Схема определения скорости dv , вызываемой в точке M элементом вихревой линии dl

Если вихрь прямолинеен и простирается до бесконечности в обе стороны, то вызываемые им скорости равны $v = \Gamma/2\pi r$. Заметим, что здесь слово «вихрь» мы употребляем в более широком смысле, чем выше. А именно, под вихрем подразумеваем любую конфигурацию потока жидкости с замкнутыми линиями тока. Циркуляция скорости в вихре по замкнутым контурам не равна нулю. Другими словами, вихревая скорость не имеет потенциала. При учете воздействия нескольких вихрей справедлив принцип суперпозиции.

Существует общий механизм взаимодействия между разнообразными вихревыми объектами в полевой среде. Притяжение, отталкивание, объединение частиц для создания новой структуры обуславливаются теми скоростями, которые вихри вызывают в окружающей их среде. Вихри взаимодействуют друг с другом лишь на том расстоянии, на котором вращение окружающей их возмущенной среды может увлекать другие тела. Если в зону вращения присоединенного слоя вихря попадает второй вихрь, то он вращается вокруг первого вихря. То же самое справедливо для второго вихря (рис. 2.5). Это не перемещение одного тела за счет удара или сил трения со стороны другого тела. Это движение среды — как если бы щепка попала на речке в водоворот.

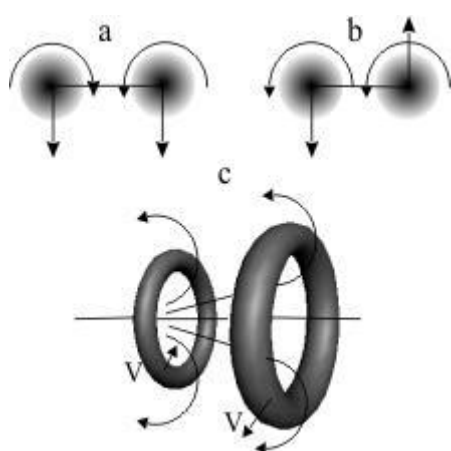


Рис.2.5. Взаимодействие вихревых колец

Если два вихря имеют равные по величине, но противоположные по знаку интенсивности, то они сообщают друг другу равные по величине и одинаково направленные скорости, т.е. движутся поступательно (рис. 2.5 а). Два вихря, имеющие одинаковые по величине и знаку интенсивности, вращаются вокруг оси, проходящей через середину расстояния между ними (рис. 2.5 б). Если два одинаковых вихревых кольца имеют общую ось, (рис. 2.5 с), то переднее вследствие скоростей, задаваемых задним кольцом, увеличивается в диаметре и замедляется; заднее при этом сжимается и ускоряется. В результате заднее кольцо проходит сквозь переднее кольцо, и все повторяется сначала («игра вихревых колец»).

Если на тороидальный вихрь, изображенный на рисунке 2.6, действует внешняя сила F , направленная влево, то она стремится сместить центры круговых линий тока влево, где вращающаяся жидкость направлена вниз в левой части кольца и вверх — в правой части кольца. Поэтому под действием силы ось тора будет разворачиваться против часовой стрелки.

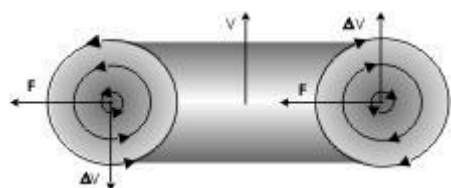


Рис.2.6. Поворот вихревого кольца под действием силы

Второй закон Ньютона гласит, что изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует. Движение быстровращающихся вихрей не подчиняется этому закону: движение оси вихря определяется направлением не силы, а момента внешней силы. Вихрь смещается перпендикулярно действующей силе.

Если сила F приложена перпендикулярно плоскости вихревого кольца (рис. 2.7), то она толкает оси двух вихрей вверх, где вращающиеся частицы жидкости движутся в противоположные стороны: влево в левой части кольца и вправо — в правой части, следовательно, кольцо будет растягиваться, т.е. двигаться перпендикулярно приложенной силе. Диаметр кольца при этом увеличивается. Если сила была бы направлена вниз, то размеры кольца должны уменьшиться. Таким образом, при воздействии на вихрь какой-то силой, получаем смещение под действием этой силы не по вектору силы, а в перпендикулярном ей направлении.

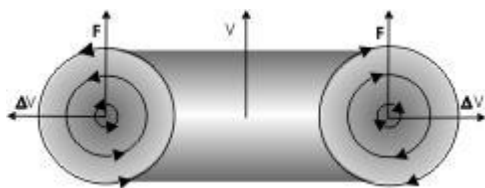


Рис.2.7. Растяжение вихревого кольца

Еще раз перечислим основные свойства линейных вихрей:

1. Равномерное и прямолинейное движение вихря имеет место лишь при действии на него другого вихря такой же интенсивности с противоположным вращением. Внешнее воздействие является причиной не ускорения, а скорости.
2. Под действием внешних моментов сил ось быстровращающегося вихря поворачивается не в той плоскости, в которой она повернулась бы без быстрого вращения, а в плоскости ей перпендикулярной. При этом движение оси под действием постоянного момента сил происходит не с ускорением, а с постоянной угловой скоростью и продолжается лишь до тех пор, пока действует внешний момент сил. Как только прекращается действие внешнего момента сил, сразу же прекращается и движение оси.
3. Вихри взаимодействуют как упругие тела, но передают друг другу не импульс, а момент импульса прецессионного движения.
4. Присоединенный слой вихревой среды данного вихря увлекает своим течением другие вихри, которые в нем размещены. Смещение центра масс других вихрей заставляет их двигаться в перпендикулярном смещению направлении — по линейной скорости вращения в новом центре масс.
5. Кольцевой вихрь в среде движется поступательно вдоль своей оси в направлении потока через центральное отверстие.
6. Вихри при взаимодействии не совершают работы и не проявляют инерции.

2.4. Движение вихрей

Вихревое кольцо не может оставаться неподвижным. Оно будет двигаться по направлению, перпендикулярному плоскости кольца, в ту сторону, в которую жидкость вытекает из кольца. Это движение будет тем быстрее, чем больше интенсивность вихря и чем меньше размер кольца. Кольцо будет передвигаться равномерно, перенося за собой всю крутящуюся вокруг него жидкость.

Кольцевой вихрь можно сравнить с самовыворачивающимся бубликом. Он имеет собственный «двигатель» в виде тороидального вращения. Присоединенный слой сцепляется со свободными гравитонами. При этом вихревая гравитонная среда не сопротивляется сжатию и сдвигу. Смещение гравитонов происходит перпендикулярно действующей силе, т.е. работа силы равна нулю. Другими словами, тело движется в вихревой среде без «трения». Это относится и к фотонам и к планетам одинаково.

Движение вихря в поле можно сравнить с тем, как мы ходим по земле — отталкиваем ногой землю назад, а сила трения покоя ноги о землю толкает нас вперед. Близким аналогом будет также движение колесного или гусеничного транспорта. Своей наружной частью самовыворачивающийся вихрь как бы «катится» по наружному трубчатому слою сцепленного с ним поля (рис.2.8).

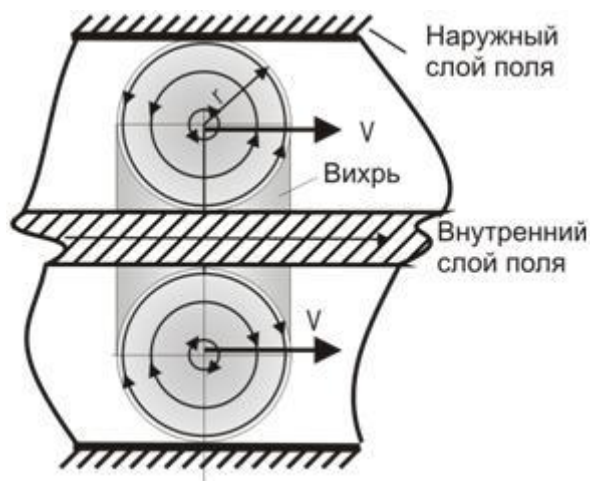


Рис.2.8. Движение тороидального вихря в «вязкой трубе»

Условием поступательного перемещения является вязкость среды. Частое утверждение о движении безмассовых микрочастиц (нейтрино и фотонов) как «безопорном» не обосновано. Вихри-частицы отталкиваются от окружающей вязкой среды вихревых гравитонов. При движении вихря импульс сохраняется. При этом наружный слой поля отбрасывается назад, а внутренний слой поля выбрасывается вперед. Аналогичную картину мы имеем при переходе человека в лодке с носа на корму. Относительно воды лодка уходит направо, а человек — налево. Центр масс остается на месте. Здесь вместо лодки — поле, а вместо человека — вихрь. Работа при этом не совершается.

3. Структура фундаментальных частиц

3.1. Электронные нейтрино и антинейтрино

По мере остывания Вселенной часть гравитонов сгруппировала вихревые кольца. В вихревом кольце поддерживается два вращающихся потока гравитонов: один поток — *тороидальный* вокруг кольцевого ядра с частотой Ω (рис.3.1). Это обеспечивает движение тора вдоль оси за счет его «самовыворачивания». Угловой момент тороидального вращения замкнут сам на себя.

Другое движение — *кольцевое* — вдоль ядра с частотой ω . Это вращение тора как целого вокруг центральной оси. Вдоль этой оси направлен и момент импульса кольцевого вращения. Фактически движение гравитонов в вихре происходит по винтовым линиям. Тороид-

дальняя и кольцевая скорости составляют по отношению друг к другу либо правовинтовую, либо левовинтовую систему [4].

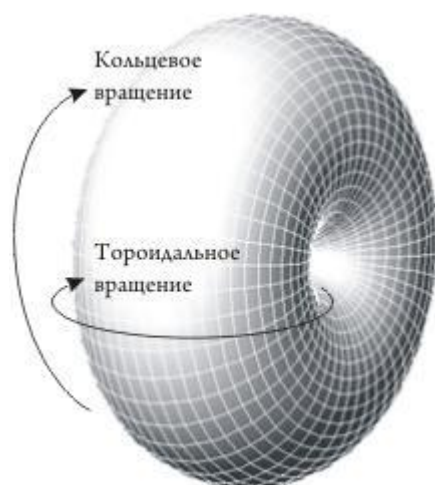


Рис.3.1. Кольцевой вихрь нейтрино

Отождествим левовинтовое гравитонное вихревое кольцо с *электронным нейтрино* ν , а правовинтовое — с *электронным антинейтрино* $\bar{\nu}$. Эти частицы асимметричны. По закону сохранения момента импульса они должны создаваться парой. Аннигилировать, т.е. исчезнуть, слившись друг с другом, они не могут из-за своей асимметрии. Пространственно они несовместимы. Именно такая структура нейтрино и антинейтрино лежит в основе закона сохранения комбинированной четности.

На рисунке 3.2. представлено сечение тора. Левый вихрь вращается против часовой стрелки. Он увлекает за собой пограничный слой полевой среды. В месте размещения правого вихря этот поток направлен вверх. Точно так же правый вихрь, вращающийся по часовой стрелке, образует поток среды в месте расположения оси левого вихря вверх с постоянной скоростью. Левый вихрь перемещает вверх правый, а правый вихрь перемещает вверх левый.

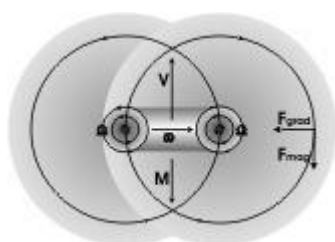


Рис. 3.2. Тороидальное и кольцевое вращения нейтрино

Свободное нейтрино в вязкой среде гравитонов за счет своего «самовыворачивания» немедленно начинает двигаться поступательно вдоль оси кольца с постоянной скоростью V , близкой к световой. Скорость света c есть средняя («тепловая») скорость частиц поля — гравитонов. Поступательное движение кольцевого вихря нейтрино поддерживается за счет тороидального вращения с частотой Ω . Момент импульса тороидального вращения замкнут сам на себя. Он не может участвовать в спин-спиновом взаимодействии с другими объектами. В его замкнутости заключается гарантия стабильности частицы. Эта скрытая внутренняя энергия не может быть растратчена при взаимодействиях.

Кольцевое вращение с частотой ω определяет момент импульса \vec{M} и энергию нейтрино $\hbar\omega$. В основном состоянии минимальный (собственный) момент импульса (спин) равен $\hbar/2$.

При возбуждении частота кольцевого вращения ω увеличивается. Энергетический диапазон частиц может быть весьма широк.

Направление поступательного движения образует левовинтовую систему с направлением кольцевого вращения у нейтрино и правовинтовую систему у антинейтрино. Говорят также, что нейтрино имеют спиральность $(-h/2)$, т.е. спин направлен против направления движения. Спиральность антинейтрино равна $h/2$.

Нейтрино и антинейтрино являются передаточным звеном в цепочке уровней эволюции материи. Все составляющие поля на уровнях выше нейтрино более энергичные, чем нейтрино. В гравитоны, а затем в нейтрино перешла лишь небольшая часть темной энергии. Если бы мы могли уменьшить поле своего зрения до масштабов нейтрино, то мы увидели бы их как редкие темные точки на сплошном ярком фоне «среды».

3.2. Структура фотона

На ранних этапах горячей Вселенной концентрация вихрей нейтрино была столь высокой, что обеспечивались очень малые расстояния взаимодействия между ними. Поэтому поддерживались многие формы вихревых образований — «возбужденных» нейтрино. После остывания часть из них оказалась устойчивой, в том числе фотоны и электроны — сборки из пары нейтрино, мюонные нейтрино и тау-нейтрино.

Схема образования фотонов показана на рисунке 3.3. Фотон «собран» из двух нейтрино (*левовинтовые фотоны*) или из двух антинейтрино (*правовинтовые фотоны* или «*антифотоны*»). Они соосно стоят друг за другом и притягиваются *вихревым взаимодействием*. Нейтрино постоянно меняются местами, изменяя свои размеры, и проходя друг сквозь друга по принципу «игры вихревых колец» (см. рис. 2.5). Переднее кольцо действует своим потоком присоединенного слоя поля на заднее кольцо таким образом (см. выносные линии левого рисунка), что центр масс заднего вихря смещается к оси и вперед. Но тогда собственный поток тороидального вращения заставляет заднее кольцо уменьшать свой диаметр и ускоряться. Аналогичным образом заднее кольцо (см. выносную линию среднего рисунка) тормозит и увеличивает диаметр переднего кольца. Когда заднее кольцо пройдет сквозь отверстие в переднем кольце, то оно станет передним и вся картина повторится.

Необходимо обратить внимание на то, что кольцевые вращения нейтрино в фотоне направлены в одну сторону. Через присоединенный поток поля доступная наблюдению частота кольцевых вращений обоих нейтрино выравнивается — вокруг оси они вращаются как одно целое.

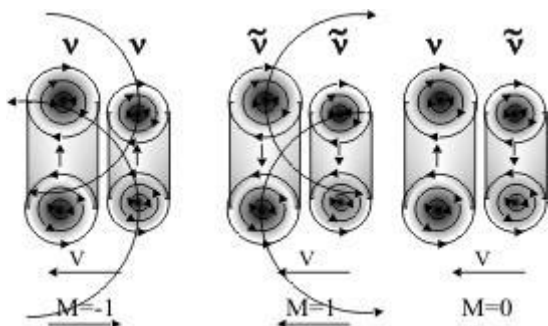


Рис. 3.3. Схема образования фотонов

Из рисунков видно, что при объединении двух антинейтрино спиральность (проекция спина на импульс) положительна и равна 1 (h). При соединении двух нейтрино спиральность равна -1 ($-h$), а пара нейтрино-антинейтрино дает спиральность равную нулю. Мы говорим,

что спин фотона в единицах \hbar может иметь значения 1, -1, 0. Из рисунка видно, что речь при этом идет о разных частицах, хотя по другим параметрам они неразличимы.

Изображенный на рисунке третий вариант — соединение нейтрино с антинейтрино — не может наблюдаться, хотя может существовать. Такие фотоны могут иметь лишь собственную (нулевую) энергию, которую нельзя отнять. Моменты кольцевых вращений здесь компенсируют друг друга. Но если фотон не может передать свой момент регистрирующему прибору, то он недоступен наблюдению, — его невозможно зафиксировать. Поэтому число возможных наблюдаемых ориентаций спина фотона равно двум, а не трем, которым обладала бы частица со спином $S=1$ ($2S+1=3$).

Энергия тороидального вращения фотонов не может быть растрочена при взаимодействиях, так как момент импульса замкнут сам на себя. Тороидальное вращение обеспечивает фотонам, находящимся в «тепловом» равновесии с окружающей средой, постоянную скорость поступательного движения. Эта скорость c зависит от диэлектрической $\epsilon\epsilon_0$ и магнитной $\mu\mu_0$ проницаемостей среды:

$$c^2 = \frac{1}{\mu\mu_0\epsilon\epsilon_0}.$$

Каждый фотон имеет энергию, импульс, момент импульса, частоту "игры колец" и частоту вращения ω колец как целого. Частота кольцевого вращения колец ω не связана с собственными внутренними свойствами фотона. Благодаря кольцевому вращению фотоны могут переносить энергию между объектами микромира. Именно эта частота участвует в формуле Планка $E=\hbar\omega$ и определяет цвет света.

3.3. Мюонное нейтрино

Другим устойчивым состоянием многокомпонентных частиц, сохранившимся со времени Большого взрыва, являются мюонное нейтрино и мюонное антинейтрино. Они, как нейтрино и фотоны, постоянно движутся со световой скоростью. Мюонное нейтрино состоит из двух нейтрино и одного антинейтрино (рис.3.4). Можно также сказать, что мюонное нейтрино образовано нейтринным фотоном и антинейтрино.

Поступательное движение осуществляется по принципу «игры вихревых колец». Кольца нейтрино постоянно проходят друг через друга. Скорости всех составляющих направлены в одну сторону. Спин мюонного нейтрино, равный $\hbar/2$, противоположен скорости. У мюонного антинейтрино направления скорости и спина совпадают.

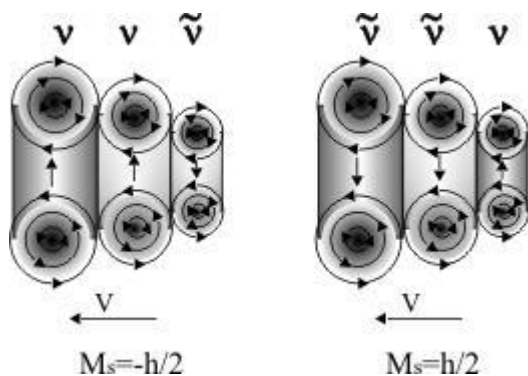


Рис. 3.4. Мюонное нейтрино и мюонное антинейтрино

Кольца нейтрино в мюонном нейтрино, как и в фотоне, притягиваются друг к другу за счет вихревого взаимодействия. При этом направление вращения притягивающихся вихрей должно быть одинаково. На рисунке поток во всех верхних сечениях вихря направлен по часовой стрелке, а в нижних — против часовой стрелки.

3.4. Электрон и позитрон

Если свободные нейтрино имеют противоположно направленные скорости, то при пролете на очень близком расстоянии они могут сцепиться и образовать новую частицу. Сцепление нейтрино осуществляется по механизму *вихревого взаимодействия*. Сейчас этот механизм называют «сильным» взаимодействием. Увлекаемый поток поля одного нейтрино смещает центр масс вихря другого нейтрино таким образом, что вихревой поток второго нейтрино прижимает его к первому. В свою очередь, первое нейтрино попадает в поток поля второго нейтрино и дрейфует к нему. Скорости нейтрино противоположны, так что сила притяжения является центростремительной, а орбита вращения является окружностью. Работа при этом не совершается.

На рис.3.5 изображена структура электрона, а на рис.3.6 — позитрона.

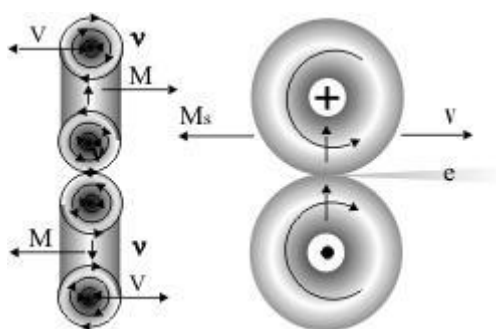


Рис. 3.5. Структура электрона

Электрон образуется из двух вихрей-нейтрино с противоположно направленными скоростями, взаимно притягивающихся друг к другу по механизму сильного взаимодействия. Они вращаются по круговой орбите вокруг общей точки в плоскости, перпендикулярной плоскости колец, со скоростью, близкой к световой. Моменты нейтрино при этом противоположны. Образующийся при вращении «восьмерки» *новый вихрь* имеет спин — собственный момент электрона $M_s = h/2$.

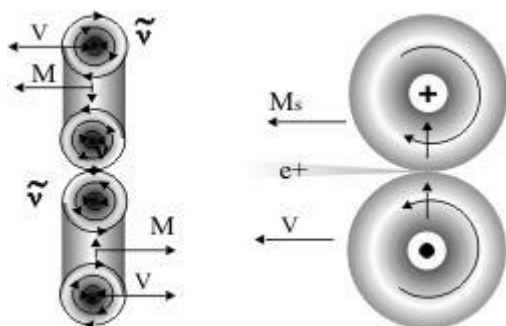


Рис. 3.6. Структура позитрона

Рассмотрим эту модель в другой плоскости (см. правые части рисунков). Кольцевые потоки нейтрино, составляющих электрон (позитрон), взаимно действуют друг на друга, так что частоты их вращения одинаковы. В отличие от нейтрино и фотона здесь кольцевой, а не тороидальный поток является двигателем частицы. На рис.3.5 электрон движется направо — в направлении, противоположном направлению спина M_s . Позитрон движется по спину M_s . Скорость их «броуновского» движения соответствует собственной частоте кольцевого враще-

ния ω_0 . При увеличении угловой скорости вращения колец поступательная скорость частиц также увеличивается.

Нетрудно заметить, что вращающиеся в электроне нейтрино образуют своего рода «шестеренчатый насос». Они плотно сдавливают центральную часть приповерхностного слоя поля и затем выталкивают струю увлеченных гравитонов в телесный угол по направлению скорости v . Вдоль оси образуется открытая *вихревая трубка* неопределенной длины, вращающаяся вокруг своей оси с частотой тороидального вращения Ω .

Здесь мы употребляем термин «трубка» не в смысле описания геометрии, а в смысле *зарядовой трубки Фарадея*. Трубка — это исходящий из точки соприкосновения вихрей нейтрино лучевой поток с винтовым движением гравитонов. Вращение вихревой трубки для электрона образует левый винт, а для позитрона — правый винт с направлением потока.

Винтовой поток гравитонов в открытой вихревой трубке отождествим с *электрическим полем*. Далее будем называть эту трубку «зарядовой», так как интенсивность ее потока определяет *заряд* частицы. В начале зарядовой трубки у позитрона расположен источник, а у электрона — сток. Поэтому заряд позитрона называют положительным, а заряд электрона — отрицательным.

Зарядовые трубки обеспечивают *электростатическое взаимодействие* между частицами при их соосном расположении. Механизм силового действия основан на законе Бернулли: чем больше скорость потока гравитонов в трубке, тем меньше в ней статическое давление. Таким образом, на оси частицы по разные стороны от центральной точки может создаваться перепад давления за счет наложения внешнего потока от другой частицы. Сила обеспечивается градиентом плотности энергии. Некоторые варианты наложения потоков вихревых трубок для частиц показаны на рисунке 3.7.

В случае «а» позитрон и электрон движутся в одном направлении. Зарядовая трубка позитрона проходит сквозь зарядовую трубку электрона. Левовинтовой гравитонный поток электрона нейтрализуется правовинтовым потоком позитрона. Вращательная скорость потока на оси электрона равна нулю по обе стороны от центральной точки. На позитрон не действует электростатическое поле электрона. Электрон также не испытывает воздействия со стороны позитрона. Однако при данной ориентации частицы притягиваются друг к другу вихревым взаимодействием (направление вращения прилегающих вихрей одинаково).

В случае «б» позитрон и электрон движутся навстречу друг другу. Осевые потоки вне частиц. Вращения во встречных поступательных потоках между частицами складываются друг с другом. Гидродинамическое давление на оси между частицами меньше, чем вне их, и частицы притягиваются вдоль оси.

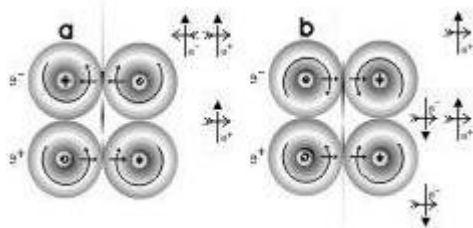


Рис. 3.7. Взаимодействие электрона и позитрона

На рис.3.8 показано взаимодействие двух положительных позитронов, следующих вдоль оси вдогонку друг за другом (а) и во встречном направлении (b).

В первом случае между частицами действует лишь поток нижнего позитрона, который не испытывает силового воздействия. Для верхнего позитрона вращательные потоки внутри и снаружи складываются. Следовательно, перепада давления в центральной точке на оси не возникает. При данной ориентации частицы не расталкиваются. Стоит обратить внимание, что

одноименные частицы в этом положении притягиваются друг к другу вихревым взаимодействием и могут образовывать пары со спином, равным \hbar и зарядом $2e$.

Во втором случае встречного сближения потоки снаружи частиц не изменяются. Вращение потоков между частицами компенсируется. Статическое давление на оси между частицами больше, чем снаружи. Заряды расталкиваются.

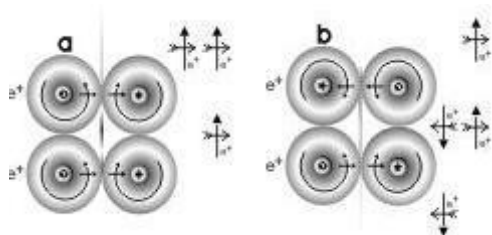


Рис. 3.8. Взаимодействие двух позитронов

Таким образом, электростатические поля электрона и позитрона обладают не центральной, а осевой симметрией. Поля создаются поступательным механическим потоком гравитонов в виде вращающегося луча. Электростатическое взаимодействие заряженных частиц происходит вдоль оси частицы за счет действия силы на точку соприкосновения нейтрино. Эта сила обусловлена разностью гидродинамических статических давлений по обе стороны точки.

Поступательный поток гравитонов, осуществляющий электростатическое взаимодействие, воплощает идею Фарадея о зарядовых трубках (силовых линиях, жгутах), которыми соединены заряженные частицы. В отличие от случая центрально-симметричного поля, связь осесимметричных зарядов возможна только для парных взаимодействий. Взаимное притяжение или отталкивание заряженных частиц зависит от их ориентации.

3.5. Протон

Напомним, что при соединении двух антинейтрино образуется позитрон, а при соединении двух нейтрино образуется электрон. Аналогично этому при соединении движущихся встречно двух мюонных антинейтрино образуется протон, а при соединении двух мюонных нейтрино образуется антипротон. Структура протона приведена на рисунке 3.9.

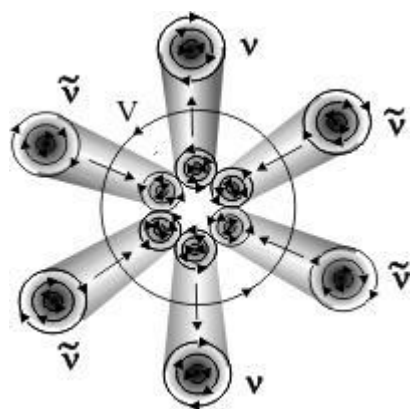


Рис. 3.9. Структурная схема протона

При избыточной энергии после начала вращения составляющие должны равномерно распределиться по окружности вращения. Все шесть вихревых колец обеспечивают взаимное притяжение за счет описанного выше вихревого взаимодействия. При рассмотрении вращений вихревых колец как целого снова оказывается, что два некомпенсированных антинейтри-

но порождают в центральной точке незамкнутую зарядовую вихревую трубку, вращающуюся как правый винт (на рисунке не показано).

Винтовой поток гравитонов в открытой зарядовой вихревой трубке протона также отождествляется с электрическим полем. Этот узкий лучевой поступательный поток определяет электростатическое поле положительного заряда. Как и у электрона, электростатическое поле одиночного протона носит векторный (т.е. направленный) характер.

Формально можно сказать, что протон «содержит» в себе два фотона и позитрон или электрон и два позитрона, поэтому его положительный заряд равен заряду позитрона. Протон обладает большой энергией связи (потеря кинетической энергии составляющих при их соединении в новую частицу). Поэтому он имеет большую прочность, разрушить его трудно.

3.6. Схема образования частиц

Представим сведения по составу фундаментальных частиц в виде таблицы. Сюда мы включили и нейтрон и антинейтрон, структура которых будет рассмотрена далее.



Каждой стабильной частице соответствует своя античастица. Слева указано число вихревых элементов нейтрино в частицах. Нейтрино и антинейтрино являются простейшими высокоэнергичными вихревыми образованиями в сплошной среде гравитонов. Все остальные частицы составлены из нейтрино как из элементов.

При образовании фундаментальных частиц из нейтрино наиболее вероятными были парные столкновения. Электроны и позитроны образованы в результате парных взаимодействий нейтрино или антинейтрино. Протоны образованы парными столкновениями мюонных антинейтрино. Парные столкновения протонов с мюонными нейтрино привели к образованию нейтронов.

Отметим, что на уровне темной материи имеется симметрия между количеством частиц и античастиц. Нейтрино и антинейтрино, левополяризованные и правополяризованные фотоны — все они содержатся в излучении в равных количествах. Часто спрашивают, а где же антиматерия, где искать антигалактики? Сейчас нам должно быть понятно, что антивещество содержится в обычном веществе и искать его нигде не надо. В самом деле, например, в атоме водорода — самом распространенном элементе — содержится одинаковое число нейтрино (4) и антинейтрино (4):

Электрон	$\nu\nu$
Протон	$\bar{\nu}\bar{\nu}\bar{\nu}\bar{\nu}\nu\nu$

А нейтрон содержит четыре нейтрино и пять антинейтрино.

4. Оценка параметров частиц

4.1. Продольная и поперечная массы электрона

На рис.4.1 показана схематическая модель электрона:

- 1 — нейтрино;
- 2 — электрическая вихревая трубка;
- 3 — присоединенный слой гравитонов.

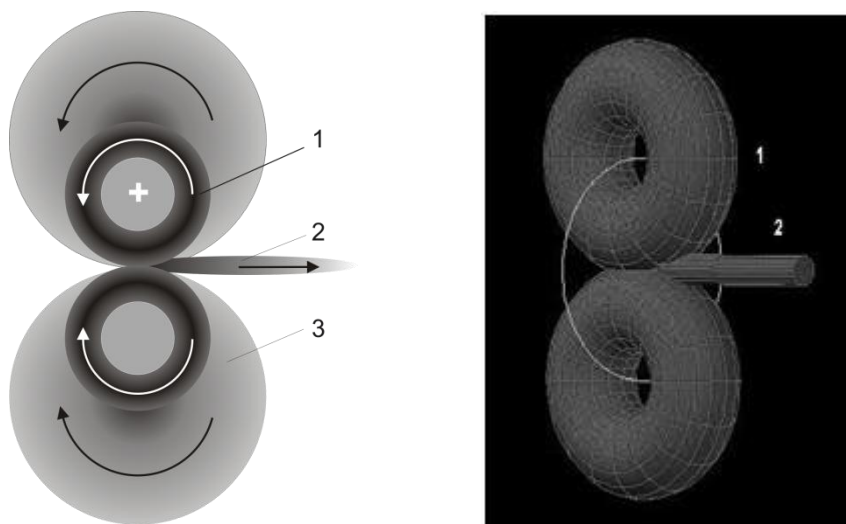


Рис.4.1. Структура электрона

Основными соотношениями специальной теории относительности для свободно движущейся точечной частицы (системы частиц) являются отношения между энергией E , импульсом p и массой m [5]:

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4 \quad \vec{p} = \frac{\vec{v}E}{c^2}. \quad (4.1)$$

Отметим, что здесь импульс является потоком энергии, а не массы. Соотношение (4.1) отражает закон сохранения энергии, при этом выражение mc^2 описывает потенциальную энергию. На основании этих формул можно написать выражения для E и p :

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}; \quad \vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}. \quad (4.2)$$

Энергия E и импульс p являются компонентами четырехмерного вектора, подобно четырехмерным координатам t и r . Поэтому уравнение (4.1) справедливо для каждой из координат. Масса m и скорость v — те же самые величины, с которыми мы имеем дело в ньютоновской механике.

Уравнения (4.1) описывают движение точечных частиц во всем интервале скоростей. С одной стороны, при $v=c$ $pc=E$. Подставив это в первое равенство (4.1), мы приходим к выводу, что если частица движется со скоростью c , то ее масса равна нулю. С другой стороны, энергия тела не обращается в нуль, когда это тело покоится ($v = 0$, $p = 0$). Тогда энергия покоя $E_0 = mc^2$ или $m = E_0/c^2$. Найдя энергию покоя, можно вычислить массу частицы.

Кинетическая энергия определяется как разность между полной энергией E и энергией покоя E_0 :

$$E_{\text{кин}} = E - E_0 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right).$$

При определении массы следует иметь в виду следующее обстоятельство, которое, однако, мы не будем сейчас учитывать. По определению масса измеряется при нулевом импульсе. Но электрон не может быть в абсолютном покое. Из квантовой механики известно, что имеется минимальная (собственная или «нулевая») энергия, которую нельзя отнять [6]. Табличные параметры частиц (масса, заряд, магнитный момент) определены при собственной (нулевой) энергии. Это собственные значения частиц.

Возрастание энергии электрона сводится к увеличению угловой скорости кольцевого вращения составляющих его нейтрино. Момент импульса нейтрино $[\vec{r} \cdot \vec{p}]$ остается равным $\hbar/2$, так что размер частицы уменьшается обратно пропорционально импульсу:

$$r = \frac{\hbar}{2p} = \frac{\hbar}{2} \frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{mv} = \frac{\hbar c^2}{2vE} \quad (4.3)$$

Из формулы видно, что наиболее сильное уменьшение размеров происходит для релятивистских частиц. При этом электрон может не двигаться, а быть в связанном состоянии.

В предлагаемой модели частицы являются не точечными объектами, а осесимметричными вихрями. Их движение следует рассматривать в цилиндрической системе координат, так как в кольцевых вихрях осуществляются независимые движения вдоль оси и по углу. Полная энергия складывается из энергии поступательного движения и энергии вращения. Поэтому перепишем уравнение (4.1) для независимых поступательного и вращательного движений:

$$(E_z)^2 - p_z^2 c^2 = m_z^2 c^4, \quad \vec{p}_z = \vec{v}_z E_z / c^2; \quad (4.4)$$

$$(E_\varphi)^2 - p_\varphi^2 c^2 = m_\varphi^2 c^4, \quad \vec{p}_\varphi = \vec{v}_\varphi E_\varphi / c^2. \quad (4.5)$$

В уравнениях введены обозначения m_z для продольной массы и m_φ для поперечной массы. Продольная масса — это наблюдаемая инертная масса, которую для электрона дальше будем снова обозначать как m .

Применим теперь уравнение (4.4) для движения электрона вдоль оси OZ. Обратимся к рисунку 4.1. Пусть импульс вдоль оси p_z равен нулю. Но кольца нейтрино будут продолжать вращаться вокруг оси с околосветовой скоростью за счет тороидального потока гравитонов. Энергия этих потоков является энергией покоя электрона. Следовательно, продольная масса электрона определяется энергией тороидального вращения гравитонов. В уравнении (4.4) масса представляется как потенциальная энергия электрона. Но при рассмотрении более широкой системы она оказывается кинетической энергией потоков гравитонов.

Применим уравнение (4.5) для поперечного (а точнее, углового) движения электрона. В плоскости, перпендикулярной к оси, нейтрино вращаются вокруг оси с линейной скоростью, v_φ , близкой к скорости света. Поэтому $m_\varphi = 0$, — поперечная масса электрона равна нулю.

Таким образом, вопрос «Откуда берется масса электрона?» в рамках вихревой модели полностью снимается. Масса — это собственная энергия частицы, измеренная при нулевом импульсе в заданном продольном направлении. Масса определяется кинетической энергией внутренних замкнутых потоков гравитонов.

Электрон обладает инертностью при поступательном движении, так как имеет продольную массу. Но в поперечном направлении он безинерционен, так как его поперечная масса равна нулю. При пролете через магнитное поле электрон отклоняется магнитным полем в поперечном направлении без совершения работы.

Свойство инерции полностью обусловлено вихревым строением частиц. Вихри не испытывают сопротивления лишь при движении в среде вдоль оси. Боковое приложение силы вызывает разворот оси кольцевого вихря (рис. 2.6), т.е. его сопротивление в направлении силы.

В теории относительности связь между силой $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ и ускорением $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ определяется формулой [7]:

$$\vec{F} - (\vec{F} \cdot \vec{\beta}) \vec{\beta} = \gamma m \vec{a}, \quad \vec{\beta} = \vec{v}/c, \quad \gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}. \quad (4.6)$$

Ускорение в релятивистском случае не направлено по силе, а имеет также составляющую по скорости. Если бы инерционная масса определялась как отношение действующей силы к ускорению, то она зависела бы от взаимного направления силы и скорости. При $\vec{F} \perp \vec{v}$ уравнение движения (4.6) будет выглядеть как

$$\vec{F}_{\perp} = m\gamma\vec{a},$$

а при $\vec{F} \parallel \vec{v}$

$$\vec{F}_{\parallel} = m\gamma^3\vec{a}.$$

Зависимость параметров релятивистского движения от взаимного направления силы и скорости подтверждает, в частности, двухмерность вихревой модели электрона.

4.2. Заряд электрона

Рассмотрение модели электрона требует переопределения основных электрических параметров в терминах потока — в системе МКС (метр, килограмм, секунда). Для выяснения физической сущности основных понятий электростатики запишем выражения для плотности энергии электростатического поля:

$$u = \frac{\epsilon\epsilon_0}{2} E^2, \quad (4.7)$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электрическая постоянная;

ϵ — относительная диэлектрическая проницаемость среды;

E В/м — напряженность электрического поля.

С другой стороны, плотность энергии для единичного объема потока сплошной среды внутри зарядовой трубки электрона записывается как

$$u = \frac{\rho}{2} v^2, \quad (4.8)$$

где ρ кг/м³ — плотность потока гравитонов в выделенном объеме;

v м/с — скорость выделенного объема среды.

Сравнивая формулы (4.6) и (4.7), получаем соотношения:

$$\epsilon\epsilon_0 [\text{Ф/м}] = \rho [\text{кг/м}^3]$$

$$E [\text{В/м}] = v [\text{м/с}]$$

Абсолютная диэлектрическая проницаемость, выраженная в Ф/м, есть плотность потока гравитонов в зарядовой трубке, выраженная в кг/м³. Напряженность электрического поля, выраженная в В/м, есть скорость потока гравитонов в зарядовой трубке, выраженная в м/с.

По закону Кулона напряженность электрического поля обратно пропорциональна квадрату расстояния от заряда:

$$E = \frac{e}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R^2}, \quad (4.9)$$

где e — заряд электрона.

Из формулы (4.9) следует, что заряд e в понятиях потока имеет размерность [кг/с]. Перепишем формулу (4.9) в терминах потока:

$$e = 4\pi R^2 \rho v. \quad (4.10)$$

Заряд — это поток плотности гравитонов через сферу радиуса R , внутри которой находится электрон. На рис. 4.1 схематично показано, как присоединенный слой гравитонов 1 захватывается между кольцами нейтрино и выбрасывается в зарядовую трубку. В вихревой модели электрический заряд электрона, выраженный в Кл, есть масса гравитонов, выбрасываемая в зарядовую трубку в одну секунду, выраженная в кг/с, при собственной частоте кольцевого вращения ω_0 .

Уравнения движения заряда в релятивистской форме записывают в виде:

$$\vec{F} = d\vec{p}/dt = \frac{d}{dt} \left(\frac{m\vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right) = e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}). \quad (4.11)$$

Обобщением силы на четырехмерное пространство будет «4-сила» f_{μ} :

$$f_{\mu} = \left(\frac{\vec{F} \cdot \vec{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \frac{\vec{F}}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right) = \left(\frac{e \cdot \vec{v} \cdot \vec{E}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \frac{e \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right), \quad (4.12)$$

Первая временная компонента четырехвектора равна мощности, т.е. скорости изменения энергии или скорости совершения работы $\vec{F} \cdot \vec{v}$. Пространственными компонентами будут значения $\vec{F} / \sqrt{1-v^2/c^2}$. Заметим, что в (4.12) фигурирует выражение $e\gamma$, — аналогичное выражению $m\gamma$ в формуле (4.6).

Собственно электроном обычно называют только жесткое ядро частицы, образованное вращающимися нейтрино 1 (рис. 4.1 справа). Поэтому электрон, вообще говоря, можно представить двумя точечными массами, движущимися по спиралям. Но следует учитывать, что к поверхности нейтрино как бы «прилипает» тонкий слой гравитонного газа. Движущиеся слои газа частично увлекают за собой соседние слои за счет вязкости. Возникает присоединенный слой гравитонов 3, охватывающий кольца нейтрино. Частицы слоя одновременно участвуют в тороидальном и кольцевом вращениях. Эти вращения превращают электрон в электромагнитный комплекс, обладающий собственными электрическим и магнитным полями.

При кольцевом вращении слоя образуется направленное электростатическое поле в виде узкого поступательного вращающегося потока гравитонов. Наличие углового момента у электростатического поля проявляется в эффекте Герца – Квинке – Сумото — вращении диэлектрического шара в жидкости, помещенной между пластинами конденсатора. Этот эффект был открыт Герцем в 1881 году.

В том, что электростатическое поле обладает вращательным моментом, можно убедиться на следующих простых опытах. На рисунке 4.2а конденсатор образуется двумя дисками диаметром 100 мм. Расстояние между дисками 250 мм. В конденсаторе на тонкой нити подвешен металлический диск d диаметром 40 мм на расстоянии 50 мм от нижнего электрода. Верхний электрод заземлен. На нижний электрод подавалось отрицательное напряжение от рентгеновского источника питания. Для защиты от конвекционных потоков воздуха все устройство было помещено в стеклянный сосуд.

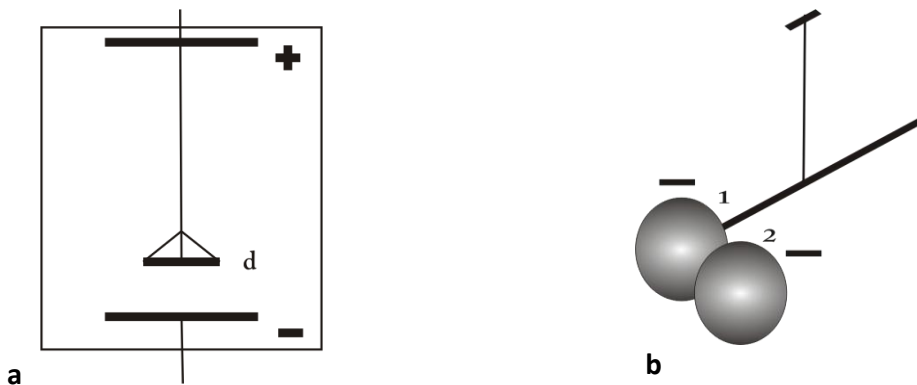


Рис. 4.2. Схема экспериментов

Диск d начинал вращаться против часовой стрелки (если смотреть снизу) при подаче на нижний электрод напряжения свыше 2 кВ. Угол поворота составлял 90° при напряжении 20 кВ. Вообще говоря, эффект проявляется при любых размерах дисков.

На рисунке 4.2b диск 1 закреплен на крутильных весах, а диск 2 помещен рядом с ним. При подаче на диски одинакового напряжения (свыше 10 кВ) они расталкиваются.

Магнитное поле образуется за счет вращения присоединенного слоя гравитонов вокруг оси электрона. Приблизительно можно принять, что масса присоединенного слоя с отрицательным градиентом скорости равна массе ядра (см. рис. 2.3). Можно также принять, что за один оборот кольцевого вращения в зарядовую трубку выбрасывается вся масса присоединенного

слоя m , а за одну секунду — масса e . Удельный заряд электрона $\frac{e}{m} = \nu_o = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ (с}^{-1}\text{)}$ определяет собственное (наименьшее) число оборотов кольцевого вращения в одну секунду. Отсюда собственная энергия кольцевого вращения $E_{r_o} = 2\pi h \nu_o = 1,161 \cdot 10^{-22} \text{ Дж} = 7,253 \cdot 10^{-4} \text{ эВ}$.

Для сравнения собственная энергия тороидального вращения составляет

$$E_o = mc^2 = 8,187 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} = 5,117 \cdot 10^5 \text{ эВ}.$$

В основном состоянии при нулевой скорости поступательного движения электрон создает магнитное поле, которому соответствует собственный (спиновой) магнитный момент электрона μ_s . Его значение практически совпадает с магнетонном Бора μ_B — произведением спина $\frac{h}{2}$ на удельный заряд $\frac{e}{m}$:

$$\mu_B = \frac{h e}{2 m} = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ (Дж/Тл)}.$$

Спин электрона, равный $h/2$ учитывает энергию вращения двух нейтрино вокруг его оси только на одном обороте. Спин электрона — это момент импульса, момент потока массы: $\frac{h}{2} = m \cdot c \cdot r_o = 0,53 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж}\cdot\text{с)}$. Отсюда радиус нейтрино в электроне $r_o = 1,932 \cdot 10^{-13} \text{ м}$. Радиус электрона в основном состоянии вдвое больше $r_e = 3,863 \cdot 10^{-13} \text{ м}$.

Магнитный момент учитывает энергию вращения присоединенного слоя за секунду, — это момент потока заряда слоя относительно среднего радиуса присоединенного слоя r_1 :

$$\mu_s = e \cdot c \cdot r_1 = m \cdot \frac{e}{m} \cdot c \cdot r_o \cdot \frac{r_1}{r_o} = \frac{h}{2} \cdot \frac{e}{m} \cdot \frac{r_1}{r_o} = \mu_B \cdot \frac{r_1}{r_o}.$$

Отсюда по известному значению $\mu_s = 9,285 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}$ находим $r_1 \approx 1,934 \cdot 10^{-13} \text{ м}$. Отклонение значения магнитного момента электрона от значения магнетона Бора объясняется несовпадением центров масс нейтрино и присоединенного слоя (см. рис. 4.1).

Схему «электромагнитных полей» электрона можно представить как на рис. 4.3.

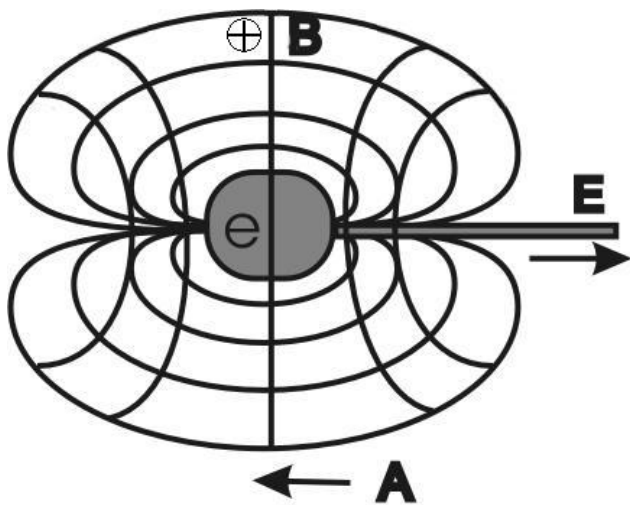


Рис. 4.3. Схема потоков поля вокруг ядра вихря электрона

С увеличением поступательной скорости электрона возрастает интенсивность потока векторного потенциала \vec{A} . Этот поток направлен противоположно движению электрона. Он одновременно вращается вокруг оси с линейной скоростью, близкой к световой, что определяет магнитную индукцию $\vec{B} = \text{rot}\vec{A}$.

В обычном проводнике электроны не ориентированы, и их среднее магнитное поле равно нулю. В потоке магнитные поля электронов складываются, а их электрические поля направлены вдоль оси потока. В поперечном направлении потока оснований для взаимного отталкивания электронов не имеется. Шнурование электрической дуги в вакууме подтверждает эти выводы.

Отметим еще раз, что то, что мы воспринимаем как потенциальную энергию электростатического поля и магнитного поля, в более широкой системе есть кинетическая энергия поступательного и вращательного потоков гравитонов.

4.3. Масса фотона

В теории относительности масса системы не равна массе составляющих систему тел. Рассмотрим два фотона, разлетающихся в противоположные стороны с одинаковыми энергиями E . Суммарный импульс такой системы равен нулю, а суммарная энергия (она же энергия покоя системы двух фотонов) равна $2E$, т.е. масса этой системы равна $2E/c^2$. Но следует ли тогда считать, что масса каждого из фотонов равна E/c^2 ? Этого сказать нельзя, так как масса не обладает свойством аддитивности. Но тогда каков физический смысл массы системы двух фотонов?

Если фотоны летят в одном направлении, то масса этой системы равна нулю. Каждый из фотонов, следовательно, также будет иметь нулевую массу. Такое формальное рассмотрение понятия массы требует дополнительно более подробного рассмотрения.

Из формулы (4.4) следует, что масса фотона равна нулю. Но что будет при столкновении фотона с веществом? Опыты П.Н. Лебедева и теория фотоэффекта А. Эйнштейна более ста лет назад подтвердили, что свет оказывает давление, фотоны передают энергию. Следовательно, фотоны обладают энергией и импульсом. Но как же быть с массой? Не стоит воспринимать слово «безмассовый» аналогом слову «виртуальный» или «нематериальный».

Схематический эскиз фотона приведен на рис. 4.4. Легко заметить, что фотон и электрон различаются, вообще говоря, не составом, а лишь структурой, ориентацией спинов нейтрино друг относительно друга. В электроне оба нейтрино лежат в одной плоскости, а их спины направлены в противоположные стороны. В фотоне спины обоих нейтрино направлены в одну и ту же сторону. Поэтому можно сказать, что фотон — это инверсный электрон.

Применяя для поступательного движения фотона вдоль оси уравнение (4.4), получаем, что продольный импульс фотона $\vec{p}_z = \vec{c} E_z/c^2$, а продольная инертная масса фотона m_z равна нулю.

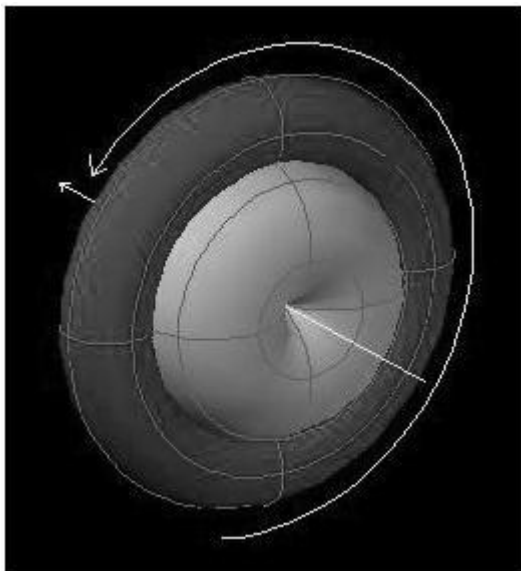


Рис. 4.4. Нейтрино в фотоне

Обратимся к кольцевому вращению фотона. Снова будем считать, что поперечное движение независимо от продольного. Применим к нему формулу (4.5). При $p_\varphi = 0$ фотон будет

иметь поперечную массу m_ϕ . Поперечная масса m_ϕ определяется энергией фотона при отсутствии движения в поперечном направлении. Это есть энергия тороидального вращения гравитонов в двух кольцах нейтрино. Но так выражается энергия покоя для электрона. Следовательно, *поперечная масса фотона равна продольной массе электрона m* .

Фотоны безинерционны только в продольном направлении, когда их инертная масса равна нулю. Луч света является символом прямолинейности: чтобы отклонить фотоны в поперечном направлении, нужно преодолеть инерцию поперечной массы. Отклоняющая сила должна совершить работу. Именно поэтому магнитное поле не действует на световой поток.

Известно, однако, притяжение лучей света полем тяготения при прохождении их вблизи Солнца. Из общей теории относительности следует, что сила \vec{F} со стороны тела с большой массой M , действующая на легкую частицу с энергией E , движущуюся со скоростью \vec{v} , определяется тензором энергии-импульса и равна [7]:

$$\vec{F} = -G \frac{ME}{c^2 r^3} [(1 + \beta^2)\vec{r} - (\vec{r}\vec{\beta})\vec{\beta}], \quad \vec{\beta} = \vec{v}/c. \quad (4.13)$$

Теория говорит, что величина, играющая роль «пассивной гравитационной массы», зависит не только от энергии частицы, но и от взаимного направления векторов \vec{r} и \vec{v} . Если фотон летит вертикально ($\vec{v} \parallel \vec{r}$), то его «гравитационная масса» равна E/c^2 . Если же фотон летит горизонтально ($\vec{v} \perp \vec{r}$), то его «гравитационная масса» в два раза больше и равна $2E/c^2$.

В первом случае инерции в продольном направлении нет. Взаимодействие поля тяготения происходит только с поперечной энергией. Во втором случае, кроме поперечной энергии, появилась инерция массы, связанная с энергией движения фотона.

Аналогичное рассмотрение структуры нейтрино заставляет признать наличие у них ненаблюдаемой поперечной массы. В частности, для электронных нейтрино и антинейтрино значение поперечной массы должно быть близко к $m/2$.

Что касается гравитонов, то их строение, скорее всего, сходно со структурой фотона и мюонного нейтрино. Так как мы знаем среднюю скорость гравитонов, то их поперечную массу можно вычислить из формулы $kT/2 = m_g c^2$. Температура космической среды оценена по значениям параметров микроволнового фона: $T = 2,7 \text{ K}$. Отсюда $m_g \approx 2 \cdot 10^{-40} \text{ кг}$.

4.4. Особенности структуры протона

Структура протона была представлена в п.3.5 (рис. 3.9). Согласно современным понятиям протон состоит из трёх *кварков* со спинами $\hbar/2$: (один *d*-кварк с зарядом $-\frac{1}{3}e$ и два *u*-кварка с зарядами $\frac{2}{3}e$). Однако в такой модели имеется, по крайней мере, два неясных вопроса: *дробный заряд* кварков и свойство *конфайнмента*. Получается, что элементарным зарядом $-\frac{1}{3}e$ обладают *d*-,*s*- и *b*-кварки. Чтобы обладать вдвое большим зарядом $\frac{2}{3}e$ *u*-,*c*- и *t*-кварки должны содержать по два элементарных носителя заряда? Но при этом утверждается, что кварки не имеют структуры, а состоящий из кварков протон разобрать на кварки нельзя — свойство *конфайнмента* («Свободных кварков не бывает!»).

О строении протона можно судить по продуктам его распада. При аннигиляции протона и антипротона чаще всего получают поток свободных пионов и фотонов, например:

$$p + p^- = 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi^0.$$

Протоны образовались в горячей Вселенной в парных столкновениях мюонных нейтрино. Высокие кинетические энергии частиц обеспечили равномерное распределение колец нейтрино при вращении вокруг оси, как это изображено на рисунке 4.5. В результате сильного взаимодействия между кольцами образовалась связка из трех частиц: одного электрона и двух позитронов. Потоки их электрических зарядов складываются, так что общий поток равен $+e$.

Частицы в протоне, вернее, нейтринные кольца разных частиц обращены друг к другу своими плоскостями, как в фотоне (рис. 3.3). В фотоне заднее вихревое кольцо сжимается присоединенным вихрем переднего и ускоряет его, обеспечивая «игру вихревых колец». Здесь, в осесимметричном протоне каждый из вихрей нейтрино можно считать «задним». Поэтому все кольца сильно сжимаются к центру (см. формулу 4.13).

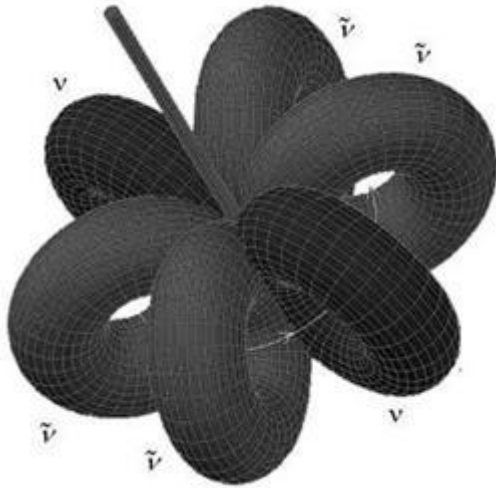


Рис. 4.5. Структура протона

Картина в разрезе становится похожей на ту, что изображена на рис. 4.6. Теперь эти сжатые частицы уже нельзя назвать электронами или позитронами — это *кварки d и u*.

Заряд кварков, т.е. масса выталкиваемого в секунду вдоль оси лучевого потока гравитонов, возможно, уменьшается по сравнению с нормальными частицами. Это происходит из-за того, что объем присоединенного слоя поля у каждой из частиц из-за сильного сжатия уменьшается. Присоединенный слой поля охватывает не только каждый кварк, а всю их комбинацию в целом, т.е. поле выталкивается компактно сгруппированным веществом наружу. Все кварки оказываются в «мешке» из потока гравитонов. Отсюда становится понятным свойство конфайнмента. Если разрушить эту конструкцию, то сил, обеспечивающих сжатие частиц, не будет. Разлетаться будут нейтрино, пионы, электроны, позитроны и их комбинации.

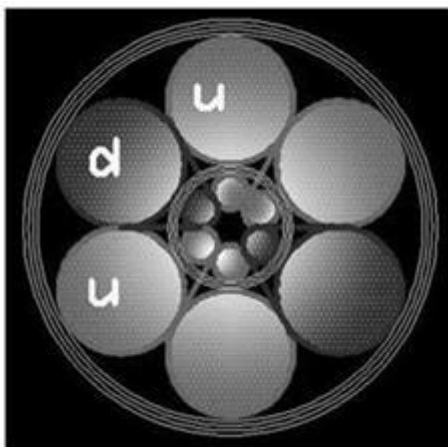


Рис. 4.6. Кварки в протоне

Продольная масса протона составляет 1836 т или 938,256 МэВ. Поперечная масса протона равна нулю. Магнитный момент протона формируется наружным общим присоединенным слоем поля. Средний радиус этого слоя почти в три раза превышает средний радиус

вращения центров масс кварков (на рис. 4.6 масштаб не соблюден). Поэтому магнитный момент протона составляет $2,79 \mu_{\text{яд.}}$. Если снова считать $\mu_p = e \cdot c \cdot r_1$, то радиус центра массы присоединенного слоя будет равен

$$r_1 = \frac{\mu_p}{ec} \approx 3 \cdot 10^{-16} \text{ м}$$

4.5. Метастабильные частицы

На основе представлений вихревой модели можно воссоздать структуру метастабильных частиц: мюонов, пионов, каонов, гиперонов как возбужденных состояний стабильных частиц на более высоких уровнях (рис. 4.7).

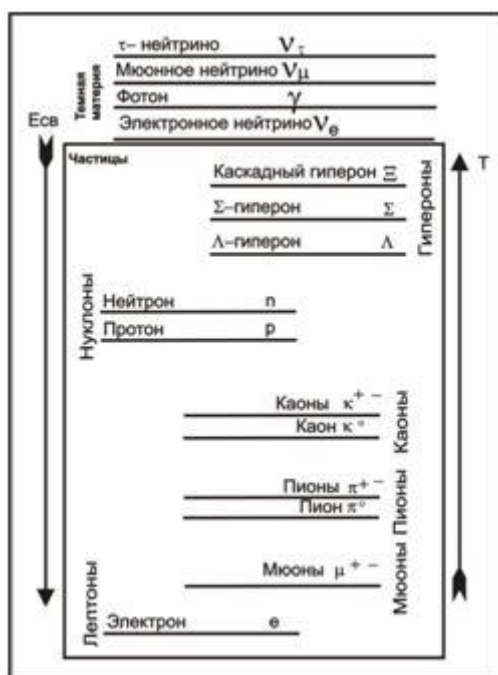
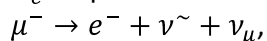


Рис. 4.7. Схема энергетических уровней метастабильных частиц

Если разогнать частицы до высоких скоростей, то при столкновениях с другими частицами они либо «слипаются», удерживаясь за счет напора друг на друга, либо разлетаются на осколки, из которых формируются новые частицы. «Слипание» частиц может быть совсем неоптимальным, — такой комок фиксируется в качестве «резонанса», затем очень быстро разваливается. Но часть «слипшихся» частиц может поддерживаться сравнительно долго. Они живут до тех пор, пока велика их внутренняя кинетическая энергия, создающая силы инерции. При «остывании» вследствие диссипации энергии составные частицы распадаются. Энергия частиц уносится фотонами.

Мюоны

Большинство нестабильных частиц получено при избытке поступающей энергии на мощных ускорителях бомбардировкой мишеней пучком энергичных частиц. О структуре частиц мы можем судить по продуктам их распада. Рассмотрим, например, возможную структуру мюонов. По свойствам их можно назвать «тяжелыми» электронами (позитронами) с массой $206,7m_e$ и временем жизни $2,22 \cdot 10^{-6}$ с. Распад мюонов наиболее вероятен по такой схеме:



$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu}_\mu.$$

Так как спин мюонов равен 1/2, то их структура, вообще говоря, полностью повторяет структуру электрона. Только вместо электронных нейтрино вращаются мюонные нейтрино (рис. 4.8). Такая структура мюона обеспечивает ему значительное увеличение измеряемой «продольной» массы по сравнению с электроном.

Так как мюон обладает полуцелым спином, то он может распасться только на три частицы. Поэтому при распаде одно из мюонных нейтрино должно развалиться на две части: электрон и антинейтрино. Предположим, что мюонное нейтрино разваливается «заранее». Тогда представляется возможной связка из трех частиц — продуктов распада структуры, изображенной на рис. 4.8. В случае такой структуры при разрыве связей распад без вариантов шел бы на стабильные частицы: мюонное нейтрино, электрон и антинейтрино (рис.4.9).

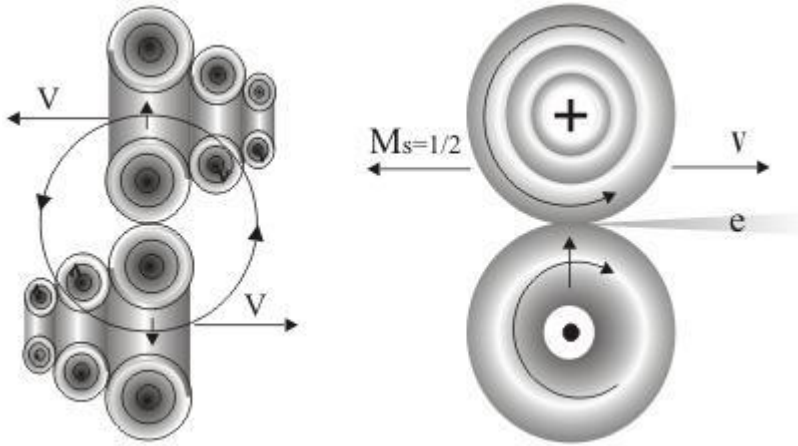


Рис. 4.8. Структура мюона

Связь в новой структуре могла бы осуществляться за счет «вихревого» взаимодействия вихрей мюонного нейтрино, антинейтрино и электрона. На рисунке показано, что направление вращения соседних вихрей одинаковое. Все частицы имеют скорость в одном направлении, на рисунке — направо. Это обеспечивает дополнительную устойчивость, а именно: осевой виток гравитонов замыкается вокруг всех четырех кольцевых вихрей, образуя «мешок». В этом «мешке» происходит «игра четырех вихревых колец».

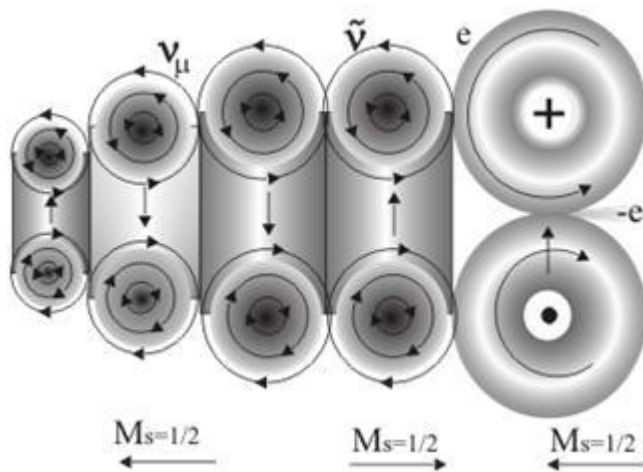


Рис.4.9. Возможная структура μ^- -мюона

Однако продольная масса такого образования будет близка к массе электрона, так как четыре соосных кольца нейтрино имеют малую продольную массу. На практике такая структура не реализуется.

Сейчас известен также τ -лептон с массой 1784,1 МэВ и временем жизни $0,3 \cdot 10^{-12}$ с. Строение τ -лептона аналогично мюону, только вместо мюонного нейтрино на орбите частицы находится τ -нейтрино.

Нейтроны

При определении структуры нейтрона учтем следующие данные:

- схема распада: $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$ с выходом энергии 0,782 МэВ;
- заряд нейтрона равен нулю, спин $s=1/2$;
- магнитный момент $\mu = -1,91\mu_{яд}$ (для протона $\mu = 2,79\mu_{яд}$);
- значение разности масс: $m_n - m_p = (1,29344 \pm 0,00007)$ МэВ
- время жизни нейтрона составляет (917 ± 14) с, т. е. ~ 15 мин.

По современным представлениям нейтрон содержит один u-кварк и два d-кварка. На рис. 4.10 приведена диаграмма Фейнмана для β -распада нейтрона при участии тяжелого W^- -бозона. Считается, что при этом один из d-кварков превращается в u-кварк с выделением электрона и антинейтрино.

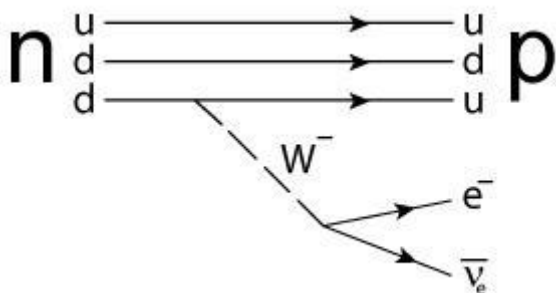


Рис. 4.10. Диаграмма Фейнмана β -распада нейтрона

Возможная структура нейтрона по этой схеме изображена на рисунке 4.11. Очевидно, что в состав нейтрона входят протон, электрон и антинейтрино. Размеры нейтрона практически совпадают с размерами протона. Следовательно, электрон и антинейтрино имеют весьма высокие энергии (см. формулу 4.13).

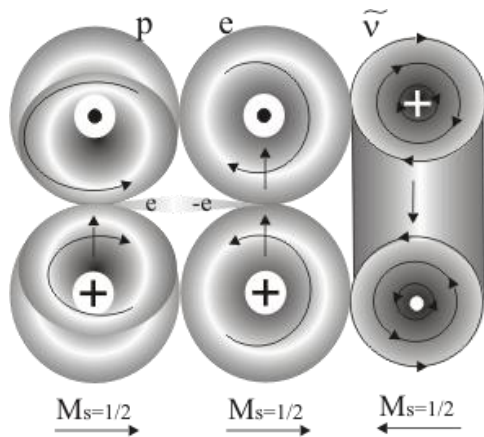


Рис. 4.11. Возможная структурная схема нейтрона

Конструкция протона носит завершенный характер, он не может встроить в свой «мешок» с кварками дополнительные кольца нейтрино. Присоединение электрона к протону возможно за счет электрической связи, как в атоме водорода. Тогда общий электрический заряд будет равен нулю. Но при этом спин увеличится до единицы. Присоединение антинейтрино с противоположно направленным спином уменьшает спин до значения $M_s = 1/2$. Антинейтрино не может помещаться между электроном и протоном. Электрон должен быть закрыт от тесного взаимодействия с окружающей средой. Скорости электрона и антинейтрино противоположны скорости протона.

Однако такая схема нейтрона, скорее всего, не приведет к β -распаду частицы. Результатом распада должны стать три элемента (спин равен $\hbar/2$). Но электрическая связь прочно удерживает электрон у протона, как в обычном атоме водорода.

При построении другой структурной схемы следует исходить из более общих соображений. Размеры нейтрона и протона практически совпадают. Поэтому электрон и антинейтрино, входящие в нейтрон, имеют высокие энергии. Они удерживаются у протона в основном за счет сильного давления на него. Поэтому вполне вероятной представляется структура нейтрона, изображенная на рисунке 4.12.

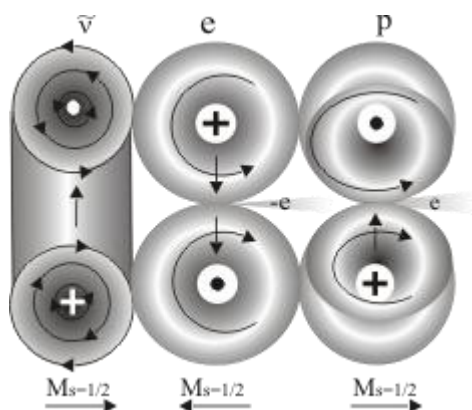


Рис. 4.12. Другая структурная схема нейтрона

Электрон и протон не притягиваются электрическими силами, но их заряды и спины компенсируются (см. рис. 3.7а). Энергичный электрон действует на протон силой инерции. Энергичное антинейтрино прижимает легкий электрон к массивному протону за счет своего импульса. Магнитный момент электрона является преобладающим. Направление скоростей для всех частиц одинаково. Даже из рисунка видно, что при такой структуре нейтрон будет представляться для внешних взаимодействий незаряженным протоном, только с большей массой.

Продольная энергия покоя нейтрона находится из суммы слагаемых:

$$E_{\parallel}^0 = m_p c^2 + m_e c^2 + U,$$

где m_p — масса протона, m_e — масса электрона, U — потенциальная энергия электрона и антинейтрино. Она составляет энергию связи, которая и выделяется при распаде нейтрона.

Заметим, что нейтрон, в отличие от протона, обладает поперечной энергией покоя:

$$E_{\perp}^0 = m_{\bar{\nu}} c^2 + U_{\bar{\nu}},$$

где $m_{\bar{\nu}}$ — поперечная масса антинейтрино, равная $m_e/2$, $U_{\bar{\nu}}$ — потенциальная энергия связи антинейтрино.

Направление вращения вокруг оси у электрона противоположно окружающим его частицам. Поэтому он отталкивает от себя как протон, так и антинейтрино. Как только у антинейтрино произойдет диссипация энергии за счет уноса ее фотонами, напор уменьшится. Силы отталкивания превьсят силу инерции, — нейтрон распадется.

Сущность слабого взаимодействия состоит в противоборстве сил отталкивания и притяжения частей составных частиц. Стабильность составной системы энергичных отталкивающихся частиц поддерживается за счет их встречного напора под действием сил инерции. Сдавливающим фактором могут быть третьи частицы, которые снаружи оказывают силовое воздействие. При ослаблении напора за счет диссипации энергии элементы системы расталкиваются. Диссипация определяет порог энергии, ниже которого происходит распад частиц.

Таким образом, электроны в нейтронах находятся в возбужденном состоянии. Они стремятся сбросить излишнюю энергию и перейти в основное состояние. Именно этот фактор является причиной естественной радиоактивности ядер.

Пионы

Триплет π -мезонов (пионов) имеет одинаковые свойства по отношению к ядерным взаимодействиям. Спины и магнитные моменты у них равны нулю. Но по структуре это разные частицы.

Нейтральный π^0 -мезон почти всегда распадается на два фотона путем электромагнитного взаимодействия. Но известно, что на два фотона в процессе аннигиляции распадаются при соударении энергичные электрон и позитрон. На рис. 4.13 показана комбинация электрона и позитрона, при которой заряд, спин и магнитный момент равны нулю.

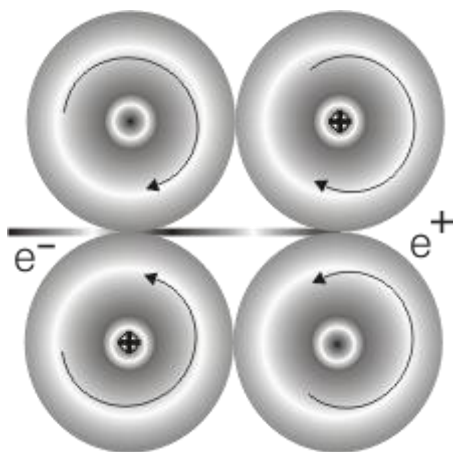


Рис. 4.13. Структура π^0 -мезона

Зарядовые потоки компенсируют друг на друга вне частицы (см. рис. 3.7а). Спин электрона, т.е. минимальный собственный момент импульса, противоположен спину позитрона. Общий спин пиона равен нулю. Магнитный момент создается замкнутым азимутальным круговым потоком гравитонов. В данном случае направления вращения колец вокруг оси частицы противоположны. Общий магнитный момент равен нулю.

При распаде частицы масса становится равной нулю. Энергия $264,3 m_e = 135,057$ МэВ распределяется между фотонами. π^0 -мезон по структуре аналогичен атому позитрония.

π^+ -мезон и π^- -мезон — это возбужденные мюоны, т.е. мюоны с присоединенным мюонным нейтрино. Возможная структура π^- -мезона показана на рисунке 4.14.

Состав π^+ -мезона аналогичен составу нейтрона, а состав π^- -мезона аналогичен составу антинейтрона:

$$\begin{aligned} \pi^+ &\rightarrow \mu^+ + \nu_\mu \rightarrow \nu_\mu \tilde{\nu}_\mu \nu_\nu, \\ \pi^- &\rightarrow \mu^- + \tilde{\nu}_\mu \rightarrow \tilde{\nu}_\mu \nu_\mu \nu_\mu. \end{aligned}$$

При реконструкции структуры π^+ -мезона и π^- -мезона мы должны иметь в виду следующее:

- они имеют нулевые спин и магнитный момент;

- они распадаются на частицы мюон и мюонное нейтрино;
- мюон и мюонное нейтрино сравнительно прочно связаны между собой.

Этим требованиям для определения структуры π^- -мезона удовлетворяет расположение мюонного антинейтрино $\bar{\nu}_\mu$, изображенное на рис. 4.14, если μ^- -мюон имеет конфигурацию, изображенную на рис.4.8.

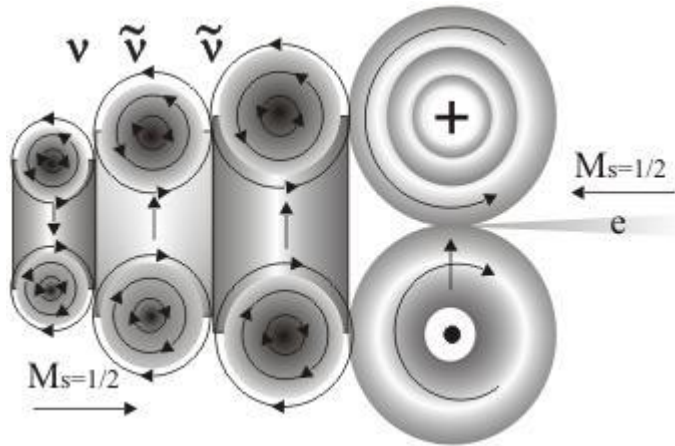


Рис. 4.14. Возможная структура π^- -мезона

Притяжение частиц друг к другу осуществляется здесь за счет сил инерции и слабого вихревого взаимодействия мюонного антинейтрино и мюона. За счет энергии связи продольная масса мюона увеличивается с $206 m_e$ до $273 m_e$. Заряд мюона при этом полностью сохраняется.

При нулевом спине пион должен распасться на две частицы с половинными спинами. После распада масса мюона равна $206,7 m_e$. При распаде пиона масса убывает на $66,1 m_e = 33,777 \text{ МэВ}$. Энергия переходит в кинетическую энергию мюона и мюонного антинейтрино.

При распаде частиц выполняется закон сохранения комбинированной четности в слабых взаимодействиях. Если одна частица вылетает в одну сторону по левовинтовой траектории, то другая частица летит в противоположную сторону по правовинтовой траектории. Это является просто выполнением закона сохранения момента количества движения.

Гипероны

Подобным образом мы можем пытаться реконструировать любую метастабильную частицу по ее свойствам и продуктам распада. Рассмотрим, например, способы распада странного Λ^0 -гиперона (заряд $e=0$, спин $M_s = 1/2$):

$$\begin{aligned} \Lambda^0 &\rightarrow p + \pi^- \\ \Lambda^0 &\rightarrow p + \mu^- + \bar{\nu}_\mu \\ \Lambda^0 &\rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_\mu \\ \Lambda^0 &\rightarrow n + \gamma. \end{aligned}$$

По продуктам первой схемы распада ясно, что эта частица состоит из протона и π^- -мезона, как изображено на рис.4.15. Во второй схеме распада мы видим, что пи-мезон уже распался на мюон и мюонное антинейтрино. Как обычно, относительная прочность связей меньше прочности элементов.

Если просто сложить массы протона и π^- -мезона, то получим $1836,15 + 272,80 = 2108,95$ в единицах m_e . Измеренная масса Λ^0 -гиперона $M = 2182,4 m_e$. Энергия связи составляет $73,45 m_e = 37,584 \text{ МэВ}$. Она выделяется при распаде частицы в виде кинетической энергии протона

и π^- -мезона. При дальнейшем распаде π^- -мезона выделяется 33,9 МэВ. При распаде мюона выделяется 37,6 МэВ энергии. Окончательный баланс полного распада гиперона:

- начальная масса покоя $2182,4m_e$ или 1115,2 МэВ;
- конечная масса покоя $(1836,15 + 1)m_e = 1836,15m_e = 938,27$ МэВ;
- выделенная энергия излучения 176,93 МэВ.

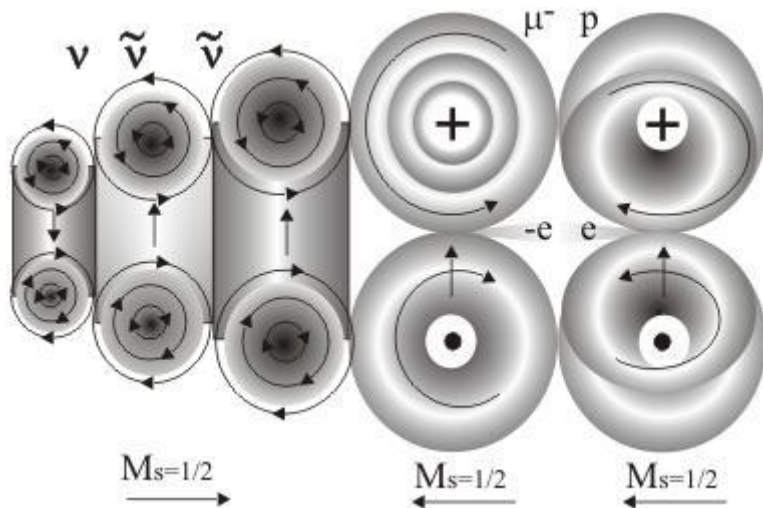


Рис. 4.15. Структура гиперона

Таким образом, анализируя схемы распада частиц, можно реконструировать их структуру. Все метастабильные частицы представляют собой наборы из стабильных фундаментальных частиц: нейтрино, электронов, протонов и их античастиц. Эти наборы удерживаются какое-то время в основном за счет сил инерции. Чем сложнее составные частицы (чем больше у них внутренняя энергия), тем более они неустойчивы. Предполагаемые частицы с очень большой массой (например, гипотетические частицы Хиггса) вряд ли могут существовать какое-то заметное время, доступное для их наблюдения.

5. Моделирование взаимодействий

5.1. Пример модели сильного взаимодействия

В предыдущих разделах была описана вихревая модель фундаментальных и метастабильных частиц. Но взаимодействие их с окружающей средой осуществляется только через присоединенный слой гравитонов. В качестве примера сильного взаимодействия рассмотрим оболочечную структуру ядер атомов.

Нуклоны, как и электроны, — частицы со спином $\hbar/2$, они подчиняются статистике Ферми-Дирака и принципам запрета, т.е. не сливаются. Мы предполагаем, что структура ядра сходна со структурой электронной оболочки. Другими словами, внутри ядра существует такая же Периодическая система, что и снаружи его (рис.5.1).

Значения квантовых чисел напрямую подсказывают структуру ядер и электронных оболочек атомов. Распределение протонов в ядре и электронов в атоме должно быть симметрично. Протоны ядра располагаются на сферических поверхностях (оболочках) в двух шаровых секторах по одной оси координат, нейтроны собираются в двух шаровых секторах по другой оси координат. Частицы притягиваются друг к другу за счет сильного взаимодействия.

Основной принцип построения ансамбля нуклонов ядра (а далее и электронов атома) — минимизация момента импульса ансамбля. Разберем принцип формирования ядра на при-

мере верхнего шарового сектора протонов. На первой оболочке умещается только один протон 1S. На второй оболочке есть место для четырех протонов. Один из них (2S) расположен на оси, а три протона ($2/1+1=2*1+1=3$) заняли место на этой же оболочке вокруг него. Размеры нуклонов таковы, что свободного места, например, для четвертого 2P-протона уже нет.

Симметрично устанавливаются протоны в нижнем шаровом секторе. Третья оболочка позволяет установить между осевым 3S-протоном и границами шарового сектора по два протона. Первую круговую цепочку составляют три 3P-протона, а вторую круговую цепочку составляют пять ($2/1+1=2*2+1=5$) 3D-протонов. Четвертая оболочка позволяет установить дополнительно семь 4F-протонов в третью круговую цепочку. Шаровые сектора протонов вращаются вокруг вертикальной оси в разные стороны.

Упаковка нуклонов в ядре, вообще говоря, должна быть плотной, чтобы обеспечить сильное взаимодействие. Лучевые потоки электрического поля проходят от нижележащих протонов через вышележащие. На выходе из ядра потоки имеют суммарную интенсивность всех зарядов промежутка.



Рис.5.1. Схема размещения нуклонов в ядре

Аналогичным образом происходит упаковка нейтронов в правом и левом шаровых секторах. Шаровые сектора нейтронов вращаются вокруг горизонтальной оси также в разные стороны.

На рисунке 5.2 показана модель ядра атома кислорода. Из рисунка видно, что ядро кислорода представляет собой систему нуклонов в виде четырех шаровых секторов, соединенных α -частицей.

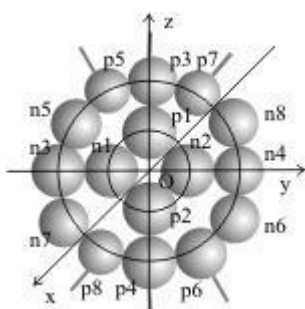


Рис.5.2. Ядро атома кислорода

Протон p_1 является основанием для верхнего шарового сектора протонов. Протон p_2 является основанием для нижнего сектора протонов. Их зарядовые трубки направлены от центра по оси z . На выходе протонов p_3 и p_4 электростатическое поле имеет двойную интенсивность (заряд $2e$).

Шаровые сектора с протонами p_1, p_3, p_5 и p_7 и с протонами p_2, p_4, p_6 и p_8 вращаются в разные стороны вокруг вертикальной оси протонов OZ . Два других шаровых сектора с нейтронами n_1, n_3, n_5 и n_7 и с нейтронами n_2, n_4, n_6 и n_8 также вращаются в разные стороны вокруг горизонтальной оси нейтронов OY .

Ядро в целом имеет сферическую форму. Протоны в ядре размещаются на противоположных полюсах сферы. Так же уравниваются и нейтроны. Симметрия в расположении нуклонов приводит к тому, что осколки при распаде имеют близкие массы.

5.2. Примеры электромагнитного взаимодействия

Пример 1

В вихревой модели у ядра нет центрально-симметричного электрического поля. Нет и проблемы экранировки ядра, например, одним вращающимся по удаленной орбите электроном в атоме водорода — ведь атом должен быть нейтральным. Атомы образуются при замыкании зарядовых вихревых трубок протонов и электронов. Электрические связи при этом полностью насыщаются.

Конфигурация электронов в атоме повторяет конфигурацию нуклонов ядра. Электроны формируются на вложенных друг в друга семи сферических оболочках. Полная энергия электронов на оболочках постоянна. Электрон вращается вместе с ядром по законам движения твердого тела. Тем самым вопрос о центростремительном ускорении и излучении при этом ускорении снимается.

Для примера на рис.5.3 представлена структурная схема атома кислорода. Ядро находится в точке O , каждый электрон удерживается ядром с помощью зарядовой вихревой трубки, как космонавт с кораблем. Зарядовая трубка похожа скорее не на железный стержень, а на резиновый жгут.

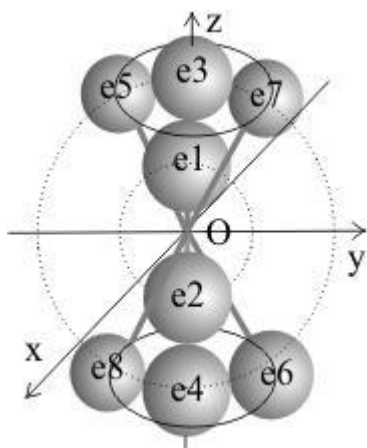


Рис. 5.3. Электронная оболочка атома кислорода

Электроны $e_1 - e_4$ расположены на оси OZ и находятся в s -состоянии. Они вращаются только вокруг своей оси. Электроны $e_5 - e_8$ находятся в p -состоянии. Они вращаются вокруг оси OZ по орбитам, показанным сплошными линиями. Угловая частота орбитального вращения одинакова для всех электронов на данной оболочке. На указанных орбитах можно раз-

местить еще по одному электрону (e_9 и e_{10}), чтобы оболочка была замкнутой. Отсутствие электронов в оболочке можно рассматривать как «дырки», состояния которых определяется теми же квантовыми числами, что и состояние отсутствующих электронов.

Заметим, что если все электроны на одном "полюсе" атома вращаются в одну сторону, то они притягиваются друг к другу своими полями по механизму сильного взаимодействия. Поэтому энергия связи электронов возрастает по мере заполнения оболочки. Электронные конфигурации инертных газов обладают особой устойчивостью. С этим связана химическая устойчивость этих элементов.

При рекомбинации после замыкания зарядовых вихревых трубок электрон ускоренно движется по направлению к ядру, "падая" на него, как камень на Землю. Аннигилировать протон и электрон не могут, так как при сближении они отталкиваются друг от друга полями присоединенного слоя.

Момент импульса свободного электрона связан с его кинетической энергией $E = M\omega/2$. При ускоренном движении к ядру происходит дополнительная раскрутка нейтринных колец: кинетическая энергия поступательного движения превращается во внутреннюю вращательную энергию. После торможения запасенная электроном энергия вращения нейтринных колец частично или полностью передается пролетающим через них фотонам.

Пример 2

Соединение атомов в молекулу происходит так, что их спины взаимно компенсируются. Следовательно, должны быть силы, которые притягивают друг к другу атомы с противоположными спинами и удерживают их в новом образовании. Такие силы создают внешние электроны атома по механизму сильного взаимодействия.

На рис.5.4 показаны два электрона e_1 и e_2 внешней оболочки, например, атома кислорода, между которыми есть промежуток.

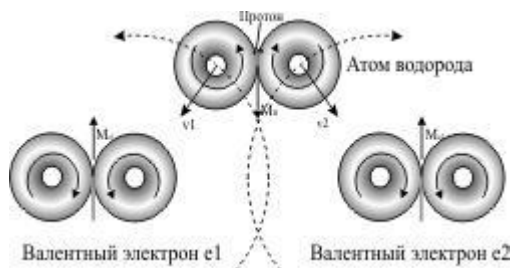


Рис. 5.4. Встраивание атома Н в электронную оболочку

Спины атомов направлены вверх (наружу от ядра). Если момент приближившегося к этим электронам атома водорода направлен вниз, то вихревые потоки электронов e_1 и e_2 (показаны пунктирными стрелками) притягивают к себе соответственно левое и правое кольца электрона атома водорода. В результате атом водорода фокусируется и устанавливается в промежуток между электронами e_1 и e_2 .

Если вместо атома водорода к электронам e_1 и e_2 приблизится другой атом, то в промежуток между электронами установится внешний электрон этого атома. Сам атом будет удерживаться возле кислорода вихревой зарядовой трубкой.

Для примера на рис.5.5 приведена структурная схема молекулы оксида углерода CO_2 .

Ушедшие к атомам-акцепторам (атомам кислорода) электроны продолжают удерживаться ядром атома-донора (атома углерода) электростатически с помощью вихревых зарядовых трубок.

После перехода электронов от донора к акцепторам по конфигурации внешней оболочки углерод стал гелием, а кислород стал неоном. Энергия связи унесена фотонами. Расстояние между молекулами на рисунке оставлены такими, какими они были до перераспределе-

ния электронов, чтобы показать исходные позиции частиц. Реально атомы в молекулах упакованы достаточно плотно.

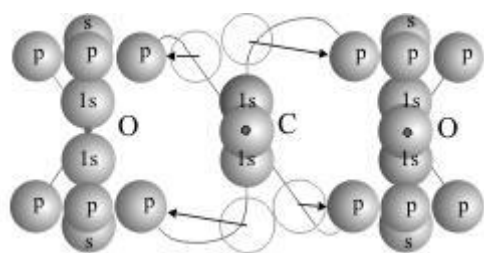


Рис. 5.5. Образование молекулы CO₂

Таким образом, ядра атомов не участвуют в образовании молекул. Электроны не проводят часть времени возле одного ядра, а другую часть времени — возле другого ядра. Электронам не нужна синхронизация с движениями множества других частиц. Электрические связи в нейтральных атомах насыщены. Образование молекул происходит за счет перехода валентных электронов от атома-донора к атому-акцептору силами вихревого взаимодействия. Устойчивость молекул обеспечивается электростатическими связями между атомами с помощью вихревых зарядовых трубок.

5.3. Моделирование взаимодействия фотонов с веществом

При рекомбинации электрон ускоренно «падает» на протон. После остановки электрона его нейтринные кольца продолжают крутиться. Эта энергия проявляется в виде давления электрона на препятствие. Энергия возбужденного состояния передается фотонам и уносится ими в виде излучения.

Рассмотрим подробнее взаимодействие электрона с фотонами. Сейчас общепринято утверждение, что при поглощении света атомом фотон «исчезает», а при излучении света фотон «рождается» атомом. Но фотоны не умирают. Когда говорят, что фотон отдал всю свою энергию, то это значит только, что фотон находится в основном, а не в возбужденном состоянии.

На каждый электрон во Вселенной приходится $\sim 10^9$ фотонов. Поэтому электроны окружены со всех сторон летящими со скоростью света фотонами разной энергии. Электроны для световых фотонов являются препятствием: размеры этих частиц одного порядка. Пусть с электроном в атоме водорода сближается фотон, находящийся в основном состоянии. Тогда кольцо нейтрино в электроне под действием силы, перпендикулярной плоскости кольца, расширяется (рис.5.6).

Эта сила, как показано на рисунке, заставляет тороидальные вихри в каждом поперечном сечении перемещаться в противоположных направлениях в плоскости кольца. Фотонные кольца, наоборот, под действием вихревого потока электрона последовательно друг за другом уменьшают свой размер и проходят через внутреннее отверстие кольца нейтрино.

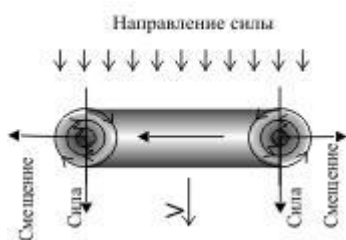


Рис. 5.6. Расширение кольцевого вихря нейтрино в электроне

На рисунке 5.7 показан левовинтовой фотон, летящий вдогонку за электроном. Правовинтовые фотоны также будут притягиваться к электрону сильным взаимодействием, если только они летят навстречу друг другу. Фотон попадает внутри нейтрино во вращающуюся среду — присоединенный к нейтрино вихрь поля. Поле фотона раскручивается в этом вихре полем нейтрино электрона по принципу «от горячего к холодному», т.е. пока их скорости не сравняются. Передается не импульс, а момент импульса, так что фотон увеличивает только свою поперечную энергию. На продольное движение фотона процесс подпитки энергией не влияет.

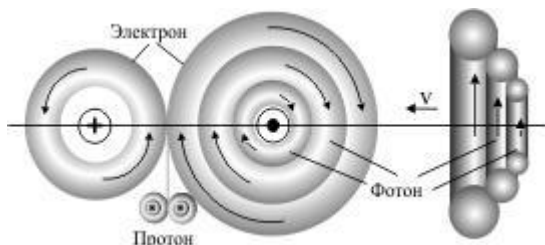


Рис. 5.7. Передача момента от фотона электрону

Оставшуюся энергию электрон может последовательно передавать другим фотонам. Аналогично проходит инверсный процесс возбуждения электрона энергичным фотоном.

5.4. Дифракция частиц

При анализе дифракции света и частиц мы вынуждены приписывать им до дифракционной решетки квантовые, корпускулярные свойства, а после прохождения решетки — волновые свойства. Вихревая модель позволяет нам оставаться на одной точке зрения. Каждое физическое явление в своей основе механистично, основано на свойствах физических объектов. Если бы частицы были бесконечно малыми точками, то дифракции бы не было. Но частицы имеют конечные размеры — именно в этом причина огибания частицами препятствий (рис.5.8). Те частицы, которые «вписываются» в размер отверстия, проходят за отверстие по прямой. Если центр масс частицы проходит в отверстие, а край задевает за преграду, то частица разворачивается и уходит за отверстие под углом α к первоначальному направлению. Угол отклонения зависит от энергии частиц в падающем потоке и размера отверстия. Если размер отверстия почти равен размеру частиц, то практически все частицы будут отклонены (за экраном будет наблюдаться «полусферическая волна»). В этом случае угол поворота частицы α может достигать до 90° .

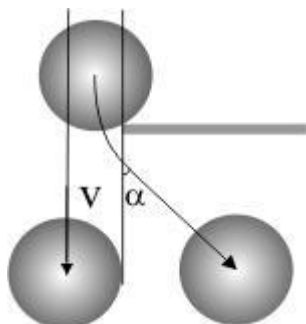


Рис.5.8. Огибание частицами препятствий

Рассмотрим налетающий поток фотонов (или электронов) на отверстие (рис.5.9). Дифракционная картина возникает при взаимодействии вихря фотона с краем преграды. Как обычно, размер отверстия положим соизмеримым с размером частицы и малым по сравнению с расстоянием от преграды до экрана (на рисунке масштаб не выдержан).

Налетающий фотон имеет направленный импульс p_y . При столкновении с краем преграды под действием силы упругости F вихрь начинает вращаться вокруг точки B , изменяя начальный момент. Положение вихря после прохождения отверстия изображено на рисунке. Момент приобрел составляющую вдоль оси Ox и стал равным p . По закону сохранения момента импульса скорость изменения момента M равна моменту действующих сил:

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = \vec{N} = [\vec{D} \times \vec{F}].$$

где \vec{D} — диаметр кольцевой оси фотонного вихря. Перепишем уравнение в виде $\Delta M = D \cdot F \cdot \Delta t = D \cdot \Delta p = D \cdot p_x$.

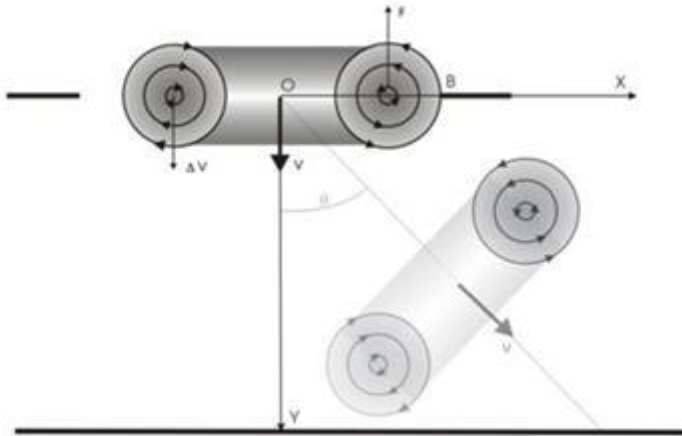


Рис.5.9. Механизм дифракции вихревых частиц

Изменение момента обусловлено изменением импульса частицы. Импульс p_y мы считаем неизменным, а изменение импульса состоит в добавке составляющей p_x . Но момент фотонного вихря квантуется: $\Delta M = hm$ ($m = 1, 2, \dots$), а $p_x = p \sin \theta$. Окончательно запишем условие бокового максимума

$$\sin \theta = \frac{hm}{Dp},$$

где $m = 1, 2, \dots$, p — продольный импульс частицы, D — диаметр тора. Данное выражение можно записать и в волновом виде, учитывая, что $\lambda = 2\pi h/p$:

$$\sin \theta = \frac{\lambda m}{2\pi D}.$$

Дифракция частиц обусловлена квантованием их момента при взаимодействии с краями преграды.

5.5. Моделирование слабого взаимодействия

В слабом взаимодействии участвуют все фундаментальные фермионы (лептоны и кварки). Это единственное взаимодействие, в котором участвуют нейтрино. Слабое взаимодействие позволяет лептонам, кваркам и их античастицам обмениваться энергией, массой, электрическим зарядом и квантовыми числами — то есть превращаться друг в друга.

Для примера составим вихревую модель короткоживущего нейтрального $\overline{K^0}$ -мезона, распад которого обусловлен слабым взаимодействием. С большой вероятностью (69%) он распадается на π^\pm -мезоны. Время жизни составляет $1 \cdot 10^{-10}$ с, а масса 497,8 Мэв ($974,7 m_e$).

Согласно кварковой модели \bar{K}^0 -мезон содержит d-кварк и s-антикварк. Следовательно, и вихревая модель должна содержать две частицы (рис. 5.10).

Анализ схемы распада позволяет представить нейтральный \bar{K}^0 -мезон в виде связанных электростатически π^+ -мезона и π^- -мезона (на рис. 5.10 справа и слева соответственно). На энергию связи двух пионов в \bar{K}^0 -мезоне приходится

$$E_{\text{св}} = 497,8 - (2 \cdot 279,14) = 218,66 \text{ МэВ.}$$

На рисунке хорошо видна природа метастабильных частиц. Направления тороидальных вращений мюонов противоположны. Вихри присоединенных слоев гравитонов отталкивают мюоны друг от друга (сильное взаимодействие). Притягиваются они друг к другу электромагнитным взаимодействием (e^-e^+) и встречным давлением мезонов друг на друга за счет сил инерции. Этим поддерживается стабильность \bar{K}^0 -мезона. Но окружающие нейтрино и фотоны уносят энергию мезонов по описанному выше механизму. Напор частиц друг на друга ослабевает. Притяжение становится слабее, чем отталкивание. Электрических сил хватило бы для удержания одиночных электронов, но не для тяжелых пионов. Энергия связи показывает пороговое значение энергии мезонов, ниже которого наступает их расталкивание, распад \bar{K}^0 -мезона. Физическая сущность слабого взаимодействия заключается в балансе сил притяжения и сил отталкивания.

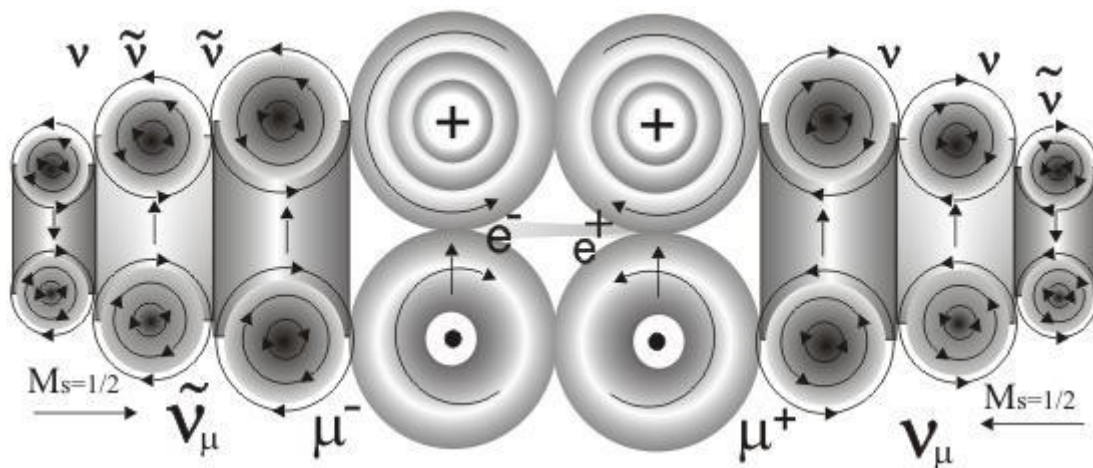


Рис. 5.10. Нейтральный \bar{K}^0 -мезон

Увеличить время жизни метастабильных составных частиц можно несколькими способами. Можно увеличить начальную энергию, работая, например, с космическими лучами. Тогда процесс диссипации займет большее время. Можно частицу сдавливать внешними механическими силами, которые бы превышали силы расталкивания. Так природа поступила с нейтронами, поместив их вместе с протонами в плотно упакованные ядра атомов.

5.6. Моделирование гравитационного взаимодействия

Присоединенный слой гравитонов обеспечивает все виды взаимодействий между объектами вещества. Рассмотрим подробнее свойство тяготения. На основе принципа эквивалентности инертной и пассивной гравитационной масс Эйнштейн выдвинул предположение, что в искривленном псевдоевклидовом пространстве-времени любые частицы движутся по геодезическим линиям. Это соответствует движению с постоянной скоростью по трехмерной прямой траектории, то есть инерциальному движению.

Второе предположение Эйнштейна состояло в том, что пространство-время обладает определенной упругостью, а вложенные в пространство тела стремятся искривить его. При полном отсутствии вещества в настоящее время и в прошлом имеет место плоское (псевдо-евклидово) пространство-время специальной теории относительности. С плотностью материи связана определенная комбинация величин, характеризующих кривизну пространства-времени. В общей теории относительности источником гравитационного поля является тензор энергии-импульса, содержащий 10 различных компонент, связывающих кривизну поля со свойствами вещества.

Ограничимся, однако, представлением физической модели механизма тяготения в нерелятивистском стационарном случае. Но прежде поясним, откуда берется радиальная сила, действующая на тело массы m , брошенное вертикально вверх со скоростью v_0 .

При движении вверх тело взаимодействует с гравитационным полем Земли. Тело совершает отрицательную работу против силы mg , уменьшая свою кинетическую энергию на $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$. Поле выполняет положительную работу, действуя силой $(-mg)$ на перемещающееся вверх тело. При этом поле увеличивает свою потенциальную энергию на mgh . Таким образом, гравитационное поле получает от тела при его подъеме энергию, способную вернуть телу при свободном падении исходную кинетическую энергию $\frac{mv_0^2}{2}$. Аккумуляция энергии полем производится за счет натяжения его упругих элементов. Искривление этих элементов осуществляет тело.

Примем, что Земной шар окружен сферическим слоем стационарной несжимаемой гравитонной жидкости с постоянной плотностью ρ . Запишем уравнение движения Навье-Стокса для единичного объема сплошной среды приземного слоя поля [8]:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right) = -\nabla p + \eta \Delta \vec{v} + \vec{f}. \quad (5.1)$$

Справа записаны плотности сил, действующих на единичный объем: градиент статического давления, сдвиговые силы вязкости и внешние силы.

Так как мы рассматриваем усредненную по всем микродвижениям стационарную жидкость, то можем пренебречь вязкостью. Если внешних сил нет, то сразу получим силу, действующую на единицу массы:

$$-\frac{\nabla p}{\rho} = \frac{1}{2} \nabla \vec{v}^2. \quad (5.2)$$

Перепишем (5.2) в виде

$$\frac{1}{\rho} \nabla \left(p + \frac{\rho \vec{v}^2}{2} \right) = 0. \quad (5.3)$$

В скобках стоит сумма статического давления p и плотности кинетической энергии частиц слоя жидкости (гравитонов). Интегрируя (5.3), получим выражение для статического давления:

$$p = p_0 - \frac{\rho \vec{v}^2}{2}, \quad (5.4)$$

где p_0 — полное давление. Оно складывается из статического и динамического давлений. Давление p_0 равно статическому давлению в «невозмущенной» жидкости.

На рисунке 5.11 показано искривление кривой зависимости приземного статического давления $p(r)$ из-за внесения тела (например, Луны) в поле Земли. На верхнем графике показана зависимость давления гравитонов вокруг «изолированной» Луны.

Гравитационное притяжение обусловлено градиентом статического давления, а не абсолютным его значением. Поэтому пробное тело притягивается только к одному силовому центру. Сила тяготения на обеих сторонах Луны одинакова.

Из рисунка видно, что упругим элементом гравитационного поля является не «пространство-время» само по себе, а статическое давление гравитонного газа, заполняющего это пространство. Газ стремится выпрямить «искривление» — заполнить ямку, образованную телом, — и сдвигает тело в сторону меньшего давления. Вихревая модель наполняет материей

абстрактное пространство ОТО Эйнштейна и отказывается от метода аналогий. Ведь в основе ОТО лежит принцип эквивалентности, по которому невозможно действие гравитационного поля отличить от постоянного ускорения, с которым движется наблюдатель.

Радиальную зависимость плотности энергии выразим следующим образом:

$$\frac{\rho v^2}{2} = \frac{\rho V^2 R}{2 r'} \quad (5.5)$$

где V — граничная скорость гравитонов, а R — радиус Земли.

Тогда из (5.2) сразу получим силу, действующую на единичный объем в слое. Она пропорциональна радиусу Земли R и граничной плотности энергии в слое:

$$-\nabla p = \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) = -\frac{\rho V^2 R}{2 r^2} \quad (5.6)$$

На единицу массы слоя действует сила:

$$-\frac{\nabla p}{\rho} = \frac{1}{2} \frac{\partial v^2}{\partial r} = -V^2 R \frac{1}{2r^2}. \quad (5.7)$$

Знак минус показывает, что направление силы противоположно направлению радиуса. Выражение не содержит значения массы, — движение всех тел одинаково.

Сила притяжения к Земле массы m :

$$F = -\frac{mV^2 R}{2 r^2}. \quad (5.8)$$

При $r = R$ сила притяжения равна mg . Отсюда можно найти значение V :

$$V = \sqrt{2Rg} = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 9,81} = 11,2 \text{ м/с.}$$

Это значение совпадает со скоростью освобождения (второй космической скоростью).

Выражение для плотности энергии в (5.3) играет роль ньютоновского потенциала. Его решение находят из уравнения Пуассона:

$$\Phi = -G \frac{m}{r}.$$

Величина $V^2 R/2$ пропорциональна массе источника гравитации. Теперь можно написать (5.8) в привычном виде, как у Ньютона:

$$\vec{F} = G \frac{Mm}{r^3} \vec{r}.$$

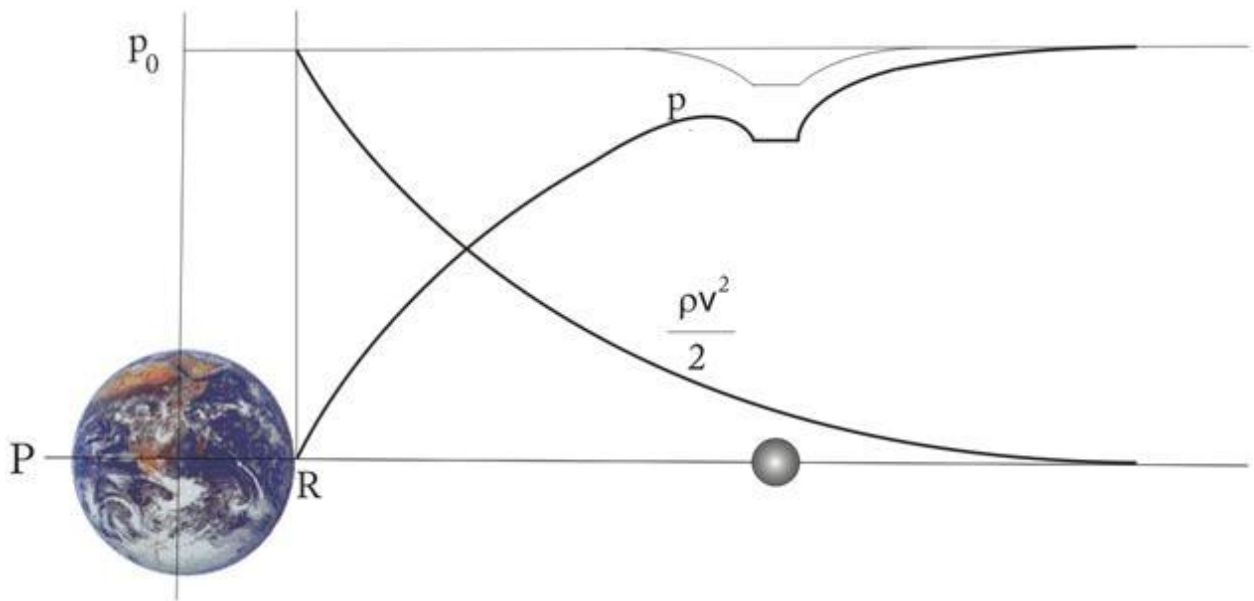


Рис.5.11. Давление гравитонов в приземном слое

Таким образом, гравитационное поле — это присоединенный к телу слой гравитонов с повышенной энергией. Процессы, происходящие в этом слое, принципиально одинаковы как для частиц, так и для планет или звезд.

Выше мы рассмотрели гравитонное поле неподвижного космического тела. Заметим, что если слой вращается вокруг Земли, то это фиксируется нами как магнитное поле. Луна и Венера не вращаются, — магнитного поля у них нет. Мы покажем детали другого эффекта, связанного с вращением: стремлением всех планет Солнечной системы разместиться в экваториальной плоскости Солнца.

Рассмотрим модель Солнца, вращающегося в безграничной среде поля (рис.5.12). Линейная скорость точек на поверхности равна $v_0 \sin \theta$.

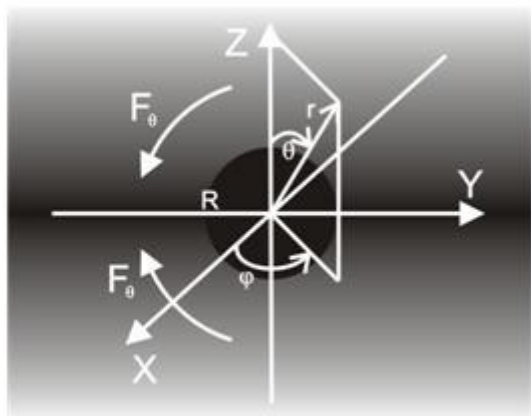


Рис.5.12. Вращающийся шар в безграничной жидкости

В системе координат, связанной с Солнцем, поток вращается по окружностям вокруг шара. Циркуляция при обходе вокруг оси вращения шара не равна нулю, но $\text{rot} \vec{v}$ в жидкости остается нулем. Для кругового пути с центром, совпадающим с центром шара, криволинейный интеграл от скорости равен

$$\oint \vec{v} \cdot d\vec{s} = 2\pi r \sin \theta \cdot v.$$

Для безвихревого потока интеграл не должен зависеть от r . Обозначая его через постоянную $C(\theta)$, получим

$$v = \frac{C(\theta)}{2\pi r \sin \theta}.$$

В частности, на поверхности тела

$$V \sin \theta = \frac{C(\theta)}{2\pi R \sin \theta}, \quad C(\theta) = 2\pi R V \sin^2 \theta.$$

Окончательно выражение для скорости в сферических координатах:

$$v = V \sin \theta \frac{R}{r},$$

где V — линейная скорость вращающегося потока на экваторе.

Перепишем теперь еще раз уравнение Навье-Стокса для силы, действующей на единственный объем на сферической поверхности с радиусом r :

$$\left(-\frac{\nabla p}{\rho}\right)_\theta = \frac{1}{2} (\nabla v^2)_\theta = \frac{1}{2r} \frac{\partial (v^2)}{\partial \theta} = \frac{v^2 R^2 \sin 2\theta}{2r^3}.$$

Это сила на единицу массы. Она направлена к экваториальной плоскости. На планету массы m будет действовать сила в m раз большая.

6. Электрические и магнитные поля

Другое название физического вакуума — *электромагнитное поле*. Квантами этого поля служат гравитоны в виде дисперсной проточной среды, заполняющей все пространство. Гравитоны имеют нулевую массу, целочисленный спин и подчиняются статистике Бозе-Эйнштейна. В квантовой электродинамике электромагнитное поле рассматривается в виде

дискретной механической системы с бесконечно большим числом степеней свободы. При этом принято рассматривать электромагнитное излучение как поток квантов света. Частицей-переносчиком электромагнитного взаимодействия считается фотон — квант электромагнитного поля. Фотоны также имеют нулевую массу, целочисленный спин и подчиняются статистике Бозе–Эйнштейна. Это обеспечивает возможность перехода в пределе к классическому описанию поля, что невозможно для других квантованных полей.

В современной формулировке электромагнитное поле представлено тензором электромагнитного поля, компонентами которого являются три компонента напряжённости электрического поля и три компонента напряжённости магнитного поля, а также четырёхмерным электромагнитным потенциалом.

Понятие «Электромагнитное поле» введено Дж. Максвеллом. Максвелл был совершенно убежден, что ни один волновой процесс не может распространяться без наличия среды. Следуя за Декартом, Фарадеем и Дж. Дж. Томсоном он предположил, что все пространство заполнено эфиром в виде «молекулярных вихрей». Максвелл создал свою механическую модель этой сплошной вихревой среды [9]. На рис. 6.1 показана двумерная модель электромагнитного поля Максвелла.

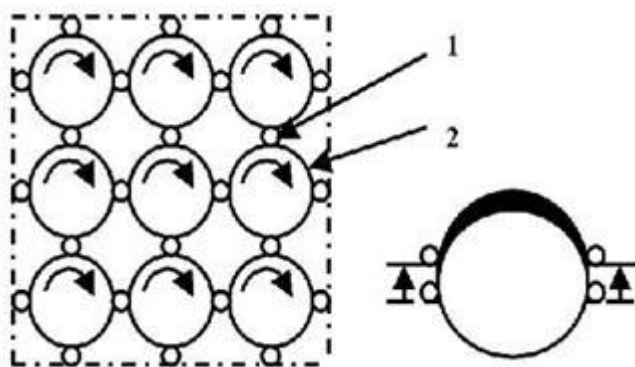


Рис. 6.1. Модель вихрей Максвелла

Вихри 2 передают вращение друг другу через промежуточные частицы 1, которые находятся между вихрями. Справа на рисунке 1 утолщением линии в верхней части вихря показана тангенциальная деформация сжатия вихря при смещении частиц.

Перечислим основные свойства этой двухкомпонентной модели поля:

1. Линейные размеры вихрей не сказываются на свойствах модели.
2. Масса и размеры промежуточных частиц полагаются пренебрежимо малыми.
3. Объем и форма вихрей не поддаются деформации — деформация тангенциальная к поверхности вихря, т.е. вихри можно представить себе как пузырьки, у которых может вращаться и подвергаться деформации только оболочка, но не содержимое.
4. Величины деформаций полагаются достаточно малыми, что обеспечивает линейность зависимости силы от величины деформации.
5. Частицы, заполняющие промежутки между вихрями, ведут себя (в совокупности) как несжимаемая жидкость.
6. Трение и какие-либо другие потери энергии отсутствуют.

На основе своей механической модели и обобщив опытные данные, Джеймс Максвелл выразил законы электромагнитного поля в четырех дифференциальных уравнениях [10]:

$$c^2 \operatorname{rot} \vec{B} = \frac{\vec{J}}{\varepsilon \varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (6.1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (6.2)$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon \varepsilon_0}, \quad (6.3)$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0. \quad (6.4)$$

где \vec{E} — напряженность электрического поля, \vec{B} — магнитная индукция, ρ — плотность заряда, \vec{j} — плотность тока, c — скорость света, ε — диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 — электрическая постоянная.

Уравнения (6.1-6.4) определяют векторные поля \vec{E} и \vec{B} через распределения зарядов и токов. Вектор магнитной индукции \vec{B} обладает только вихревой составляющей, которую обозначают как ротор векторного потенциала \vec{A} :

$$\vec{B} = \operatorname{rot} \vec{A}, \quad \operatorname{div} \vec{A} = 0. \quad (6.5)$$

Это позволяет выразить напряженность электрического поля \vec{E} как

$$\vec{E} = -\operatorname{grad} \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \quad (6.6)$$

Так как система (6.1-6.4) не определяет уравнение движение заряда в электромагнитном поле, то её дополняют выражением для силы Лоренца:

$$\vec{F} = -q \left\{ [\vec{B} \times \vec{v}] + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right\}. \quad (6.7)$$

Теория поля Максвелла является теорией средних значений, теорией сплошной среды. Статистический характер теории Максвелла позволяет при выводе уравнений электромагнитного движения не делать предположений о деталях механизма этого движения. Максвелл только принял, что эфир и заряды движутся подобно идеальной несжимаемой жидкости. Величины напряженностей электрических и магнитных полей \vec{E} и \vec{B} имеют смысл в его теории «плотностей» векторного поля. Значения $\varepsilon \varepsilon_0 \frac{\vec{E}^2}{2}$ и $\frac{\vec{B}^2}{2\mu\mu_0}$ есть плотности энергии в данной точке среды.

Общепринятой в настоящее время является следующая модельная интерпретация системы уравнений Максвелла:

1. Статические заряды создают статическое электрическое поле.
2. Постоянный ток создает статическое вихревое магнитное поле.
3. Переменное магнитное поле является источником вихревого электрического поля. При помещении в него проводника на его концах возникает ЭДС индукции.
4. Переменный ток является источником переменного магнитного поля, которое порождает переменное вихревое электрическое поле. Это поле, в свою очередь, порождает переменное магнитное поле, — так что в пространстве возникает электромагнитная волна. В этой волне происходит периодическая перекачка энергии из электрической в магнитную и обратно.

Однако, при анализе электродинамической теории и, в частности, общепринятой модели системы уравнений (6.1-6.7) и её решений возникает несколько парадоксов. Рассмотрим некоторые из них.

Синфазность векторов E и B

Вид уравнений (6.1) и (6.2) показывает, что при волновом решении данных уравнений векторы \vec{E} и \vec{B} синфазны, т.е. одновременно проходят через максимум. Отсюда следует, что взаимного преобразования электрических и магнитных полей в волне не происходит. Следовательно, существующая физическая модель распространения радиоволн как колебаний векторов \vec{E} и \vec{B} не обоснована.

Проводник с постоянным током поглощает энергию из среды

В традиционной электродинамике вектор Пойнтинга записывается в виде

$$\vec{S} = \varepsilon \varepsilon_0 c^2 [\vec{E} \times \vec{B}],$$

что приводит к парадоксам. Рассмотрим один из приведенных в книге [11] примеров. Пусть

по участку провода с ненулевым сопротивлением течет постоянный ток I (рис. 6.2). Ток порождает магнитное поле \vec{B} , направленное по касательным к окружностям, проведенным вокруг провода. Вдоль провода вне его существует параллельное поверхности электрическое поле \vec{E} , направленное по току. Векторы \vec{E} и \vec{B} взаимно перпендикулярны, а потому вектор Пойнтинга направлен радиально — внутрь проводника. Из окружающего пространства в провод с постоянным током должна втекать энергия.

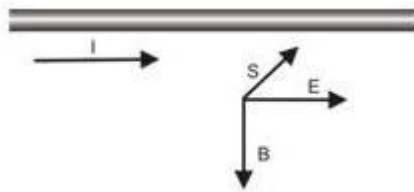


Рис. 6.2. Вектор Пойнтинга вблизи провода с током

Но такие потоки энергии на опыте не обнаружены. Опыт показывает поток энергии только для переменного тока.

Некорректность методики расчета ЭДС электромагнитной индукции

Некорректна существующая методика вычисления значения ЭДС электромагнитной индукции. Плотность тока во вторичной обмотке трансформатора определяется по закону Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} = \sigma \left(-\text{grad } \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right),$$

где мы воспользовались формулой (6.6).

Обычно вторичная обмотка выполнена из металла с высокой электропроводностью σ , поэтому напряженность электрического поля \vec{E} при конечных значениях плотности тока \vec{j} мала:

$$\vec{j}/\sigma = \vec{E} = -\text{grad } \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \approx 0.$$

ЭДС во вторичной обмотке вычисляются интегрированием:

$$\text{ЭДС} = \int_0^L \text{grad } \varphi \, dl = - \int_0^L \frac{\partial A}{\partial t} \, dl,$$

что соответствует экспериментальным значениям.

Таким образом, напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора связано со значением электропроводности материала обмотки, чего не наблюдается на практике. В самой основе методики определения ЭДС заложено следующее противоречие. В расчетах причиной поляризации проводника вторичной обмотки служит электрическая напряженность \vec{E} , как внешняя сила, разводящая заряды. Поэтому получение выражения для ЭДС, исходя из обязательного условия $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$, нарушает сам принцип причинности и противоречит третьему закону Ньютона.

Фотоны как переносчики электрических и магнитных полей

Не обосновано утверждение о том, что квантами (переносчиками действия) электромагнитного поля являются фотоны. Волновое уравнение для свободного пространства записывается в виде [5]:

$$\square f = 0,$$

где \square — оператор д'Аламбера $\square = \Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}$,

f — любая из компонент \vec{A} , \vec{E} или \vec{B} .

Но у фотонов нет собственного заряда и собственного магнитного момента. Поэтому они не могут быть материальной основой непрерывных полевых функций — напряженностей электрического \vec{E} или магнитного \vec{B} полей.

Приведенные противоречия в модельных представлениях электромагнитных явлений устраняются в предлагаемой модификации уравнений Максвелла. Что касается квантования электромагнитного поля, то его квантами являются вихревые гравитоны, из которых состоят все частицы (в том числе фотоны) и все вещество.

6.1. Первая модификация уравнений Максвелла

Электрическое поле при анализе решений уравнений Максвелла разделяют на просто "электрическое поле" и "вихревое электрическое поле". Источником первого являются электрические заряды. Это потенциальное поле конденсатора. Источником второго служит переменное магнитное поле. Это вихревое поле сторонних сил, обеспечивающих ЭДС во вторичной обмотке трансформатора. Однако в уравнениях Максвелла эти поля неразличимы.

Первая модификация обусловлена требованиями применяемого математического аппарата векторного исчисления. По теореме Гельмгольца всякое однозначное и непрерывное векторное поле, обращающееся в нуль на бесконечности, может быть единственным образом представлено в виде суммы градиента некоторой скалярной функции и ротора некоторой векторной функции, дивергенция которой равна нулю.

В системе уравнений (6.1-6.6) векторы \vec{A} и \vec{B} — вихревые. Вихревые векторы замкнуты, источников у них нет. Условие $div\vec{A} = 0$ в (6.5) — это требование математической теоремы Гельмгольца, а не условие калибровки Лоренца для векторного потенциала.

Векторы \vec{E} и \vec{J} — смешанные, т.е. содержат градиентную и вихревую составляющие.

Представим разложение вектора \vec{E} согласно теореме Гельмгольца:

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \vec{E}_{grad} + \vec{E}_{rot} = -grad\varphi + rot\vec{P}, \\ \vec{E}_{grad} &= -grad\varphi, \quad \vec{E}_{rot} = rot\vec{P}, \\ rot(\vec{E}_{grad}) &= div(\vec{E}_{rot}) = div\vec{P} = 0.\end{aligned}\tag{6.8}$$

Вектор \vec{J} также представим как сумму безвихревой и вихревой компоненты:

$$\begin{aligned}\vec{J} &= \vec{J}_{grad} + \vec{J}_{rot}, \\ div(\vec{J}_{rot}) &= rot(\vec{J}_{grad}) = 0.\end{aligned}\tag{6.9}$$

Безвихревые векторы \vec{E}_{grad} и \vec{J}_{grad} начинаются на источниках, а заканчиваются либо на стоках, либо в бесконечности.

После подстановки преобразований (6.6, 6.8, 6.9) в систему (6.1-6.4) уравнения будут выглядеть следующим образом

$$\begin{aligned}c^2 rot(rot\vec{A}) &= \frac{\vec{J}_{grad} + \vec{J}_{rot}}{\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{\partial(\vec{E}_{grad} + \vec{E}_{rot})}{\partial t}, \\ rot(-grad\varphi + \vec{E}_{rot}) &= \frac{\partial(rot\vec{A})}{\partial t}, \\ div(\vec{E}_{grad} + \vec{E}_{rot}) &= div(-grad\varphi + rot\vec{P}) = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}, \\ div(rot\vec{A}) &= 0.\end{aligned}\tag{6.10}$$

В результате решения этих уравнений мы должны получить два набора величин, характеризующих поле:

- скаляр φ и векторы градиентного типа \vec{E}_{grad} и \vec{J}_{grad} ,
- вихревые векторы \vec{E}_{rot} , \vec{A} .

В первом уравнении системы (6.10) в левой части на вектор \vec{A} воздействует оператор "div", т.е. слева стоит вихревой вектор. Поэтому сумма градиентных векторов в правой части уравнения будет равна нулю. Перепишем всю систему уравнений в виде:

$$c^2 \text{rot}(\text{rot}\vec{A}) = \frac{\vec{J}_{rot}}{\varepsilon\varepsilon_0} + \frac{\partial(\vec{E}_{rot})}{\partial t}, \quad (6.11)$$

$$\text{rot}(\vec{E}_{rot}) = \frac{\partial(\text{rot}\vec{A})}{\partial t}, \quad (6.12)$$

$$\text{div}(\vec{E}_{grad}) = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}, \quad (6.13)$$

$$\vec{J}_{grad} + \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial(\vec{E}_{grad})}{\partial t}. \quad (6.14)$$

Действуя оператором "div" на уравнение (6.14) и подставляя в него значение $\text{div}(\vec{E}_{grad})$ из уравнения (6.13), получим уравнение непрерывности для градиентной составляющей тока:

$$\text{div}(\vec{J}_{grad}) + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0. \quad (6.15)$$

Это соотношение выражает закон сохранения заряда.

Из уравнения (6.12) получаем выражение для \vec{E}_{rot} , которое равно производной от векторного потенциала магнитной индукции, взятой с обратным знаком:

$$\vec{E}_{rot} = -\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}. \quad (6.16)$$

Вихревое электрическое поле — это сторонняя сила магнитного поля. Она возникает при изменении во времени векторного потенциала.

Подставляя это значение в уравнение (6.11), получаем уравнение магнитного вихревого процесса:

$$c^2 \text{rot}(\text{rot}\vec{A}) + \frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = \frac{\vec{J}_{rot}}{\varepsilon\varepsilon_0}. \quad (6.17)$$

В правую часть этого уравнения в качестве источника векторного потенциала входит только вихревая составляющая тока \vec{J}_{rot} .

Пользуясь известной формулой векторного анализа

$$\text{rot}(\text{rot}\vec{A}) = -\Delta\vec{A} + \text{grad}(\text{div}\vec{A}),$$

перепишем (6.17) в виде обычного волнового уравнения:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}, \quad (6.18)$$

где μ_0 — относительная магнитная проницаемость среды. Напомним, что $c^2 = \frac{1}{\mu\mu_0\varepsilon\varepsilon_0}$.

В отсутствие токов уравнение (6.18)

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = 0 \quad (6.19)$$

имеет ненулевое решение. Применяя к (6.19) операции rot и $\partial/\partial t$, можно убедиться, что векторы \vec{B} и \vec{E}_{rot} также удовлетворяют уравнению электромагнитной волны в свободном от токов пространстве.

Окончательно, с учетом требований, предъявляемых используемым математическим аппаратом теории поля, запишем модифицированную систему уравнений Максвелла в следующем виде:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}, \quad (6.20)$$

$$\vec{E}_{rot} = -\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}. \quad (6.21)$$

$$\text{div}(\vec{E}_{grad}) = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}, \quad (6.22)$$

$$\vec{J}_{grad} + \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial(\vec{E}_{grad})}{\partial t} = 0. \quad (6.23)$$

К этому нужно добавить следующие соотношения:

$$\vec{E}_{grad} = -\text{grad}\varphi, \quad \vec{B} = \text{rot}\vec{A}.$$

$$\text{div}\vec{A} = \text{div}\vec{B} = \text{div}(\vec{E}_{rot}) = \text{rot}(\vec{E}_{grad}) = \text{div}(\vec{J}_{rot}) = \text{rot}(\vec{J}_{grad}) = 0.$$

Система уравнений Максвелла (6.20-6.23) разбивается на две независимые части: описание магнитных явлений, источником которых служит электрический ток \vec{J}_{rot} , и описание электрического поля \vec{E}_{grad} , источником которого служит заряд ρ .

Уравнения (6.20) и (6.21) относятся к магнитодинамике. Первое уравнение описывает вихревое поле векторного потенциала \vec{A} в зависимости от значения вихревого тока \vec{J}_{rot} . Для постоянного тока векторный потенциал не зависит от времени. В этом случае второе слагаемое в левой части равно нулю, и мы получаем уравнение Пуассона для векторного потенциала постоянного магнитного поля.

Второе соотношение (6.21) дает значение сторонней (не электрической) силы, действующей на заряд со стороны магнитного поля. Эта сила появляется лишь при изменении во времени векторного потенциала \vec{A} , (соответственно, и индукции \vec{B}). Именно эта сторонняя сила создает ЭДС во вторичной обмотке трансформатора.

Уравнение (6.22) описывает безвихревое электростатическое поле \vec{E}_{grad} , создаваемое неподвижными электрическими зарядами. Второе уравнение (6.23) — уравнение непрерывности — учитывает зависимость плотности зарядов от времени. Напряженность электрического поля \vec{E}_{grad} не зависит от магнитного поля. Утверждение о том, что переменные электрические поля превращаются в магнитные, а переменные магнитные превращаются в электрические, не обосновано.

6.2. Вторая модификация уравнений Максвелла

В системе уравнений Максвелла (6.1-6.4) мы имеем дело только с локальными изменениями величин электромагнитного поля, т.е. изменениями в данной точке поля. Однако частные производные по времени можно заменить на полные. Это вторая модификация уравнений Максвелла, предлагаемая в данной работе. Данная замена представляется совершенно логичной, так как удаленный заряд не может различить, за счет чего произошло изменение действующего на него поля: за счет изменения интенсивности излучения источника или за счет его движения со скоростью \vec{v} относительно заряда.

Полное изменение во времени векторов поля складывается из двух частей:

- местного (локального) изменения $\partial\vec{A}/\partial t$;
- стационарного со слагаемыми по осям координат:

$$(v_x \frac{\partial A_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial A_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial A_z}{\partial z}) \text{ — и аналогично для } \vec{A}_y \text{ и } \vec{A}_z.$$

Окончательно полная производная записывается в виде

$$\frac{d\vec{A}}{dt} = \frac{\partial\vec{A}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot grad)\vec{A}.$$

Система уравнений (6.1-6.4) с полными производными выглядит следующим образом:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2\vec{A}}{dt^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot},$$

$$\vec{E}_{rot} = -\frac{d\vec{A}}{dt}. \tag{6.24}$$

$$div(\vec{E}_{grad}) = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0},$$

$$\vec{J}_{grad} + \epsilon\epsilon_0 \frac{d(\vec{E}_{grad})}{dt} = 0.$$

Раскроем выражение для полной производной в правой части второго уравнения системы (6.24):

$$\vec{E}_{rot} = [\vec{v} \times rot\vec{A}] - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t} = [\vec{v} \times \vec{B}] - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t}. \tag{6.25}$$

Здесь мы воспользовались формулой векторного исчисления

$$(ac)b = (ab)c + a \times (b \times c), \text{ так что}$$

$$-(\vec{v}\nabla)\vec{A} = \nabla \times (\vec{v} \times \vec{A}) - \vec{v}(\nabla\vec{A}).$$

По определению напряженность \vec{E}_{rot} есть сила, действующая на единичный положительный заряд. Первое слагаемое в (6.25) определяет силу, действующую в поле на неподвижный заряд при движении источника статического магнитного поля. Второе слагаемое описывает силу, действующую на покоящийся заряд в переменном магнитном поле неподвижного источника. Отрицательный знак при этом показывает, что направление действия силы противоположно направлению тока — источника магнитного поля.

С учетом сделанного замечания запишем окончательно модифицированные уравнения Максвелла для электрического поля:

$$\text{div}(\vec{E}_{grad}) = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}, \quad (6.26)$$

$$\vec{E}_{grad} = -\text{grad}\varphi; \quad (6.27)$$

$$\Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad (6.28)$$

$$\vec{J}_{grad} + \varepsilon\varepsilon_0 \frac{d(\vec{E}_{grad})}{dt} = 0. \quad (6.29)$$

$$\text{div}(\vec{J}_{grad}) + \frac{d\rho}{dt} = 0. \quad (6.30)$$

Для напряженности \vec{E}_{grad} и тока \vec{J}_{grad} всегда выполняется условие $\text{rot}(\vec{E}_{grad}) = \text{rot}(\vec{J}_{grad}) = 0$.

Уравнение (6.26) описывает электростатическое поле. Оно позволяет найти скалярный потенциал φ и напряженность электрического поля \vec{E}_{grad} по заданному распределению зарядов ρ . Уравнение непрерывности (6.27) выражает закон сохранения заряда.

Запишем уравнения Максвелла для вихревой компоненты электромагнитного поля — магнитостатики и магнитодинамики:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}, \quad (6.31)$$

$$\vec{E}_{rot} = [\vec{v} \times \vec{B}] - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}. \quad (6.32)$$

$$\vec{B} = \text{rot}\vec{A}. \quad (6.33)$$

При этом всегда выполняется условие $\text{div}\vec{A} = \text{div}\vec{B} = \text{div}(\vec{E}_{rot}) = \text{div}(\vec{J}_{rot}) = 0$.

Уравнение (6.28) позволяет найти векторный потенциал \vec{A} по заданному току \vec{J}_{rot} . Магнитная индукция \vec{B} связана с векторным потенциалом \vec{A} соотношением (6.33). При известном векторном потенциале $\vec{A}(x,y,z,t)$ можно найти напряженность вихревого электрического поля \vec{E}_{rot} из уравнения (6.32). Модифицированные уравнения Максвелла описывают возникновение вихревого поля \vec{E}_{rot} не только при изменении поля в данной точке во времени, но и при движении точки относительно источника.

7. Примеры решений уравнений Максвелла

Модифицированные уравнения Максвелла содержат новые величины напряженностей градиентного \vec{E}_{grad} и вихревого \vec{E}_{rot} электрического поля вместо смешанного вектора \vec{E} . Поэтому приведем несколько примеров решений уравнений. Хотя многие нижеперечисленные положения были открыты как независимые законы, все они являются решениями уравнений Максвелла.

7.1. Закон Гаусса

Задача электростатики состоит в решении уравнения Пуассона (6.28). По известному электростатическому потенциалу ϕ поле \vec{E}_{grad} находится из соотношения (6.27). Пусть плотность зарядов ρ задана как функция x, y, z . Заряды размещены в области (2), а наблюдатель находится в точке (1).

Решение уравнения (6.28) хорошо известно:

$$\phi(1) = \int \frac{\rho(2)dV(2)}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{12}},$$

где r_{12} — расстояние между точками (1) и (2).

Применяя теорему Остроградского-Гаусса к уравнению (6.26), получим закон Гаусса:

$$\int_S (\vec{E}_{grad})_n dS = \int_V \frac{\rho dV}{\epsilon\epsilon_0}.$$

Суммарный поток вектора градиентного электрического поля через замкнутую поверхность равен суммарному электрическому заряду, заключенному внутри этой поверхности.

7.2. Закон Кулона

Интегрирование уравнения (6.28) по сферической поверхности радиуса R , проведенной вокруг заряда ρ , приводит к закону Кулона:

$$\vec{E}_{grad} = \frac{\rho\vec{R}}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R^3}.$$

Если заряд q_1 поместить в точку (1), а заряд q_2 — в точку (2), то силы, действующие на заряды q_1 и q_2 , равны соответственно:

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{e}_{12} = -\vec{F}_{21},$$

где \vec{e}_{12} — единичный вектор, направленный от q_2 к q_1 .

7.3. Закон сохранения заряда

Закон сохранения зарядов выражает уравнение непрерывности (6.30), выраженное в дифференциальной форме:

$$\text{div}(\vec{J}_{grad}) + \frac{d\rho}{dt} = 0.$$

Интегрируя по некоторому объему, ограниченному замкнутой поверхностью S , перепишем это уравнение в интегральной форме:

$$\frac{d}{dt} \int \rho dV = - \oint \rho \vec{v} d\vec{S}.$$

Левая часть положительна, если полный заряд в данном объеме увеличивается.

7.4. Закон Ампера

Для описания магнитостатических явлений уравнение (6.31) записывается в виде: $\text{rot}\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{J}_{rot}$. Здесь мы использовали формулу векторного анализа:

$$\Delta\vec{A} = -\text{rot}(\text{rot}\vec{A}) + \text{grad}(\text{div}\vec{A}).$$

По теореме Стокса интеграл от векторного поля по замкнутому контуру равен поверхностному интегралу от нормальной компоненты ротора этого вектора по любой поверхности, натянутой на контур:

$$\oint_{\Gamma} \vec{B} d\vec{l} = \iint_S \text{rot}\vec{B} d\vec{S} = \mu\mu_0 \iint_S \vec{J}_{rot} d\vec{S} = \mu\mu_0 I_{\text{сквозь } \Gamma}.$$

Интеграл по поверхности S от тока \vec{J}_{rot} есть полный ток I через эту поверхность и не зависит от ее формы. Циркуляция \vec{B} по любой замкнутой кривой Γ равна полному току I сквозь петлю, умноженному на $\mu\mu_0$ (закон полного тока).

7.5. Закон Био и Савара

Найдем магнитную индукцию \vec{B} в точке (1), если ток протекает в области (2). Для постоянного магнитного поля из уравнения (6.31) имеем отношение:

$$\Delta \vec{A} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}.$$

Для непрерывной функции \vec{J}_{rot} и при стремлении \vec{A} к нулю на бесконечности решением уравнения Пуассона является ньютонов потенциал функции \vec{J}_{rot} :

$$\Delta \vec{A}(1) = -\frac{\mu\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{J}_{rot}(2)}{r_{12}} dV_2. \quad (7.1)$$

Найдем магнитную индукцию $\vec{B}(1) = rot \vec{A}(1)$, создаваемую электрическим током \vec{J}_{rot} (2). Для этого применим операцию rot к обеим частям уравнения (34), пользуясь известной формулой

$$rot(f\vec{A}) = frot\vec{A} + [gradf \times \vec{A}].$$

Так как дифференцирование производится по координатам точки наблюдения, то плотность тока \vec{J}_{rot} считаем постоянной величиной. Получим окончательно закон Био и Савара:

$$\vec{B}(1) = -\frac{\mu\mu_0}{4\pi} \int \frac{[\vec{J}_{rot}(2) \times \vec{e}_{12}]}{r_{12}^2} dV_2.$$

где \vec{e}_{12} — единичный вектор, направленный из области тока dV_2 в точку наблюдения.

7.6. Закон Фарадея

Электродвижущую силу в цепи определяют как тангенциальную компоненту сторонней силы на единичный заряд, проинтегрированную по всей цепи. Эта величина равна полной работе, совершаемой над единичным зарядом, когда он обходит один раз вокруг цепи. По теореме Стокса циркуляция \vec{E}_{rot} по замкнутой цепи Γ равна потоку $rot\vec{E}_{rot}$ через любую поверхность, ограниченную контуром Γ :

$$\oint_{\Gamma} \vec{E}_{rot} d\vec{l} = \oint_S rot(\vec{E}_{rot}) d\vec{S}. \quad (7.2)$$

В подынтегральное выражение вставим значение \vec{E}_{rot} из уравнения (6.32):

$$rot(\vec{E}_{rot}) = rot[\vec{v} \times \vec{B}] - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -(\vec{v}\nabla)\vec{B} - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\frac{d\vec{B}}{dt}.$$

Подставляя это значение в (6.35), получим, что ЭДС в замкнутом контуре равна скорости изменения магнитного потока, проходящего через этот контур:

$$\text{ЭДС} = \oint_{\Gamma} \vec{E}_{rot} d\vec{l} = -\oint_S \frac{d\vec{B}}{dt} d\vec{S} = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

Заметим, что здесь учитывается изменение потока и за счет изменения поля и за счет движения контура, чего нет в уравнениях Максвелла.

Для вторичной обмотки катушки индуктивности, содержащей n витков, при протекании в первичной обмотке переменного тока ЭДС будет определяться выражением

$$\text{ЭДС} = -n \frac{d\Phi}{dt}.$$

7.7. Электромагнитная индукция

Явление возникновения электродвижущей силы (ЭДС) во вторичной обмотке катушки индуктивности является основой современной электротехники. Основная идея ЭДС состоит в том, что сторонняя сила разводит заряды в проводнике. При этом она равна кулоновской силе притяжения этих зарядов. ЭДС магнитной индукции во вторичной обмотке катушки индуктивности есть действующая на заряды сторонняя сила, просуммированная по всей длине цепи, точнее, тангенциальная компонента силы на единичный заряд, проинтегрированная по проводнику вдоль замкнутого контура. Проинтегрируем обе части выражения (6.32) по замкнутому витку вторичной обмотки:

$$\text{ЭДС} = \oint_{\Gamma} \vec{E}_{rot} d\vec{l} = \oint_{\Gamma} ([\vec{v} \times \vec{B}] - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}) d\vec{l}. \quad (7.3)$$

Применим эту формулу для расчета ЭДС в простой проволочной петле, состоящей из U-образной неподвижной части и подвижной перемычки. Петля помещена в изменяемое магнитное поле \vec{B} , перпендикулярное плоскости петли. В первом слагаемом считаем, что магнитная индукция \vec{B} не зависит от времени, а скорость $\vec{v} = \partial \vec{L} / \partial t$ не зависит от координат.

Применяя теорему Стокса, получаем сразу правило потока (закон Фарадея):

$$\begin{aligned} \text{ЭДС} &= - \oint_{\Gamma} [\vec{B} \times \frac{d\vec{L}}{dt}] d\vec{l} - \frac{\partial}{\partial t} \oint_{\Gamma} \text{rot} \vec{A} d\vec{S} = \\ &= - \oint_{S} \text{rot} [\vec{B} \times \frac{d\vec{L}}{dt}] d\vec{S} - \frac{\partial}{\partial t} \oint_{\Gamma} \vec{B} d\vec{S} = \\ &= - \oint_{S} \{(\vec{v} \nabla) \vec{B} - \vec{B} (\nabla \vec{v})\} d\vec{S} - \frac{\partial}{\partial t} \oint_{\Gamma} \vec{B} d\vec{S} = \\ &= - \oint_{S} \left\{ (\vec{v} \nabla) \vec{B} - \frac{\partial}{\partial t} \vec{B} \right\} d\vec{S} = \\ &= - \oint_{S} \frac{d\vec{B}}{dt} d\vec{S} = - \frac{d}{dt} \Phi_{\text{mag}}, \end{aligned}$$

где Φ_{mag} – магнитный поток через поверхность s , натянутую на петлю. При этом учитывается изменение магнитного потока и за счет изменения поля и за счет изменения площади контура.

Обратим еще раз внимание на следующее обстоятельство. По определению, ЭДС — это работа по перемещению заряда сторонними (неэлектрическими) силами. ЭДС не может быть получена интегрированием по замкнутому контуру электрической напряженности \vec{E} , как это делают сейчас при решении уравнений Максвелла (6.1-6.4). В нашем случае величина \vec{E}_{rot} не электрического, а магнитного происхождения.

7.8. Излучение радиоволн

Решения волнового уравнения (6.31) $\Delta \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}$ для векторного потенциала в частных производных по времени от \vec{A} и больших расстояний от источника хорошо изучены. Если во всех точках (2) известна плотность тока $\vec{J}_{rot}(x, y, z, t)$, то поле в точке (1) представляет собой сумму всех сферических волн, испускаемых в момент $(t-r_{12}/c)$ всеми элементами неподвижного источника, расположенного в точке (2):

$$\vec{A}(1) = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{J}_{rot}(2, t-r_{12}/c)}{r_{12}} dV_2. \quad (7.4)$$

Однако в модифицированном уравнении (6.31) предусмотрен учет зависимости векторного потенциала \vec{A} для движущегося источника тока в виде полной второй производной по времени.

$$\Delta \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \vec{A}}{dt^2} = -\mu\mu_0 \vec{J}_{rot}. \quad (7.5)$$

Применяя к уравнению (7.5) операцию rot , получим волновое уравнение для магнитной индукции \vec{B} с источником $\text{rot}(\vec{J}_{rot})$:

$$\Delta \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \vec{B}}{dt^2} = -\mu\mu_0 \text{rot}(\vec{J}_{rot}).$$

Применяя к уравнению (7.5) операцию $\partial/\partial t$, получим волновое уравнение для вектора \vec{E}_{rot} с источником $\frac{\partial}{\partial t}(\vec{J}_{rot})$:

$$\Delta \vec{E}_{rot} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \vec{E}_{rot}}{dt^2} = -\mu\mu_0 \frac{\partial}{\partial t}(\vec{J}_{rot}).$$

Электрический потенциал ϕ не удовлетворяет волновому уравнению. Радиоволну образуют векторный потенциал \vec{A} и магнитная индукция $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$. Эти векторы имеют сдвиг по направлению на $\pi/2$. Но по времени они синфазны. Поэтому нельзя говорить, что энергия в волне перетекает за период из индукции \vec{B} в потенциал \vec{A} и обратно.

Вихревое электрическое поле $\vec{E}_{rot} = [\vec{v} \times rot \vec{A}] - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$ существует лишь при изменении векторного потенциала во времени либо при движении источника относительно приемника.

Обозначая \vec{v} — скорость движения источника, вычислим вторую производную по времени в уравнении (7.5):

$$\frac{d^2 \vec{A}}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left((\vec{v} \nabla) \vec{A} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = (v \nabla) \left((\vec{v} \nabla) \vec{A} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial t} \left((\vec{v} \nabla) \vec{A} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = rot[v \times rot[v \times A]] - 2 \frac{\partial}{\partial t} rot[v \times A] + \frac{\partial^2 A}{\partial t^2}. \quad (7.6)$$

Вычислим вид уравнения (7.5) для случая, когда источник тока движется по оси ОХ с постоянной скоростью. При вычислении выражения (7.6) примем следующие упрощения:

волна распространяется в направлении оси ОХ, вектор $\vec{A} \perp \vec{v}$;

вектор \vec{A} имеет только составляющую \vec{A}_y ,

составляющая \vec{A}_y вектора \vec{A} зависит только от координаты x и времени,

смешанные производные от \vec{A}_y равны нулю.

Тогда выражение (7.6) будет равно $\frac{d^2 \vec{A}_y}{dt^2} = v^2 \frac{\partial^2 \vec{A}_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{A}_y}{\partial t^2}$.

Уравнение (7.5) запишется в виде:

$$(1 - v^2) \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \vec{A}}{c^2 \partial t^2} = -\mu \mu_0 \vec{J}_{rot} \quad (7.7)$$

Значения координаты x мы должны взять в запаздывающий момент $x - vt$. Отсюда видно, что координаты преобразуются с помощью преобразований Лоренца:

$$x' \rightarrow \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' \rightarrow y, \quad z' \rightarrow z.$$

Таким образом, преобразования Лоренца являются следствием решения модифицированных уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла описывают поля движущихся источников. Множитель $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ уже «содержится в уравнениях», поэтому уравнения Максвелла инвариантны к релятивистским преобразованиям. Формулу (7.7) мы получили только для векторного потенциала \vec{A} , т.е. для магнитодинамики.

7.9. Плотность энергии и вектор потока энергии поля

В электростатике плотность энергии можно записать как

$$u = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2} (\vec{E}_{grad} \cdot \vec{E}_{grad}).$$

В магнитодинамике выражение для плотности энергии приобретает вид:

$$u = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2} (\vec{E}_{rot} \cdot \vec{E}_{rot}) + \frac{\varepsilon \varepsilon_0 c^2}{2} (\vec{B} \cdot \vec{B}).$$

Вектор потока энергии Пойнтинга

$$\vec{S} = \varepsilon \varepsilon_0 c^2 [\vec{E}_{rot} \times \vec{B}], \quad (7.8)$$

где $\vec{E}_{rot} = [\vec{v} \times rot \vec{A}] - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$, $\vec{B} = rot \vec{A}$.

Вектор Пойнтинга в общем случае зависит от скорости движения источника векторного потенциала и скорости его изменения. Для неподвижного источника в выражение входит только частная производная по времени

$$\vec{S} = -\varepsilon \varepsilon_0 c^2 \left[\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \times rot \vec{A} \right]. \quad (7.9)$$

Составляющие вектора Пойнтинга являются производными от векторного потенциала \vec{A} по времени и пространству. Они сдвинуты по фазе относительно \vec{A} в разные стороны. Поток энергии (7.9) не равен нулю только при изменении векторного потенциала во времени. Постоянные токи не сопровождаются потоками энергии поля, что и подтверждается на опыте.

Для примера рассмотрим монохроматическую плоскую волну, поле которой является периодической функцией от $(t-r/c)$. Тогда $\vec{A} = \vec{A}_0 \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$, где волновой вектор $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{n}$, (\vec{n} — единичный вектор в направлении распространения волны). Дифференцируя, получим $\vec{S} = \varepsilon\varepsilon_0 c^2 \omega \vec{k} \vec{A}_0^2 \sin^2(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$.

Интегрирование за период дает положительное значение этой функции.

Рассмотрим снова длинный проводник с током (рис.7.1).



Рис. 7.1. Параметры поля при возрастании тока в проводнике

При увеличении тока в проводнике в окружающем пространстве возникнет вихревое электрическое поле, направленное противоположно исходному току. По формуле (7.9) вектор Пойнтинга будет направлен по радиусу от провода. При уменьшении тока направление \vec{E}_{rot} будет противоположным — вектор Пойнтинга будет направлен по радиусу к проводу. Энергия будет возвращаться в проводник. При постоянном токе потока энергии от проводника нет.

7.10. Импульс поля

Плотность потока импульса поля (т.е. импульс единицы объема поля) равна вектору Пойнтинга, деленному на c^2 . Для неподвижного источника получим $\vec{P} = -\varepsilon\varepsilon_0 \left[\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \times \text{rot} \vec{A} \right]$ — импульс поля отличен от нуля только в нестационарных случаях. При циркуляции поле обладает моментом импульса.

7.11. Физический смысл векторного потенциала

Из уравнения (6.32) видно, что в нестационарном случае вихревая составляющая сторонней магнитной силы, действующей на единичный положительный заряд $\vec{E}_{rot} = -\frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$. Если сравнить это выражение с законом Ньютона, то очевиден и физический смысл векторного потенциала ($-\vec{A}$) как импульса, которым обладает единичный заряд. А импульс поля, соответственно, равен (\vec{A}). Таким образом, импульс потока зарядов компенсируется противоположно направленным импульсом созданного этим потоком поля векторного потенциала.

Электрический потенциал ϕ электростатического поля, созданного электрическими зарядами ρ , — это энергия единичного положительного заряда в данной точке поля. Векторный потенциал \vec{A} магнитного поля, созданного вихревыми токами \vec{J}_{rot} , — это взятый с противоположным знаком импульс единичного положительного заряда в данной точке поля.

8. Модель электромагнитной индукции

Рассмотрим на модели явление электромагнитной индукции (рис.8.1). Пусть имеется проводник 1 с током, который создает вокруг себя магнитное поле. Параллельно ему помещен другой проводник 2. Магнитное поле \vec{B} (поток гравитонов) от проводника 1 направлено на читателя. Оно ориентирует электроны в проводнике 2 зарядовой трубкой по направлению вектора \vec{B} .

Повторим еще раз, что у всех быстровращающихся тел есть одна общая черта. Под действием внешних моментов сил ось быстровращающегося тела поворачивается не в той плоскости, в которой она повернулась бы без быстрого вращения, а в плоскости ей перпендикулярной. При этом движение оси под действием постоянного момента происходит не с ускорением, а с постоянной угловой скоростью и продолжается лишь до тех пор, пока действует внешний момент. Как только прекращается действие внешнего момента, сразу же прекращается и движение оси.



Рис. 8.1. Схема электромагнитной индукции

Силовое действие потока на электроны сводится к их сдвигу "гравитонным ветром". Но при сдвиге центра масс быстро вращающегося тела происходит смещение тела в направлении, перпендикулярном направлению силы. На рис. 8.2 показано, что если поток \vec{B} сдвигает центры масс составляющих электрон нейтрино, то верхний из них стремится сместиться вправо, а нижний — влево. Этот момент сил разворачивает электроны магнитным моментом (зарядовой трубкой E) вниз, по направлению потока \vec{B} .

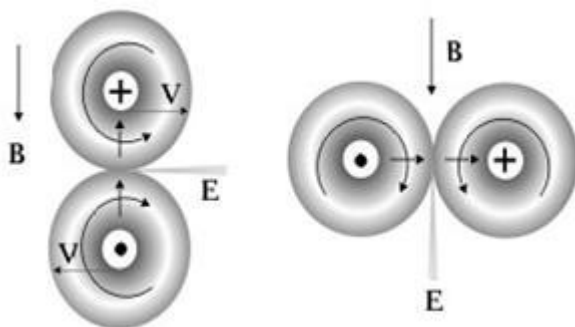


Рис. 8.2. Ориентирование электрона в магнитном поле

Увеличение тока в проводнике 1 (рис. 8.1) приводит к увеличению значения векторного потенциала \vec{A} области проводника 2. Но возрастание векторного потенциала эквивалентно появлению вихревого электрического поля \vec{E}_{rot} . Эта сторонняя сила для положительных зарядов направлена против производной $\partial\vec{A}/\partial t$, т.е. от проводника 2 к проводнику 1, а для электронов — в противоположную сторону. Возникшая сила стремится сместить ориентирован-

ные электроны на рисунке 5 вниз. Но при таком смещении центры масс электронов попадают в область собственных осевых скоростей, что приводит к их осевому дрейфу влево вдоль оси проводника.

То же самое произойдет, если мы начнем приближать проводник 1 к проводнику 2. Движение проводника вызовет движение сцепленного с ним пограничного слоя поля, т.е. «гравитонный ветер». Этот «ветер» будет стремиться сместить электроны вниз, что приведет к их дрейфу влево. Наведенный ток будет иметь направление, противоположное исходному. При уменьшении тока в проводнике 1 «гравитонный ветер» направлен вверх и наведенный ток в проводнике 2 потечет вправо, в ту же сторону, что и исходный. Отсюда и следует правило Ленца.

Смещение зарядов в удаленном проводнике является источником наведенной ЭДС. Она вызвана сторонней силой за счет изменения векторного потенциала во времени. На концах разомкнутого проводника возникает разность потенциалов, в точности равная ЭДС.

Если по проводнику 2 также течет ток, то эти токи притягиваются, если они имеют одинаковое направление и отталкиваются при противоположно направленных токах. Это справедливо для движения двух электронов, для токов в вакууме и токах в проводниках. На рис. 8.3 представлена схема взаимодействия двух однонаправленных токов.

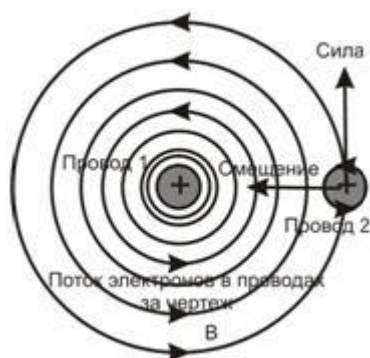


Рис. 8.3. Взаимодействие однонаправленных токов

На рисунке изображены два проводника, в которых токи электронов направлены за чертеж. В проводнике 2 электроны, образующие ток, ориентированы так, что их зарядовые трубки направлены вдоль оси проводника. Поток магнитной индукции от проводника 1 воздействует на быстро вращающиеся электроны в проводнике 2, смещая их центры масс вверх, где линейная скорость вращения направлена влево, к проводнику 1. Поэтому поток электронов проводника 2 будет смещаться к проводнику 1. Если электроны идут не в свободном потоке, а в проводнике, то возникнет сила, стремящаяся переместить этот проводник. Аналогично магнитное поле проводника 2 смещает электроны проводника 1. Это механизм сильного взаимодействия.

Распространенное мнение о том, что притягиваются только металлические провода с одинаковым направлением токов, а потоки "голых" электронов всегда отталкиваются, не обосновано. Если все электроны в потоке одинаково ориентированы, то они притягиваются друг к другу, — происходит шнурование потока. Электрическое поле одиночного электрона векторное, оно насыщается при замыкании на положительный заряд.

9. Модель распространения радиоволн

В классической электродинамике свет (инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые лучи), рентгеновские лучи и гамма-лучи часто называют «электромагнитным излучением» и

относят к «электромагнитным волнам». Считается, что все эти явления имеют единую природу, различаясь лишь частотой (табл.1). Квантовая физика различает фотоны (свет, рентгеновские лучи, γ -излучение) и радиоволны. Радиоволны — это колебания в среде гравитонов. Они представляют собой волны прецессий осей вихревых частиц поля. Прецессии возникают при движении объектов в среде. Радиоволны объединяет с фотонами скорость распространения $\sim 3 \cdot 10^8$ м/с. Это средняя «тепловая» скорость гравитонов физического вакуума (электромагнитного поля).

Таблица 1

Диапазоны	Радиоволны	Свет			Рентгеновские лучи	γ -излучение
		ИК	Видимый свет	УФ лучи		
Длина волн λ , м	$3 \cdot 10^1 - 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$			$2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$	$10^{-10} - 10^{-13}$
Частота f , Гц	$10^7 - 6 \cdot 10^{11}$	$6 \cdot 10^{11} - 3,75 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$			$1,5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{19}$	$3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{21}$
Метод получения	Переменные токи	Атомные процессы			Взаимодействие электронов и ядер	Ядерные процессы

В видимой части Вселенной существует *реликтовый фон* — это радиоволны с длинами от 0,6 мм до 50 см. Плотность энергии реликтового излучения составляет около $0,25$ эВ/см³. Характеристики соответствуют излучению абсолютно черного тела с температурой около $2,7$ К и описываются формулой Планка.

Сейчас реликтовое излучение интерпретируется как излучение, дошедшее до наших дней со времени Большого взрыва [12]. Некорректность интерпретации состоит в том, что микроволновое излучение сейчас рассматривается как фотонное, а не как радиоволны, т.е. колебания в сплошной среде поля. Но радиоволны должны быть возбуждены источником. Самый вероятный их них — это фотоны с малой энергией. В частности, колебания в прилегающем к фотону слое гравитонов возникают при вращении фотона вокруг своей оси. Это вращение определяет энергию фотона и, соответственно, длину возбуждаемой радиоволны. Собственная частота фотона соответствует собственной частоте электрона $\nu_0 = 1,76 \cdot 10^{11}$ Гц или $\lambda \approx 2$ мм.

Рассмотрим обычную ситуацию, когда источником радиоволн служат переменные токи в проводниках. Дальнейшее поведение импульса возмущения в поле зависит от частоты возмущений и размеров цепи. На рис. 9.1 представлена схема потока энергии от проводника-излучателя.

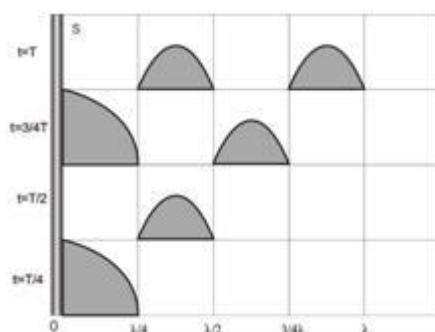


Рис. 9.1. Поток энергии от излучателя

За четверть периода возрастания тока фронт потока энергии отойдет от излучателя на четверть длины волны: $L = cT/4$. Импульс возмущения будет продолжать свое движение, как любое возмущение в газе. В следующую четверть периода ток в проводе будет убывать. Энергия начнет втекать обратно в провод из прилегающего пространства. В первое мгновение будет уменьшена до нуля амплитуда заднего фронта первого импульса. За четверть периода в провод будет передана вся энергия из ближайшего окружения, отстоящего от провода на расстоянии $\lambda/4$. Но фронт первого импульса к концу полупериода отойдет от излучателя на $\lambda/2$. Из-за конечной скорости распространения импульсов вернуть всю ушедшую энергию уже не удастся.

На рис. 9.2 представлена картина электромагнитного излучения диполя — вибратора Герца. Рисунки выполнены самим Герцем. Они взяты из его статьи «Силы электрических колебаний с точки зрения теории Максвелла».

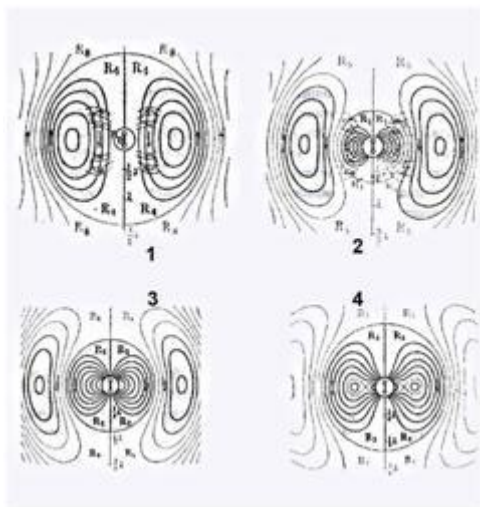


Рис. 9.2. Образование вихрей поля в вибраторе Герца

При работе вибратора от него периодически отделяются дискретные замкнутые тороидальные вихри, показанные сплошными силовыми линиями. Каждый вихрь представляет один полупериод колебаний. Это наглядно видно из рисунков, на которых представлены четыре момента времени.

Рисунок 1 представляет начало нового колебания. Электрический ток в вибраторе проходит через положение равновесия, достигая наибольшей скорости. На рисунке 2 показано, что нарождающийся новый вихрь раздувается и расталкивает в стороны предыдущий вихрь. На рисунке 3 представлен момент максимального тока, когда все силовые линии еще замкнуты на разрядный промежуток вибратора. На рисунке 4 мы видим заключительную фазу формирования нового вихря при уменьшении тока до нуля. Силовые линии замыкаются между собой, вихрь принимает форму замкнутого тороида. Уже имея начальную скорость в средней плоскости, он начинает расходиться от вибратора сразу вслед за предыдущим вихрем.

Отделившиеся от вибратора полые «радиовихри Герца» расширяются со световой скоростью как вихревые возмущения в сплошной среде гравитонов. Принципиально их структура не отличается от присоединенных вихрей частиц. Тороидальное вращение соответствует потоку векторного потенциала \vec{A} . Кольцевое вращение определяет магнитную индукцию \vec{B} . Векторы \vec{A} и \vec{B} ортогональны скорости \vec{v} , т.е. радиоволны поперечны. Электрических полей в радиовихре нет. При переменном токе в излучателе направления векторов \vec{A} и \vec{B} изменяются за период. Эта наглядно представлено на рис. 9.2.

При изменении направления тока в проводе картина ухода энергии полностью повторяется. Таким образом, при высокой частоте присоединенные к вибратору вихри отделяются от него, унося энергию излучателя в виде импульсов. Периодичность импульсов — каждые пол-

периода. Длительность импульсов — четверть периода. На практике размеры цепи выбирают такими, чтобы время распространения изменений электромагнитного поля в ней было бы сравнимо с периодом колебаний тока.

Кроме вихрей Герца уравнениям Максвелла удовлетворяют компактные нерасходящиеся кольцевые вихри, перемещающиеся перпендикулярно своей плоскости. Такие вихри могут отделяться от излучателя вдоль его оси. Их называют продольными радиоволнами. На практике структура таких волн изучена недостаточно.

Приходящий на приемную антенну пульсирующий поток энергии вихрей вызывает в ней смещение свободных зарядов так, как было показано выше для модели электромагнитной индукции. Среди множества периодических возмущений колебательный контур резонансно выделяет сигнал только определенной частоты.

10. Заключение

Все многообразие мира вокруг нас есть проявление немногих основных начал. Предложенная в данной работе система уровней материи и вихревая модель микромира позволяют расширить физические представления об окружающем мире. Вся работа построена на гипотезе вихревой структуры квантованных полей и элементарных частиц, заполняющих пространство Вселенной. Гипотеза является развитием идей Р. Декарта, М. Фарадея, Дж. К. Максвелла, Дж. Дж. Томсона, В.Ф. Миткевича и др. В данной модели поля, частицы и вещество представляются лишь различными формами движения вихрей единой материи. Переход из одной формы движения в другую обусловлен энергией вихрей. Первоначальная энергия запасена в планковских вихрях с момента Большого взрыва.

В процессе остывания Вселенной сформировалась иерархическая система вложенных квантованных энергетических уровней материи. Поля представляют собой высокоэнергичные проточные среды вихревых элементов. Наиболее низким по энергии уровнем поля является физический вакуум (электромагнитное поле). Его квантами служат виртуальные частицы — вихревые гравитоны со спином $2\hbar$, непрерывно движущиеся со скоростью c .

Вещество возникает в процессе конденсации гравитонов в тороидальные вихри нейтрино, из которых сформировались частицы, сгруппировавшиеся затем в атомы и молекулы. Взаимодействие элементов вещества приводит при дальнейшем остывании к объединению его фрагментов в планеты, звезды и Галактики. При этом вихревой характер вещественных образований сохраняется. Вещество погружено в гравитонную среду физического вакуума. Движение частиц вещества в этой среде происходит по инерции без совершения работы.

Предложенная в работе структурная модель фундаментальных и метастабильных частиц является развитием идей М. Планка и других создателей квантовой механики. В предлагаемой модели вихревых частиц момент тороидального движения замкнут и обеспечивает устойчивое существование частиц. Момент кольцевого потока гравитонов может изменяться при взаимодействии с внешними объектами. Благодаря этому фотоны и нейтрино переносят энергию между частицами вещества.

В вихревой модели оказалось возможным восстановить представления Г. Лоренца о продольной и поперечной массах частиц. Фотону предписывается поперечная масса m_e . Анализ структуры электрона позволил выявить сущность заряда как интенсивности исходящего вращающегося лучевого потока гравитонов.

Фундаментальные взаимодействия между частицами вещества в данной модели сводятся к единому вихревому взаимодействию. Каждая частица или фрагмент вещества окружены присоединенным слоем энергичных гравитонов. Полное давление в этом слое складывается из динамического давления и статического давления. Возле каждого элемента вещества образуется «разрежение», которое и обуславливает силу притяжения. По физическому

смыслу идея материализует представления общей теории относительности А. Эйнштейна об искривлении пространства гравитирующими массами.

Рассмотрение вихревой модели позволило по-новому интерпретировать опытные данные о микромире, а также предложить несколько новых положений:

1. Сильное, электромагнитное и гравитационное взаимодействия есть проявление вихревого взаимодействия. Универсальным переносчиком взаимодействий являются гравитоны. Слабое взаимодействие обусловлено силами инерции энергичных частиц.
2. Продольная и поперечная массы частиц определяются собственной кинетической энергией соответствующих потоков гравитонов. Фотоны переносят момент импульса между частицами вещества благодаря наличию поперечной массы m_e .
3. Заряд частицы определяется как собственная интенсивность исходящего вращающегося лучевого потока гравитонов. В ядре атома нет кулоновских сил отталкивания между протонами. Электроны в потоке не расталкиваются.
4. Дифракция частиц обусловлена квантованием их момента импульса при взаимодействии с краями преграды.
5. Электроны атома вращаются вместе с протонами ядра по законам движения твердого тела за счет того, что каждый электрон соединен с соответствующим протоном ядра вихревой зарядовой трубкой.
6. Конфайнмент кварков объясняется сжимаемостью гравитонного газа.
7. Тяготение обусловлено градиентом статического давления в присоединенном гравитонном слое тела с активной гравитационной массой.
8. Уравнения Максвелла разделяются на электростатическую и магнитодинамическую части. Вектор Пойнтинга не равен нулю лишь в нестационарных случаях. Силовое действие тока поддерживается за счет сторонней магнитной силы.
9. Радиоволна распространяется в среде гравитонов электромагнитного поля в виде расходящихся вихревых возмущений с двумя поперечными составляющими потока поля: векторным потенциалом \vec{A} и магнитной индукцией \vec{B} . В радиоволне нет взаимопревращений электрического и магнитного полей.

Литература

1. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике (М., УРСС, 2003).
2. Пакулин В.Н. Вихревая модель микромира, НТФ «Истра», СПб, 2003.
3. Пакулин В.Н. Vortex Model of MicroWorld. NTF «Istra», SPb, 2004 (англ.).
4. Пакулин В.Н. Структура поля и вещества. СПб, НТФ «Истра», 2007.
5. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Теория поля. М., Физматгиз, 1960.
6. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория М., Физматгиз, 1963.
7. Окунь Л.Б. Понятие массы. УФН, 158, 3, 511-530, 1989.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 7, Физика сплошных сред. М., Мир, 1966.
9. Максвелл Джеймс К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Пер. под ред. П.С. Кудрявцева. М.: Гос. изд. технико-теорет. лит., 1952.
10. Максвелл Джеймс К., Трактат об электричестве и магнетизме в 2-х томах. Изд. Наука, Москва, 1992.
11. Фейнман Р., Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Том 6. Изд. «Мир», М., 1966, с.294.
12. Зельдович Я.Б., «Горячая» модель Вселенной. УФН, 1966, т. 89, в. 4, с. 647.