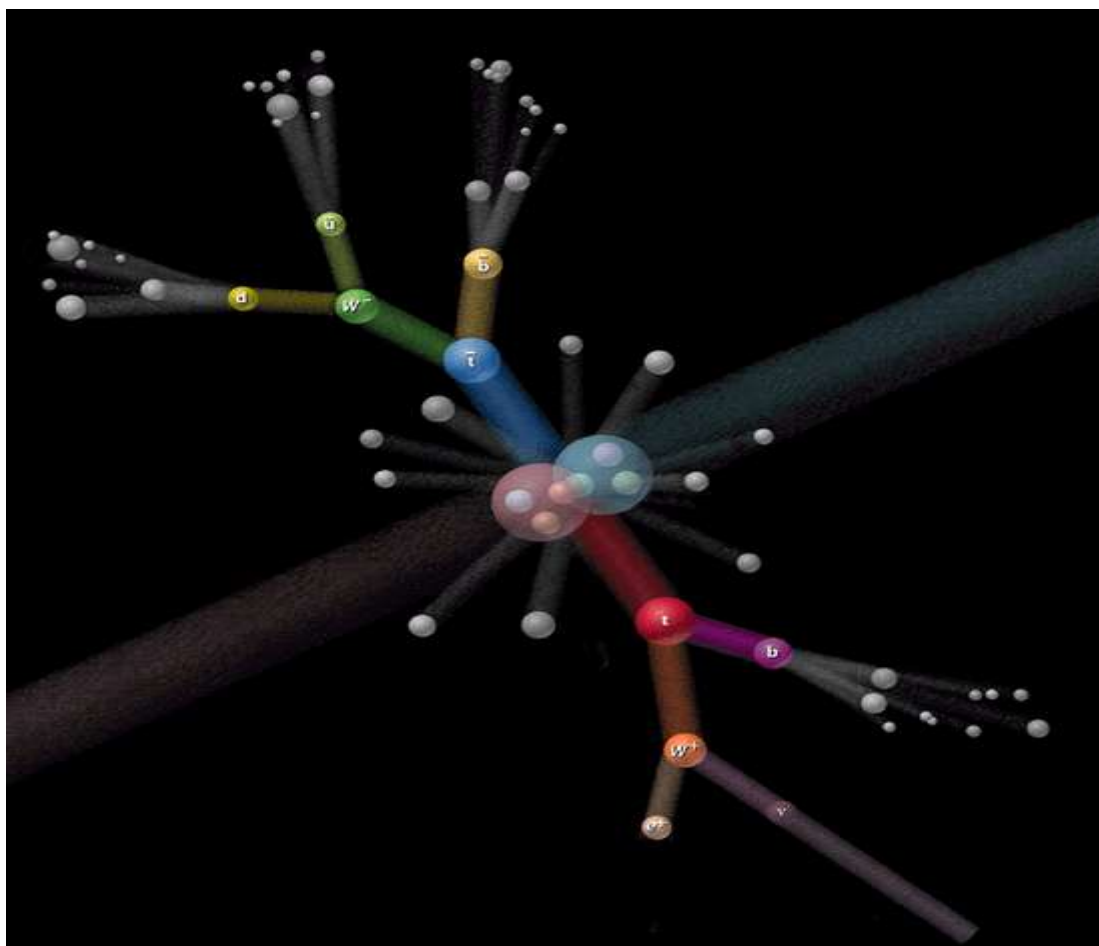


Владимир Викторович Яковлев

Особенности вращения

**ЧАСТЬ 4. Модель элементарных частиц
на основе новых представлений
о гидродинамических явлениях**



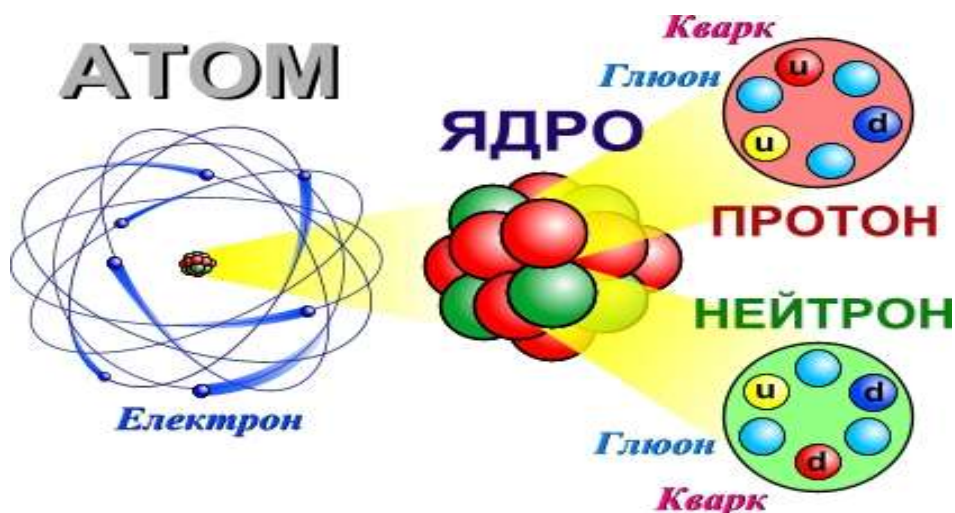
Россия, Пенза, 2018 год

Оглавление

РАЗДЕЛ 1.	3
СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦАХ	3
1. Понятие элементарных частиц	3
2. Типы взаимодействий элементарных частиц	7
3. Античастицы	13
4. Нейтрино	16
5. Мюоны и их свойства	20
6. Пи-мезоны	23
7. Рассеяние электронов на нуклонах	25
8. Гипотеза о кварковой структуре адронов	28
9. Классификация элементарных частиц	38
10. Заряд элементарных частиц	44
11. Поиски физического смысла заряда	46
12. Спин элементарных частиц	51
13. Магнитный момент элементарных частиц	53
14. Другие характеристики элементарных частиц	54
15. Волновые свойства частиц	58
РАЗДЕЛ 2.	63
ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	63
16. Причины отказа официальной науки от механической модели элементарных частиц	63
17. Физическая сущность элементарных частиц	68
18. Классификация калиброванных вихрей	70
19. Классификация спаренных калиброванных вихрей	78
20. Моделирование электрона и протона	85
21. Моделирование кулоновского взаимодействия	88
22. Типы гидродинамических взаимодействий частиц	94
23. Моделирование нейтрона	96
24. Моделирование мюона	103
25. Принципы образования нестабильных частиц	108
26. Взаимодействие γ -квантов с веществом	115
27. Основные положения гидродинамической модели	118
28. Оценка скорости продольных волн в микромире	121
Литература	123

РАЗДЕЛ 1.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦАХ



1. Понятие элементарных частиц

Энциклопедия Википедия: «*Элементарная частица* — собирательный термин, относящийся к микрообъектам в субъядерном масштабе, которые невозможно расщепить на составные части. Следует иметь в виду, что некоторые элементарные частицы (электрон, нейтрино, кварки и т. д.) на данный момент считаются бесструктурными и рассматриваются как первичные фундаментальные частицы. Другие элементарные частицы (так называемые составные частицы, в том числе частицы, составляющие ядро атома — протоны и нейтроны) имеют сложную внутреннюю структуру, но, тем не менее, по современным представлениям, разделить их на части невозможно... Всего вместе с античастицами открыто более 350 элементарных частиц. Из них стабильны фотон, электронное и мюонное нейтрино, электрон, протон и их античастицы. Остальные элементарные частицы самопроизвольно распадаются по экспоненциальному закону с постоянной времени от приблизительно 1000 секунд (для свободного нейтрона) до ничтожно малой доли секунды (от 10^{-24} до 10^{-22} с для резонансов). Строение и поведение элементарных частиц изучается физикой элементарных частиц. Все элементарные частицы подчиняются принципу тождественности (все элементарные частицы одного вида во Вселенной полностью одинаковы по всем своим свойствам) и принципу корпускулярно-волнового дуализма (каждой элементарной частице соответствует волна де-Бройля). Все элементарные частицы обладают свойством взаимопревращаемости, являющегося следствием их взаимодействий: сильного, электромагнитного, слабого, гравитационного. Взаимодействия частиц вызывают превращения частиц и их совокупностей в другие частицы и их совокупности, если такие превращения не запрещены законами сохранения энергии, импульса, момента количества движения, электрического заряда, барионного заряда и др.».

Элементарный учебник физики Ландсберга: «Изучая строение вещества, мы убеждаемся, что все многообразие известных нам тел построено, в конечном счете, из комбинаций трех типов мельчайших частиц — протонов, нейтронов и электронов. Протоны и нейтроны, группируясь, дают атомные ядра. Атомные ядра совместно с электронами образуют атомы, атомы сочетаются в молекулы и т. д. При современном состоянии науки неизвестно, являются ли электрон, протон и нейтрон простейшими, неразложимыми далее частицами, или же они, подобно атомам, построены из других (неизвестных еще) более фундаментальных частиц. Такие частицы, относительно которых нет доказательств, что они являются составными, принято называть элементарными частицами. Помимо электрона, протона и нейтрона известны и другие элементарные частицы. К их числу, прежде всего, следует отнести электромагнитные кванты (фотоны). Фотоны не входят непосредственно в состав атомов, молекул и т. д., но играют в природе важную роль в качестве агентов, передающих энергию от одних частиц или тел к другим. В отношении свойств между электронами, протонами и нейтронами, с одной стороны, и фотонами, с другой, имеется различие, но, существует и глубокое единство. Это заставляет нас считать фотон одним из видов элементарных частиц. Далее, к элементарным частицам относятся позитрон и нейтрино. Позитрон — двойник электрона, отличающийся от него только знаком электрического заряда. Мы сталкиваемся с позитронами в явлениях искусственной радиоактивности и взаимодействия жестких γ -квантов с веществом (образование пар электрон — позитрон). Нейтрино — нейтральная частица, излучаемая одновременно с электронами или позитронами при β -распаде атомных ядер... Наконец, в ядерных реакциях, вызываемых частицами и γ -квантами очень больших энергий, наблюдается образование так называемых мезонов и других частиц, причисляемых к элементарным. При анализе свойств элементарных частиц прежде всего бросается в глаза, что элементарные частицы отнюдь не являются неизменяемыми: они испытывают взаимные превращения, переходя друг в друга. Так, γ -квант при определенных условиях превращается в пару электрон — позитрон согласно реакции $\gamma \rightarrow e^- + e^+$. Эту реакцию нельзя толковать в том смысле, что γ -квант состоит из электрона и позитрона. Если было бы так, то электрон и позитрон должны были бы объединяться в один γ -квант; в действительности же при аннигиляции электрона и позитрона испускаются два γ -кванта. Следовательно, реакция $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ не есть реакция разложения сложной частицы на составные части, а есть реакция превращения одной элементарной частицы (γ -кванта) в другие (электрон и позитрон). Другим примером взаимного превращения элементарных частиц является β -распад нейтрона: $n \rightarrow p + e^- + \nu$.

Нейтрон самопроизвольно превращается в протон, электрон и нейтрино. Во многих ядрах наблюдается обратный процесс — превращение протона в нейтрон, позитрон и нейтрино: $p \rightarrow n + e^+ + \nu$. Так как протон переходит в нейтрон, а нейтрон в протон, то это значит, что обе частицы одинаково простые. Электроны и позитроны образуются в процессе β -распада, а не содержатся заранее в составе нейтрона или протона. Способность элементарных частиц к взаимным превращениям указывает на сложность их внутреннего строения».

Краткий курс общей физики Баркова: «В начале 30-х гг. XX в. физика нашла приемлемое описание строения вещества на основе четырех типов элементарных частиц – протонов, нейтронов, электронов и фотонов. Добавление пятой частицы – нейтрино – позволило объяснить также процессы радиоактивного распада. Казалось, что названные элементарные частицы являются первокирпичиками мироздания. Но эта кажущаяся простота вскоре исчезла: был обнаружен позитрон, предсказанный Дираком. В 1936 г. среди продуктов взаимодействия космических лучей с веществом был открыт первый мезон. После этого удалось наблюдать мезоны иной природы, а также другие необычные частицы. Эти частицы рождались под действием космических лучей довольно редко.

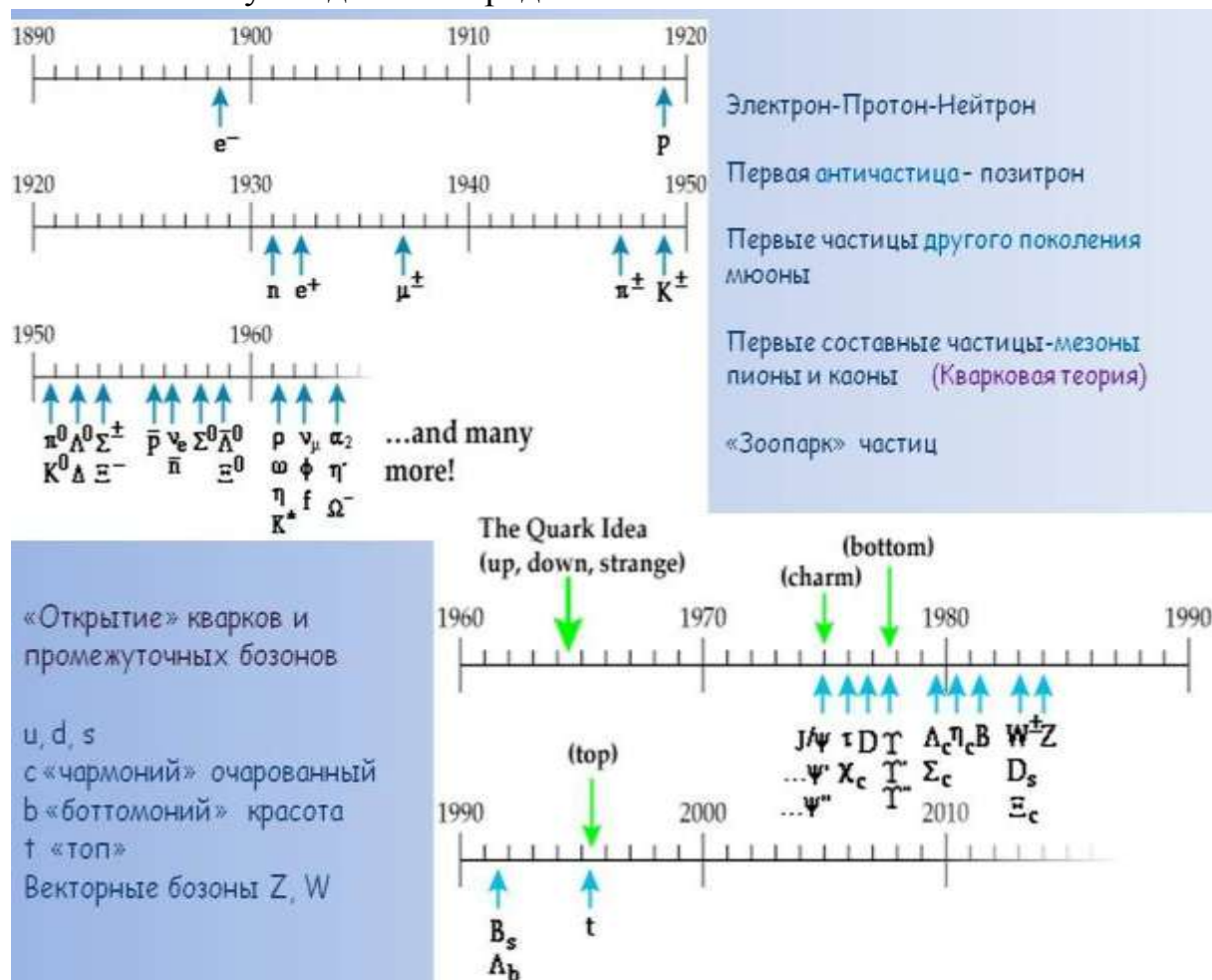


Рисунок 1-1. История открытия элементарных частиц

Однако после того, как были построены ускорители, позволяющие получать частицы больших энергий, удалось открыть более 300 новых частиц. Что же тогда понимать под словом «элементарная»? «Элементарная» логический антипод «сложной». Элементарные частицы значит первичные, далее неразложимые частицы, из которых состоит вся материя. К сороковым годам XX века был известен уже ряд превращений «элементарных» частиц. Число частиц продолжает расти. Большая их часть нестабильна. Среди десятков известных микрочастиц всего несколько устойчивых, неспособных к самопроизвольным превращениям. Не является ли устойчивость по отношению к самопроизвольным превращениям признаком элементарности? Ядро дейтерия (дейтрон) состоит из протона и нейтрона. Как частица дейтрон совершенно устойчив. В то же время составная часть дейтрона нейтрон β -радиоактивен, т.е. неустойчив. Этот пример показывает, что понятия устойчивости и элементарности не тождественны. В современной физике термин 'элементарные частицы' обычно употребляется для наименования большой группы мельчайших частиц материи (которые не являются атомами или атомными ядрами). Все элементарные частицы обладают исключительно малыми массами и размерами. Большинство из них имеют массу порядка массы протона $1,6 \cdot 10^{-27}$ кг (заметно меньше лишь масса электрона $0,9 \cdot 10^{-30}$ кг). Микроскопические размеры и массы элементарных частиц обуславливают квантовые закономерности их поведения. Наиболее важное квантовое свойство всех элементарных частиц – способность рождаться и уничтожаться (испускаться и поглощаться) при взаимодействии с другими частицами».

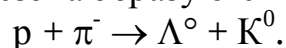
Учебник физики Орира: «Сначала было установлено, что все химические соединения состоят из элементарных молекул и атомов. В начале XX в. выяснилось, что атомы состоят из элементарных ядер (размерами порядка 10^{-15} м) и находящихся вокруг них на оболочках электронов (размеры оболочек порядка 10^{-10} м). В 30-е гг. было открыто, что все ядра состоят из элементарных нуклонов - протонов и нейтронов. Все эти последовательные попытки выяснить, что же является истинно элементарным, похожи на шелушение луковицы. Достигли ли мы, наконец, сердцевины луковицы? Являются ли протоны и нейтроны элементарными частицами, не обладающими внутренней структурой? ... Бурное развитие физики элементарных частиц началось в конце 1950-х гг. В это время список известных считавшихся элементарными частиц с полным описанием их свойств уместился на одной страничке (знаменитые таблицы Розенфельда). Сейчас такой список занимает около 100 страниц, и счет числа разных частиц идёт уже на сотни. Главной задачей, стоявшей перед физиками в последние десятилетия, было разобраться в этом хаосе и попытаться свести множество частиц к меньшему числу фундаментальных основных сущностей и взаимодействий между ними».

2. Типы взаимодействий элементарных частиц

Учебник физики Ориа: «Схема классификации фундаментальных частиц опирается на экспериментальные факты существования в природе четырех типов фундаментальных взаимодействий:

- **гравитационное взаимодействие (ГВ)**, присущее всем без исключения частицам (даже тем, у которых масса равна нулю) и полям вроде электромагнитного (т. к. поля материальны и обладают энергией), поскольку в современной теории гравитации показывается, что источником тяготения является любая форма энергии, а не только масса;
- **сильное взаимодействие (СВ)**, объединяющее кварки в адроны - сильно взаимодействующие частицы, которые делятся на две группы: барионы - частицы с полуцелым спином, составленные из трех кварков, и мезоны - частицы с целым спином, составленные из кварка и антикварка; именно сильное взаимодействие ответственно за существование ядер атомов;
- **электромагнитное взаимодействие (ЭМВ)**, ответственное за все процессы с участием фотонов (структура атомов, излучение и поглощение света атомами, атомная структура и свойства вещества и т.п., вплоть до таких макроскопических проявлений, как сила трения);
- **слабое взаимодействие (СлВ)**, проявляющееся в процессах с участием нейтрино и в процессах медленного распада некоторых адронов (например β -распад нейтрона), в частности, обеспечивающее энергетику термоядерных процессов внутри звезд. Что касается гравитационного взаимодействия, то при сравнительно небольших энергиях взаимодействий частиц, доступных в земных условиях, оно несущественно из-за своей необычайной слабости. Для сравнения интенсивностей разных взаимодействий для каждого из них вводится безразмерная константа взаимодействия, определяемая мировыми постоянными и данными опыта. Так, для электромагнитного взаимодействия такой константой является введенная еще немецким физиком А. Зоммерфельдом в 1919 году постоянная тонкой структуры $\alpha=1/137$. Аналогичная безразмерная константа гравитационного взаимодействия на 36 порядков величины меньше. Поэтому при анализе других взаимодействий частиц можно не принимать во внимание гравитационное взаимодействие. Конечно, когда рассматриваются вопросы астрофизики и космологии, это взаимодействие становится определяющим. Вероятно, именно оно играло главную роль при зарождении нашей Вселенной. Однако при изучении свойств микромира при доступных на Земле энергиях гравитационным взаимодействием пренебрегают. Безразмерные константы сильного взаимодействия $\alpha_{св}$ и слабого взаимодействия $\alpha_{слв}$ при земных энергиях имеют значения $\alpha_{св} = 0,2$; $\alpha_{слв} = 10^{-5}$ соответственно. Таким образом, выстраивается иерархия взаимодействий по величине константы взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное».

Основы физики под ред. Ципенюка: «Элементарных частиц насчитывается очень много, однако по величине взаимодействия их можно разделить на четыре класса. Характеризующие эти классы взаимодействия называются сильным, электромагнитным, слабым и гравитационным. Термин «сильное» или «слабое» взаимодействие является эмоциональным выражением скорости наблюдаемых процессов, поскольку физик измеряет в эксперименте скорость реакции — абсолютную скорость и скорость относительно других реакций. Скорости, наблюдаемые при сильных и слабых взаимодействиях, настолько резко отличаются друг от друга, что вполне однозначно выделяются эти два класса реакций между частицами. **Сильное взаимодействие** обуславливает связь протонов и нейтронов в ядрах атомов и обеспечивает исключительную прочность этих образований, лежащую в основе стабильности вещества в земных условиях. Сильные взаимодействия проявляются и в высокоэнергетических столкновениях. Частицы, обладающие сильным взаимодействием, получили название адронов. Это самая многочисленная группа субъядерных частиц, она состоит из барионов (адронов с полуцелым спином) и мезонов (адронов с целым спином). Рассмотрим типичный пример сильного взаимодействия, когда в процессе столкновения протона и π -мезона образуются Λ -частица и К-мезон



Время взаимодействия быстрого (релятивистского) протона с π -мезоном составляет $\approx 10^{-23}$ с. Сравним этот временной масштаб с таковым для слабых взаимодействий. Рожденная в высокоэнергетическом столкновении Λ -частица распадается на две дочерние ($\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$) в среднем за $3 \cdot 10^{-10}$ с. Как мы увидим в дальнейшем, такой распад обусловлен слабым взаимодействием, и на этом примере видно, что интенсивность слабых взаимодействий составляет примерно 10^{-14} от интенсивности сильных. Иллюстрацией малой интенсивности слабых взаимодействий может служить и тот факт, что нейтрино, обладающие только слабым взаимодействием, беспрепятственно пронизывают, например, толщу как Земли, так и Солнца. Для количественной оценки интенсивности различных взаимодействий между частицами вводится силовая константа g^2 , пропорциональная вероятности идущих в результате этих взаимодействий процессов и равная отношению энергии взаимодействия на элементарной длине к характерной энергии. В случае электромагнитного взаимодействия таковыми являются энергия взаимодействия электронов на комптоновской длине волны $e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar/mc)$ и энергия покоя электрона mc^2 :

$$g_{эм}^2 = (e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar/mc)) * 1/(mc^2) = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c) \approx 1/137$$

Величина $e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c)$ встречалась нам уже неоднократно. Это так называемая постоянная тонкой структуры, она определяется отношением квадрата заряда частицы к $4\pi\epsilon_0\hbar c$. Чтобы найти константу взаимодействия в других случаях, введем формально ядерный заряд $Q_{яд}$, слабый заряд $Q_{сл}$ и

гравитационный $Q_{гр}$ и аналогично кулоновскому взаимодействию запишем потенциалы этих взаимодействий в виде g^2/r , опустив множитель $4\pi\epsilon_0$ (так записывается кулоновское взаимодействие в системе СГСМ).

Гравитационный заряд легко найти из сравнения «электромагнитного» взаимодействия гравитационных зарядов двух протонов и их гравитационного взаимодействия: $\gamma m_p^2/r = q_{гр}^2/r$, где $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г} \cdot \text{с}^2)$ – гравитационная постоянная. Отсюда $q_{гр}^2 = \gamma m_p^2$. Получаем

$$g_{гр}^2 = q_{гр}^2/(\hbar c) = \gamma m_p^2/(\hbar c) = 7 \cdot 10^{-39}$$

В случае сильного (ядерного) взаимодействия ядерный заряд можно оценить из средней энергии связи на нуклон в ядре $E_{св} \sim 10 \text{ МэВ}$ и радиуса ядра $R_{яд} \sim 10^{-12} \text{ см}$: $q_{яд}^2/R_{яд} \approx E_{св}$

Итак, мы получаем для константы сильного взаимодействия величину

$$g_{яд}^2 = q_{яд}^2/(\hbar c) = E_{св} R_{яд}/(\hbar c) \approx 1$$

Выше приводились данные, свидетельствующие о том, что интенсивность слабого взаимодействия составляет 10^{-14} сильного. Так как интенсивности (вероятности) процессов пропорциональны силовым константам, то отсюда сразу можно получить следующее соотношение для слабого заряда $(q_{сл}^2/(\hbar c)) / q_{яд}^2/(\hbar c) \approx 10^{-14}$. В силу полученной для сильного взаимодействия оценки окончательно имеем

$$g_{сл}^2 = q_{сл}^2/(\hbar c) \approx 10^{-14}$$

Итак, хорошо известное электромагнитное взаимодействие по интенсивности лишь в 137 раз меньше сильного. Гравитационное взаимодействие в этом ряду стоит на последнем месте. Оно почти в 10^{38} раз слабее сильного, но им обладают все элементарные частицы. Конечно, во взаимодействиях между элементарными частицами оно никогда не учитывается, но взаимодействие частиц с макроскопическими телами — экспериментально установленный эффект. Так, например, искривление траектории пучка медленных нейтронов в поле земного тяготения неоднократно наблюдалось непосредственно. Ясно, что в тех обстоятельствах, когда возможны и сильные, и слабые взаимодействия, преобладание сильных — подавляющее. Слабые процессы обнаруживают себя только там, где законы сохранения запрещают осуществление сильных взаимодействий. Поэтому слабым взаимодействиям раньше отводилась роль мусорщика, выметающего осколки после высокоэнергетических столкновений, отданных на откуп сильным взаимодействиям. Задача слабых взаимодействий — удалять нестабильные продукты путем распадов. Однако именно в этих «скучных» продуктах были обнаружены нарушения фундаментальных физических законов — законов сохранения пространственной и комбинированной четностей. О нарушении зеркальной симметрии при β -распаде мы уже говорили раньше. Обсуждая ядерное взаимодействие, цементирующее нуклоны в ядре, мы подчеркивали, что в квантовой теории поля взаимодействие частиц рассматривается как рождение или поглощение одной свободной частицей других (виртуальных) частиц, иначе говоря, каждая частица окружена

облаком виртуальных частиц. С точки зрения классической физики это невозможно, но в квантовой механике в соответствии с соотношением неопределенностей частица может испустить виртуальную на короткое время $\Delta t \sim \hbar/\Delta E$, где ΔE — неопределенность в энергии, примерно равная энергии покоя виртуальной частицы mc^2 . Если считать скорость движения виртуальной частицы равной скорости света c , то радиус действия возникающих таким образом обменных сил должен быть порядка $\hbar/mc$, т.е. порядка комптоновской длины волны виртуальной частицы.

Переносчиком сильного взаимодействия является π -мезон, сильно взаимодействующая частица наименьшей массы, и радиус действия ядерных сил составляет примерно 10^{-13} см. Эксперименты показывают, что радиус действия слабого взаимодействия $\sim 10^{-16}$ см, т. е. масса ответственных за него виртуальных частиц должна быть ~ 100 ГэВ. Как следовало из теории, у слабого взаимодействия должно существовать три переносчика: нейтральный Z^0 и заряженные W^+ и W^- промежуточные бозоны. В 1983 г. эти частицы были зарегистрированы в экспериментах на встречных пучках, т. е. на пучках ускоренных частиц, направленных навстречу друг другу. То, что переносчиком электромагнитного взаимодействия является фотон, мы уже неоднократно обсуждали. Переносчиком гравитационного взаимодействия, согласно существующим воззрениям, является гравитон, частица с нулевой массой, однако экспериментально он до сих пор не обнаружен».

Курс физики Трофимовой: «Согласно современным представлениям, в природе осуществляется четыре типа фундаментальных взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. Сильное, или ядерное, взаимодействие обуславливает связь нуклонов в ядрах атомов и обеспечивает исключительную прочность этих образований, лежащую в основе стабильности вещества в земных условиях.

Электромагнитное взаимодействие характеризуется как взаимодействие, в основе которого лежит связь с электромагнитным полем. Оно характерно для всех элементарных частиц, за исключением нейтрино, антинейтрино и фотона. Электромагнитное взаимодействие, в частности, ответственно за существование атомов и молекул, обуславливая взаимодействие в них положительно заряженных ядер и отрицательно заряженных электронов.

Слабое взаимодействие — наиболее медленное из всех взаимодействий, протекающих в микромире. Оно ответственно за взаимодействие частиц, происходящих с участием нейтрино или антинейтрино (например, β -распад, μ -распад), а также за безнейтринные процессы распада, характеризующиеся довольно большим временем жизни распадающейся частицы ($\tau > 10^{-10}$ с).

Гравитационное взаимодействие присуще всем без исключения частицам, однако из-за малости масс элементарных частиц оно пренебрежимо мало и, по-видимому, в процессах микромира несущественно.

Сильное взаимодействие примерно в 100 раз превышает электромагнитное и в 10^{14} раз — слабое. Чем сильнее взаимодействие, тем с большей интенсивностью протекают процессы. Так, время жизни частиц, называемых резонансами, распад которых описывается сильным взаимодействием, составляет $\approx 10^{-23}$ с; время жизни π^0 -мезона, за распад которого ответственно электромагнитное взаимодействие, составляет 10^{-16} с; для распадов, за которые ответственно слабое взаимодействие, характерны времена жизни 10^{-10} - 10^{-8} с. Как сильное, так и слабое взаимодействия — короткодействующие. Радиус действия сильного взаимодействия составляет примерно 10^{-15} м, радиус слабого взаимодействия не превышает 10^{-19} м. Радиус действия электромагнитного взаимодействия практически не ограничен. ...Для всех типов взаимодействия элементарных частиц выполняются законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и зарядовых чисел. Характерным признаком сильных взаимодействий является зарядовая независимость ядерных сил. Как уже указывалось, ядерные силы, действующие между парами р-р, п-п или р-п, одинаковы. Поэтому если бы в ядре осуществлялось только сильное взаимодействие, то зарядовая независимость ядерных сил привела бы к одинаковым значениям масс нуклонов (протонов и нейтронов) и всех π -мезонов. Различие в массах нуклонов и соответственно π -мезонов обусловлено электромагнитным взаимодействием: энергии взаимодействующих заряженных и нейтральных частиц различны, поэтому и массы заряженных и нейтральных частиц оказываются неодинаковыми. Зарядовая независимость в сильных взаимодействиях позволяет близкие по массе частицы рассматривать как различные зарядовые состояния одной и той же частицы. Так, нуклон образует дублет (нейтрон, протон), π -мезоны — триплет (π^+ , π^- , π^0) и т.д. Подобные группы «похожих» элементарных частиц, одинаковым образом участвующих в сильном взаимодействии, имеющие близкие массы и отличающиеся зарядами, называют изотопическими мультиплетами. Каждый изотопический мультиплет характеризуют изотопическим спином (изоспином) — одной из внутренних характеристик адронов, определяющей число (n) частиц в изотопическом мультиплете: $n = 2I + 1$. Тогда изоспин нуклона $I = 1/2$ (число членов в изотопическом мультиплете нуклона равно двум), изоспин пиона $I = 1$ (в пионном мультиплете $n = 3$) и т.д. Изотопический спин характеризует только число членов в изотопическом мультиплете и никакого отношения к рассматриваемому ранее спину не имеет. Исследования показали, что во всех процессах, связанных с превращениями элементарных частиц, обусловленных зарядово-независимыми сильными взаимодействиями, выполняется закон сохранения изотопического спина. Для электромагнитных и слабых взаимодействий этот закон не выполняется. Так как электрон, позитрон, фотон, мюоны, нейтрино и антинейтрино в сильных взаимодействиях участия не принимают, то им изотопический спин не приписывается».

Краткий курс физики Черноуцана: «Фундаментальные взаимодействия осуществляются путем обмена специальными частицами, которые относятся к классу фундаментальных векторных бозонов (спин всех этих частиц равен единице). Переносчики взаимодействия рождаются одной из взаимодействующих частиц и поглощаются другой. Рождаемые частицы являются виртуальными, для них не выполняется соотношение $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$, что допускается принципом неопределенности $\Delta E \Delta t \sim \hbar$, если время их жизни мало. Если масса переносчиков отлична от нуля, то радиус взаимодействия равен их комптоновской длине волны $\hbar/mc$.

Таблица 1. Классификация взаимодействий элементарных частиц

Вид	Взаимодействующие частицы	Проявление	Механизм	Интенсивность	Радиус действия, м
СИЛЬНОЕ 	тяжелые частицы (кварки, нуклоны)	ядерные силы, обеспечивающие существование ядер	обмен глюонами	1	10^{-15}
ЭЛЕКТРО-МАГНИТНОЕ 	заряженные частицы, фотоны	кулоновская сила, обеспечивающая существование атома	обмен фотонами	$\frac{1}{137}$	∞
СЛАБОЕ 	кварки, лептоны	β - распад	обмен бозонами	10^{-10}	10^{-18}
ГРАВИТАЦИОННОЕ 	все тела Вселенной	всемирное тяготение, обеспечивающее существование звезд, планетных систем	обмен гравитонами ?	10^{-38}	∞

Переносчиком электромагнитного взаимодействия является безмассовая частица фотон — хорошо знакомый нам квант электромагнитного поля. Переносчиками слабого взаимодействия являются тяжелые промежуточные бозоны W^+ , W^- и Z , массы которых почти 100 ГэВ. Переносчиками сильного взаимодействия являются глюоны — кванты восьми глюонных полей, осуществляющие взаимодействие между кварками. (В ранней π -мезонной теории ядерных сил, переносчиками сильного взаимодействия считались π -мезоны). Масса глюонов равна нулю, но в отличие от фотонов они взаимодействуют друг с другом и с кварками и не могут удалиться дальше, чем на 10^{-15} м.».

3. Античастицы

Курс физики Трофимовой: «Гипотеза об античастице впервые возникла в 1928 г., когда П.Дирак на основе релятивистского волнового уравнения предсказал существование позитрона, обнаруженного спустя четыре года Андерсоном в составе космического излучения. Электрон и позитрон не являются единственной парой частица — античастица. На основе релятивистской квантовой теории пришли к заключению, что для каждой элементарной частицы должна существовать античастица (принцип зарядового сопряжения). Эксперименты показывают, что за немногим исключением (например, фотона и π^0 -мезона), действительно, каждой частице соответствует античастица. Из общих положений квантовой теории следует, что частицы и античастицы должны иметь одинаковые массы, одинаковые времена жизни в вакууме, одинаковые по модулю, но противоположные по знаку электрические заряды (и магнитные моменты), одинаковые спины и изотопические спины, а также одинаковые остальные квантовые числа, приписываемые элементарным частицам для описания закономерностей их взаимодействия (лептонное число, барионное число, странность, очарование и т.д.). До 1956 г. считалось, что имеется полная симметрия между частицами и античастицами, т. е. если какой-то процесс идет между частицами, то должен существовать точно такой же (с теми же характеристиками) процесс между античастицами. Однако в 1956 году доказано, что подобная симметрия характерна только для сильного и электромагнитного взаимодействий и нарушается для слабого взаимодействия. Согласно теории Дирака, столкновение частицы и античастицы должно приводить к их взаимной аннигиляции, в результате которой возникают другие элементарные частицы или фотоны. Примером тому является рассмотренная реакция аннигиляции пары электрон - позитрон $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$. После того как предсказанное теоретически существование позитрона было подтверждено экспериментально, возник вопрос о существовании антипротона и антинейтрона. Расчеты показывают, что для создания пары частица - античастица надо затратить энергию, превышающую удвоенную энергию покоя пары, поскольку частицам необходимо сообщить весьма значительную кинетическую энергию. Для создания p - $\bar{p}$ пары необходима энергия примерно 4,4 ГэВ. Антипротон был действительно обнаружен экспериментально (1955) при рассеянии протонов (ускоренных на крупнейшем в то время синхрофазотроне Калифорнийского университета) на нуклонах ядер мишени (мишенью служила медь), в результате которого рождалась пара. Антипротон отличается от протона знаками электрического заряда и собственного магнитного момента. Антипротон может аннигилировать не только с протоном, но и с нейтроном: $p^+ + p^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$, $p^+ + p^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$, $p^- + n \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^- + \pi^0$.

Годом позже (1956) на том же ускорителе удалось получить антинейтрон и осуществить его аннигиляцию. Антинейтроны возникали в результате перезарядки антипротонов при их движении через вещество. Реакция перезарядки состоит в обмене зарядов между нуклоном и антинуклоном и может протекать по схеме: $p + \bar{p} \rightarrow n + \bar{n}$.

Антинейтрон отличается от нейтрона знаком собственного магнитного момента. Если антипротоны — стабильные частицы, то свободный антинейтрон, если он не испытывает аннигиляции, в конце концов претерпевает распад по схеме $\bar{n} \rightarrow \bar{p} + e^+ + \nu_e$.

Античастицы были найдены также для π^+ -мезона, каонов и гиперонов. Однако существуют частицы, которые античастиц не имеют, — это так называемые истинно нейтральные частицы. К ним относятся фотон, π^0 -мезон и η -мезон (его масса равна $1074 m_e$, время жизни $7 \cdot 10^{-19}$ с; распадается с образованием π -мезонов и γ -квантов). Истинно нейтральные частицы не способны к аннигиляции, но испытывают взаимные превращения, являющиеся фундаментальным свойством всех элементарных частиц. Можно сказать, что каждая из истинно нейтральных частиц тождественна со своей античастицей. Большой интерес и серьезные трудности представляли доказательство существования антинейтрино и ответ на вопрос, являются ли нейтрино и антинейтрино тождественными или различными частицами. ... После открытия столь большого числа античастиц возникла новая задача — найти антиядра, иными словами, доказать существование антивещества, которое построено из античастиц, так же как вещество из частиц. Антиядра действительно были обнаружены. Первое антиядро — антидейтрон (связанное состояние $\bar{p}$ и $\bar{n}$) — было получено в 1965 году группой американских физиков под руководством Л. Ледермана. Впоследствии на Серпуховском ускорителе были синтезированы ядра антигелия (1970) и антитрития (1973). Следует, однако, отметить, что возможность аннигиляции при встрече с частицами не позволяет античастицам длительное время существовать среди частиц. Поэтому для устойчивого состояния антивещества оно должно быть изолировано от вещества. Если бы вблизи известной нам части Вселенной существовало скопление антивещества, то должно было бы наблюдаться мощное аннигиляционное излучение (взрывы с выделением огромных количеств энергии). Сколь-нибудь существенных скоплений антивещества во Вселенной пока не обнаружено. Исследования, проводимые для поиска антиядер (в конечном счёте антиматерии), и достигнутые в этом направлении первые успехи имеют фундаментальное значение для дальнейшего познания строения вещества».

Энциклопедия Википедия: «Античастица — частица-двойник некоторой другой элементарной частицы, обладающая той же массой и тем же спином, отличающаяся от неё знаками всех других характеристик взаимодействия (зарядов, таких как электрический и цветовой заряды, барионное и лептонное квантовые числа). Само определение того, что называть «частицей» в паре частица-античастица, в значительной мере

условно. Однако при данном выборе «частицы» её античастица определяется однозначно. Сохранение барионного числа в процессах слабого взаимодействия позволяет по цепочке распадов барионов определить «частицу» в любой паре барион-антибарион. Выбор электрона как «частицы» в паре электрон-позитрон фиксирует (вследствие сохранения лептонного числа в процессах слабого взаимодействия) определение состояния «частицы» в паре электронных нейтрино-антинейтрино. ...определение «частицы» в каждом поколении лептонов, вообще говоря, может быть произведено независимо. Обычно по аналогии с электроном «частицами» называют отрицательно заряженные лептоны, что при сохранении лептонного числа определяет соответствующие нейтрино и антинейтрино. Для бозонов понятие «частица» может фиксироваться определением, например, гиперзаряда.

Существование античастиц было предсказано Дираком. Полученное им в 1928 году квантовое релятивистское уравнение движения электрона (уравнение Дирака) с необходимостью содержало решения с отрицательными энергиями. В дальнейшем было показано, что исчезновение электрона с отрицательной энергией следует интерпретировать как возникновение частицы (той же массы) с положительной энергией и с положительным электрическим зарядом, то есть античастицы по отношению к электрону. Эта частица — позитрон — была открыта в 1932 году. В последующих экспериментах было установлено, что не только электрон, но и все остальные частицы имеют свои античастицы. В 1936 году в космических лучах были открыты мюон (μ^-) и μ^+ его античастица, а в 1947 году открыты π^- и π^+ — мезоны, составляющие пару частица — античастица; в 1955 в опытах на ускорителе зарегистрирован антипротон, в 1956 — антинейтрон, в 1966 — антидейтерий, в 1970 — антигелий, в 1998 — антиводород, в 2011 — антигелий-4 и т. д. К настоящему времени наблюдались античастицы практически всех известных частиц, и не вызывает сомнения, что античастицы имеются у всех частиц. Для некоторых нейтральных частиц античастица тождественно совпадает с частицей. Это, в частности, фотон, нейтральный пи-мезон, эта-мезон и прочие кварконины, хиггсовский бозон, Z-бозон, гравитон. Такие частицы называют истинно нейтральными. Подчеркнём, что электрически нейтральные частицы могут и не совпадать со своими античастицами. Это, в частности, касается нейтрона, нейтрино, нейтрального каона и т. д. Все известные истинно нейтральные частицы — бозоны, однако в принципе могут существовать и истинно нейтральные фермионы (т. н. майорановские частицы)».

4. Нейтрино

Элементарный учебник физики Ландсберга: «Нейтрино называется незаряженная элементарная частица, которая испускается одновременно с электроном или позитроном при β -распаде атомного ядра. Подобно нейтрону, также лишенному электрического заряда, нейтрино практически не взаимодействует с электронами и не производит заметной ионизации среды. Нейтрон, однако, легко обнаруживается по своему действию на атомные ядра (ядерные реакции, передача энергии при столкновении). Нейтрино же и с ядрами взаимодействует крайне слабо; до недавнего времени ядерных реакций под действием нейтрино на опыте установить не удавалось. Как же стало известно о существовании нейтрино, если они так неуловимы? Если бы при β -распаде испускались только лишь электроны, то для данного радиоактивного изотопа энергия всех β -электронов была бы одна и та же. Действительно, она равнялась бы разности внутренних энергий исходного атомного ядра и конечного ядра + электрон. Разность же эта постоянна, ибо опыт показывает, что все ядра данного изотопа имеют одну и ту же массу и, значит, одну и ту же внутреннюю энергию. На деле, однако, оказывается, что энергия β -электрона принимает всевозможные значения от нуля до некоторого максимального значения W_0 . Важно, что это максимальное значение как раз равно выделению внутренней энергии при распаде, о котором говорилось выше. Чтобы не войти в противоречие с законом сохранения энергии, приходится предположить, что при β -распаде в паре с электроном образуется еще одна частица — нейтрино, которая уносит энергию, дополняющую энергию электрона до W_0 . Если нейтрино уносит энергию, близкую к W_0 то энергия электрона близка к нулю; если энергия нейтрино мала, то, наоборот, энергия электрона близка к W_0 , и т. д. Детальное изучение процесса β -распада дало и другие столь же убедительные доказательства испускания нейтрино в этом процессе, а также позволило оценить массу покоя нейтрино. Она оказалась меньше одной десятитысячной доли массы покоя электрона. В 1956 г. после многолетних усилий удалось обнаружить на опыте ядерную реакцию поглощения нейтрино (ν) протоном с превращением последнего в нейтрон и позитрон: $p + \nu \rightarrow n + e^+$.

Источником нейтрино в этих экспериментах служил мощный ядерный реактор, в котором нейтрино образуются при β -распаде осколков деления урана. В дальнейшем на ускорителях наблюдались и другие реакции, вызываемые нейтрино. Большой интерес представляют эксперименты по обнаружению так называемых солнечных нейтрино. Они позволяют проверить справедливость существующих представлений о строении Солнца и о ядерных процессах, идущих в его недрах. Реакция слияния четырех протонов, являющаяся, как считают,

источником солнечной энергии, сопровождается испусканием двух нейтрино на каждое образующееся ядро гелия. Нейтрино столь слабо взаимодействует с веществом, что подавляющая их часть пронизывает всю толщу Солнца и выходит в космическое пространство. Некоторая доля нейтрино, доходящих до Земли, проявит себя, вызвав ядерные реакции в специальном детекторе. Из-за слабости взаимодействия эта доля крайне мала и опыты по обнаружению солнечных нейтрино трудны и дороги. Однако их удалось выполнить и зарегистрировать нейтрино, испускаемые из недр Солнца».

Курс физики Трофимовой: «Используя мощные потоки антинейтрино, получаемые в реакторах [осколки деления тяжелых ядер испытывают β -распад и испускают антинейтрино], американские физики Ф. Рейнес и К. Коуэн (1956) надежно зафиксировали реакцию захвата электронного антинейтрино протоном: $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$. Аналогично зафиксирована реакция захвата электронного нейтрино нейтроном:

$\nu_e + n \rightarrow p + e^-$. Эти реакции явились, с одной стороны, бесспорным доказательством того, что нейтрино и антинейтрино — реальные частицы, а не фиктивные понятия, введенные лишь для объяснения β -распада, а с другой — подтвердили вывод о том, что электронные нейтрино и антинейтрино — различные частицы. В дальнейшем эксперименты по рождению и поглощению мюонных нейтрино показали, что мюонные нейтрино и антинейтрино — различные частицы. Также доказано, что пара ν_e, ν_μ — различные частицы, а пара ν_e, ν_μ не тождественна паре ν_μ, ν_μ . Согласно идее Понтекорво, осуществлялась реакция захвата мюонного нейтрино [получались при распаде $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$] нейтронами и наблюдались возникающие частицы. Оказалось, что захват происходит по схеме $\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$, т. е. вместо электронов в реакции рождались мюоны. Это и подтверждало различие между ν_e, ν_μ . По современным представлениям, нейтрино и антинейтрино отличаются друг от друга одной из квантовых характеристик состояния элементарной частицы — спиральностью, определяемой как проекция спина частицы на импульс. Для объяснения экспериментальных данных предполагают, что у нейтрино спин s ориентирован антипараллельно импульсу p , т. е. направления p и s образуют левый винт и нейтрино обладает левой спиральностью.

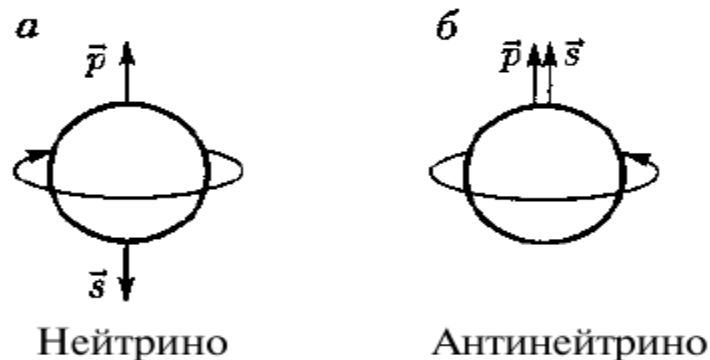


Рисунок 4-1. Соотношения между импульсом и спином у нейтрино

У антинейтрино направления p и s образуют правый винт, т. е. антинейтрино обладает правой спиральностью. Это свойство справедливо в равной мере как для электронного, так и мюонного нейтрино (антинейтрино). Для того чтобы спиральность могла быть использована в качестве характеристики нейтрино (антинейтрино), масса нейтрино должна приниматься равной нулю. Введение спиральности позволило объяснить, например, нарушение закона сохранения четности при слабых взаимодействиях, вызывающих распад элементарных частиц и β -распад. Так, μ^- мюону приписывают правую спиральность, μ^+ мюону — левую».

Частицы и атомные ядра Ишханова: «Открытие нейтрона, казалось, внесло ясность в строение вещества. Все элементарные частицы, необходимые для построения атома, были известны – протон, нейтрон, электрон. Однако вновь возникла проблема. Если в составе ядра нет электронов, то откуда же берутся электроны, которые наблюдаются при радиоактивном распаде ядер? ...Изучение явления β -распада поставило перед физиками серьёзную проблему. Экспериментальные факты казались несовместимыми с законами сохранения энергии, импульса и момента количества движения. Так, например, суммарная энергия электрона и ядра, образовавшегося в результате распада, была меньше энергии начального ядра. Н.Бором даже было высказано предположение, что при β -распаде закон сохранения энергии выполняется в среднем, т.е. после усреднения по большому числу распадов. В отдельных актах распада он может нарушаться. Часть энергии исчезала. Электроны, образующиеся в результате β -распада, имели непрерывный энергетический спектр – от нулевой до некоторой определённой энергии. Для того, чтобы спасти законы сохранения, В.Паули ещё в 1930 году высказал предположение, что в процессе β -распада наряду с электроном, который легко наблюдается, должна рождаться ещё одна очень лёгкая (и неуловимая) частица с нулевым зарядом и спином $1/2$. Эта частица была названа нейтрино».

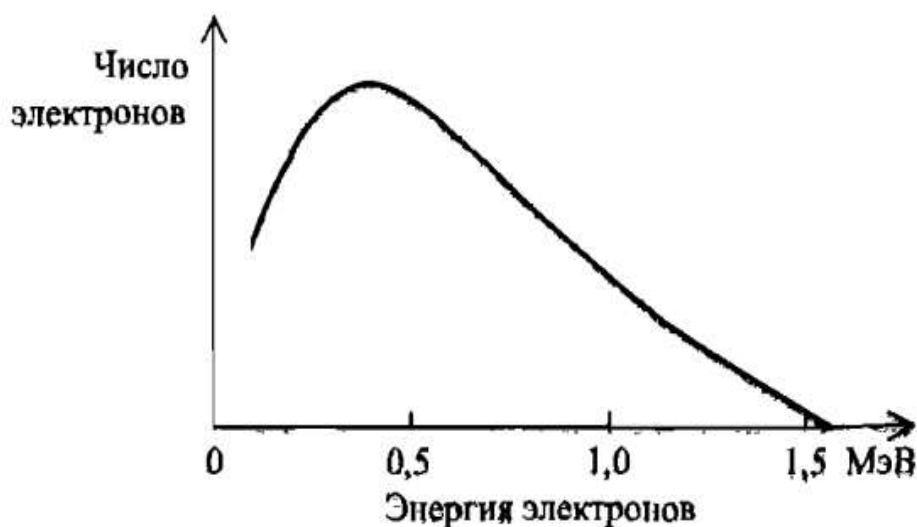


Рисунок 4-2. Непрерывный спектр энергии электронов при β -распаде

Энциклопедия Википедия: «Нейтрино - нейтральная фундаментальная частица с полуцелым спином, участвующая только в слабом и гравитационном взаимодействиях и относящаяся к классу лептонов. Нейтрино малой энергии чрезвычайно слабо взаимодействуют с веществом: так, нейтрино с энергией порядка 3-10 МэВ имеют в воде длину свободного пробега порядка 10^{18} м (около 100 св. лет). Каждую секунду через площадку на Земле площадью в 1 см² проходит около $6 \cdot 10^{10}$ нейтрино, испущенных Солнцем, однако их влияние на вещество практически никак не ощущается. В то же время нейтрино высоких энергий успешно обнаруживаются по их взаимодействию с мишенями. Такааки Кадзита и Артур Макдональд получили Нобелевскую премию по физике 2015 года за открытие нейтринных осцилляций, показывающих, что нейтрино имеют массу. Каждому заряженному лептону соответствует своя пара нейтрино-антинейтрино: электронное нейтрино/электронное антинейтрино; мюонное нейтрино/мюонное антинейтрино; тау - нейтрино /анти- тау- нейтрино. Различные виды нейтрино могут преобразовываться друг в друга — это так называемые нейтринные осцилляции; считается, что это происходит из-за того, что нейтрино обладают ненулевой массой. В экспериментах с рождением ультрарелятивистских частиц, показано, что нейтрино обладают отрицательной спиральностью, а антинейтрино — положительной. Существуют теоретические предпосылки, предсказывающие существование четвёртого типа нейтрино — стерильного нейтрино. Однозначного экспериментального подтверждения их существования пока нет. Неизвестно, является ли нейтрино античастицей самой себе. Нейтрино имеют ненулевую массу, но эта масса крайне мала. Верхняя экспериментальная оценка суммы масс всех типов нейтрино составляет всего 0,28 эВ. Разница квадратов масс нейтрино разных поколений, полученная из осцилляционных экспериментов, не превышает $2,7 \cdot 10^{-3}$ эВ.

Информация о точном значении массы нейтрино важна для объяснения феномена скрытой массы в космологии, так как, несмотря на её малость, возможно, концентрация нейтрино во Вселенной достаточно высока, чтобы существенно повлиять на среднюю плотность».

5. Мюоны и их свойства

Курс физики Трофимовой: «Японский физик Х. Юкава (1907-1981), изучая природу ядерных сил и развивая идеи отечественных ученых И.Е.Тамма и Д. Д. Иваненко об их обменном характере, выдвинул в 1935 г. гипотезу о существовании частиц с массой, в 200-300 раз превышающей массу электрона. Эти частицы должны, согласно Юкаве, выполнять роль носителей ядерного взаимодействия, подобно тому, как фотоны являются носителями электромагнитного взаимодействия. К.Андерсон и С.Неддермейер, изучая поглощение жесткого компонента вторичного космического излучения в свинцовых фильтрах с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле, действительно обнаружили (1936) частицы массой, близкой к ожидаемой ($207 m_e$). Они были названы впоследствии мюонами. Доказано, что жесткий компонент вторичного космического излучения состоит в основном из мюонов, которые, как будет показано ниже, образуются вследствие распада более тяжелых заряженных частиц (π - и K -мезонов). Так как масса мюонов большая, то радиационные потери для них пренебрежимо малы, а поэтому жесткий компонент вторичного излучения обладает большой проникающей способностью. Существуют положительный (μ^+) и отрицательный (μ^-) мюоны; заряд мюонов равен элементарному заряду e . Масса мюонов (оценивается по производимому ими ионизационному действию) равна $206,8 m_e$, время жизни $2,2 \cdot 10^{-6}$ с. Исследования изменения интенсивности жесткого компонента вторичного космического излучения с высотой показали, что на меньших высотах потоки мюонов менее интенсивны. Это говорит о том, что мюоны претерпевают самопроизвольный распад, являясь, таким образом, нестабильными частицами. Распад мюонов происходит по следующим схемам:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu, \quad \mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu,$$

где ν_μ и $\bar{\nu}_\mu$ - соответственно мюонные нейтрино и антинейтрино, которые, как предположил Б.М. Понтекорво (1913-1993) и экспериментально доказал (1962) американский физик Л. Ледерман (р.1922), отличаются от ν_e и $\bar{\nu}_e$ электронных нейтрино и антинейтрино, сопутствующих испусканию позитрона и электрона соответственно. Существование ν_μ и $\bar{\nu}_\mu$ следует из законов сохранения энергии и спина. Из схем распада следует, что спины мюонов, как и электрона, должны быть равны $1/2$ (в единицах $\hbar$), так как спины нейтрино ($1/2$) и антинейтрино ($-1/2$) взаимно компенсируются. Дальнейшие эксперименты привели к выводу, что мюоны не взаимодействуют или взаимодействуют весьма слабо с атомными ядрами, иными словами, являются ядерно-неактивными частицами. Мюоны, с одной стороны, из-за ядерной пассивности не могут рождаться при взаимодействии первичного компонента космического излучения с ядрами атомов атмосферы, а с другой — из-за нестабильности не могут находиться в составе первичного космического излучения.

Следовательно, отождествить мюоны с частицами, которые, согласно Х.Юкаве, являлись бы носителями ядерного взаимодействия, не удалось, так как такие частицы должны интенсивно взаимодействовать с ядрами. Эти рассуждения и накопленный впоследствии экспериментальный материал привели к выводу о том, что должны существовать какие-то ядерно-активные частицы, распад которых и приводит к образованию мюонов. Действительно, в 1947 г. была обнаружена частица, обладающая свойствами, предсказанными Юкавой, которая распадается на мюон и нейтрино. Этой частицей оказался π -мезон».

Энциклопедия Википедия: «Мюон в стандартной модели физики элементарных частиц — неустойчивая элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом и спином $1/2$. Вместе с электроном, тау-лептоном и нейтрино классифицируется как часть лептонного семейства фермионов. Так же как они, мюон, по-видимому, бесструктурен и не состоит из каких-то более мелких частиц. Как и все фундаментальные фермионы, мюон имеет античастицу с квантовыми числами (в том числе зарядом) противоположного знака, но с равной массой и спином: антимюон (чаще частицу и античастицу называют соответственно отрицательным и положительным мюоном). Мюонами называют также мюоны и антимюоны в совокупности. Ниже термин ‘мюон’ употребляется в этом значении, если не оговорено обратное. По историческим причинам, мюоны иногда называют мю-мезонами, хотя они не являются мезонами в современном представлении физики элементарных частиц. Масса мюона в 207 раз больше массы электрона; по этой причине мюон можно рассматривать как чрезвычайно тяжёлый электрон. Мюоны обозначаются как μ^- , а антимюоны как μ^+ . На Земле мюоны регистрируются в космических лучах, они возникают в результате распада заряженных пионов. Пионы создаются в верхних слоях атмосферы первичными космическими лучами и имеют очень короткое время распада — несколько наносекунд. Время жизни мюонов достаточно мало — 2,2 микросекунды, тем не менее, эта элементарная частица рекордсмен по времени жизни и дольше её не распадается только свободный нейтрон. Однако мюоны космических лучей имеют скорости, близкие к скорости света, так что из-за эффекта замедления времени специальной теории относительности их легко обнаружить у поверхности Земли. Как и в случае других заряженных лептонов, существует мюонное нейтрино (и антинейтрино), которое имеет тот же аромат, что и мюон (антимюон). Мюонные нейтрино обозначаются как ν_μ , антинейтрино — $\bar{\nu}_\mu$. Мюоны почти всегда распадаются в электрон, электронное антинейтрино и мюонное нейтрино (соответственно антимюоны - в позитрон, электронное нейтрино и мюонное антинейтрино); существуют также более редкие типы распада, когда возникает дополнительный фотон или электрон-позитронная пара...

До того, как был открыт пи-мезон, мюон считался кандидатом на роль переносчика сильного взаимодействия, который был необходим в незадолго до того разработанной теории Юкавы. Однако было

обнаружено, что мюон не вступает в сильные взаимодействия, и некоторое время (до открытия пи-мезона) это поведение мюона оставалось загадкой. Вскоре обнаружилось, что мю-мезон значительно отличается от других мезонов (например, его продукты распада включали нейтрино и антинейтрино, а не только либо одно, либо другое, что наблюдалось для других мезонов). Таким образом, мю-мезоны не были мезонами вообще, и термин 'мю-мезон' был заменён современным термином 'мюон'.

В середине 1970-х годов физики-экспериментаторы, работающие в ЦЕРНе, исследовали рассеяние нейтрино на протонной мишени. Согласно тому, что было тогда известно о слабом взаимодействии, они ожидали, что столкновение превратит нейтрино в мюон, а протон в осколки. Они с удивлением обнаружили, что в результате такого столкновения появляются два мюона, отрицательный и положительный.

Мюоны были первыми открытыми элементарными частицами, которые не встречались в обычных атомах. Отрицательные мюоны могут, однако, формировать мюонные атомы, заменяя электроны в обычных атомах. Решение уравнения Шредингера для водородоподобного атома показывает, что характерный размер получаемых волновых функций (то есть радиус Бора, если решение проводится для атома водорода с привычным электроном) обратно пропорционален массе частицы движущейся вокруг атомного ядра. В силу того, что масса мюона более чем в двести раз превосходит массу электрона, размер получаемой 'мюонной атомной орбитали' во столько же раз меньше аналогичной электронной. В результате, уже для ядер с зарядовым числом $Z = 5-10$ размеры мюонного облака сравнимы или не более чем на порядок превосходят размеры ядра, и неточность ядра начинает оказывать сильное влияние на вид волновых функций мюона. Как следствие, изучение их энергетического спектра (иначе говоря, линий поглощения мюонного атома) позволяет «заглянуть» в ядро и исследовать его внутреннюю структуру. Также малые размеры атомов позволяют атомным ядрам сильно сблизиться и слиться, что используется для осуществления термоядерного синтеза. Положительный мюон, остановленный в обычной материи, может связать электрон и сформировать *мюоний* (Mu) — атом, в котором мюон действует как ядро. Приведенная масса мюония и, следовательно, его боровский радиус близки к соответствующим величинам для водорода, вследствие чего этот короткоживущий атом в первом приближении ведет себя в химических реакциях как сверхлёгкий изотоп водорода».

6. Пи-мезоны

Частицы и атомные ядра Ишханова: «Наличие в атомном ядре нейтронов и протонов поставило перед физиками проблему изучения природы сил, связывающих эти частицы в ядре. В 1935 году Х. Юкава предсказал новую частицу — квант ядерного поля. Согласно гипотезе Юкавы взаимодействие между нуклонами возникает в результате испускания и поглощения ими частиц — квантов ядерного поля. Они создают ядерное поле по аналогии с электромагнитным полем, которое возникает как следствие обмена фотонами между двумя зарядами и потенциал которого имеет радиальную зависимость $U_{\text{эл}}(r) \sim 1/r$. Взаимодействие между нуклонами, возникающее в результате обмена частицей массы m , приводит к появлению потенциала с радиальной зависимостью $U_{\text{я}}(r) \sim (e^{-(mc/\hbar)r})/r$. Принимая во внимание известные факты, что ядерные силы — короткодействующие и имеют характерный радиус действия ≈ 1 Фм (10^{-13} см), Юкава оценил массу квантов ядерного поля ≈ 200 МэВ. Предсказанная Юкавой частица должна была занимать по массе промежуточное значение между электроном и протоном и была названа мезоном от греческого слова *mesos* — средний. После предсказания свойств мезона начались энергичные поиски этой частицы. И уже через два года, в 1937 г., в космических лучах с помощью камеры Вильсона была обнаружена частица с массой, равной примерно 200 массам электрона. Вначале считалось, что это и есть предсказанный Юкавой мезон. Однако более детальное исследование свойств этой частицы показало, что обнаруженные в космических лучах частицы взаимодействуют с нейтронами и протонами недостаточно сильно, как это должно быть для переносчиков ядерного взаимодействия. Они не захватывались атомными ядрами, а распадались с испусканием электронов».

Энциклопедия Википедия: «В 1947 году заряженные пионы были экспериментально обнаружены группой исследователей, под руководством Сесила Фрэнка Пауэлла. Поскольку достаточно мощных ускорителей в то время ещё не существовало (для рождения пионов) — проводился поиск с помощью фотопластинок, поднятых на аэростате в стратосферу, где они подвергались воздействию космических лучей (также, фотопластинки устанавливались в горах, — например, в астрофизической лаборатории на вулкане «Чакалтайя» в Андах). После спуска воздушного шара — на фотоэмульсии были обнаружены следы заряженных частиц, среди которых были мезоны. За свои достижения Юкава (в 1949 году) и Пауэлл (в 1950 году) были награждены Нобелевской премией. Обнаружить нейтральный мезон π^0 гораздо сложнее (так как, в силу своей электрической нейтральности, он не оставляет следов в фотоэмульсии). Он был идентифицирован по продуктам распада в 1950 году. В настоящее время (согласно квантовой хромодинамике) — известно, что сильное взаимодействие осуществляется посредством глюонов. Тем не менее, —

можно сформулировать так называемую *эффективную теорию взаимодействия внутриядерных частиц* (Сигма-модель), в которой переносчиками взаимодействия являются пионы. Несмотря на то, что эта теория (предложенная Юкавой) верна только в *определённом* диапазоне энергий, — она позволяет проводить в нём упрощённые вычисления и даёт наглядные объяснения. Например, силы взаимодействия, — переносимые пионами, — можно компактно описать при помощи потенциала Юкавы... Распад нейтрального пиона обусловлен электромагнитным взаимодействием, — тогда как заряженные пионы распадаются посредством *слабого* взаимодействия, константа связи которого значительно меньше. Поэтому периоды полураспадов нейтрального и заряженного пионов существенно различаются.

Таблица 2. Каналы распада π^+ мезона

Каналы распада	Относительные вероятности
$\mu^+ \nu_\mu$	99,988 %
$\mu^+ \nu_\mu \gamma$	$2,0 \cdot 10^{-4}$
$e^+ \nu_e$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
$e^+ \nu_e \gamma$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
$e^+ \nu_e \pi^0$	$1,0 \cdot 10^{-8}$
$e^+ \nu_e e^+ e^-$	$3,2 \cdot 10^{-9}$
$e^+ \nu_e \nu \bar{\nu}$	$< 5 \cdot 10^{-6}$

Мезоны π^+ , π^- имеют массу 139,6 МэВ/с² и относительно большой (по ядерным меркам) период полураспада: $2,6 \cdot 10^{-8}$ с. Доминирующим (с вероятностью 99,9877 %) является канал распада в мюон и нейтрино или антинейтрино.

Таблица 3. Каналы распада π^0 мезона

Каналы распада	Относительные вероятности
2γ	98,80 %
$e^+ e^- \gamma$	1,2 %
$e^+ e^+ e^- e^-$	$3,1 \cdot 10^{-5}$
$e^+ e^-$	$6,2 \cdot 10^{-8}$
4γ	$< 2 \cdot 10^{-8}$

Нейтральный пи-мезон π^0 имеет немного меньшую массу: 135,0 МэВ/с² и гораздо меньший период полураспада, чем заряженные пи-мезоны: $(8,52 \pm 0,18) \cdot 10^{-17}$ секунды. Главным (вероятность 98,798 %) является канал распада в два фотона».

7. Рассеяние электронов на нуклонах

Частицы и атомные ядра Ишханова: «То, что адроны в отличие от точечных фундаментальных частиц обладают собственными размерами, представляет огромный интерес. Первым указанием на сложную внутреннюю структуру протона и нейтрона явились результаты измерений их магнитных моментов. Измеренные значения магнитных моментов нуклонов:

$$\mu_p = +2,792847351 \pm 0,000000028 \mu_N,$$

$$\mu_n = -1,9130427 \pm 0,0000005 \mu_N,$$

где $\mu_N = e\hbar/(2m_p c)$ – ядерный магнетон.

Эти значения отличаются от соответствующих предсказаний, ожидавшихся для точечных дираковских частиц: $\mu_p = \mu_N$, $\mu_n = 0$. Этот факт, как и собственные размеры адронов и наличие у них возбуждённых состояний, является, несомненно, проявлением составной природы адронов и частично квантово-механических флуктуаций...

Для исследования структуры нуклона использовались электронные пучки с энергией вплоть до 20 ГэВ. Для изучения распределения заряда и магнитного момента в протоне обычно используют мишени из жидкого водорода и измеряют сечение упругого рассеяния электронов. Так как не существует нейтронных мишеней, для исследования нейтрона используют мишени из дейтерия. При этом необходимо отделить эффекты, обусловленные протонами, и эффекты взаимодействия протона и нейтрона. Поэтому данные о нейтроне получать труднее, и они имеют большие погрешности. Если говорить об общей идеологии экспериментов, направленных на выявление внутренней структуры микрообъектов, то, по сути, это всё тот же опыт Резерфорда, выполненный при более высоких энергиях и с другими наборами зондирующих частиц и мишеней. Поэтому можно говорить об универсальном экспериментальном приёме, являющемся обобщением опыта Резерфорда. Эксперименты по рассеянию электронов на микрообъектах дают важную информацию о внутренней структуре этих объектов – пространственном распределении в них зарядов и токов. Электроны очень удобны для зондирования структуры микрообъектов. Во-первых, они бесструктурны (точечны). Поэтому при анализе данных, полученных с электронами, нет необходимости отделять эффекты структуры частицы-мишени от эффектов, обусловленных структурой частицы-снаряда. Во-вторых, электроны легко проникают вглубь объекта. Они не участвуют в сильном взаимодействии и взаимодействуют с ядром (нуклоном) почти исключительно посредством хорошо изученных электромагнитных сил. В-третьих, электроны испытывают главным образом однократное взаимодействие с конститuentами рассеивающей системы, между тем как рассеяние адронов на других адронах и ядрах, скорее всего, будет многократным из-за сильного взаимодействия. Поэтому, хотя сечение рассеяния адронов также зависит от внутренней структуры частицы-мишени, однако информация о

ней трудно извлекаема. Результаты же опытов с электронами поддаются достаточно простой и однозначной интерпретации. Схема рассеяния электрона на микрообъекте изображена на рисунке ниже...

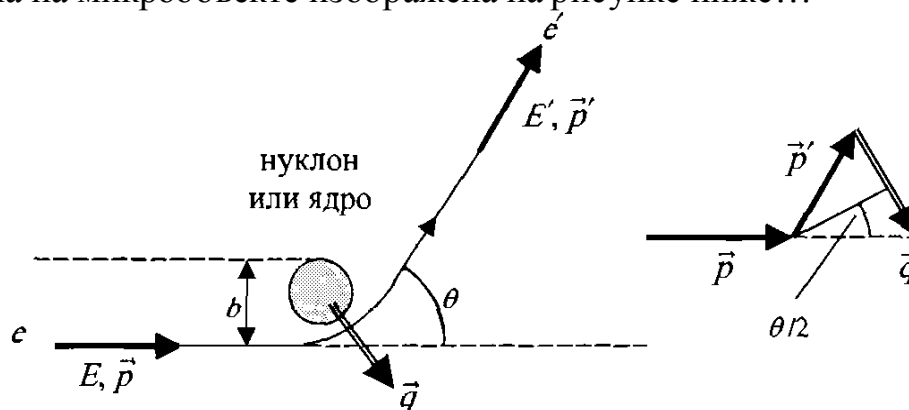


Рисунок 7-1. Рассеяние электрона на ядре или нуклоне

Изучение упругого рассеяния электронов на микрообъекте позволяет определить пространственное распределение в нём зарядов и токов. Для этого измеряют вероятность упругого рассеяния электронов в зависимости от угла рассеяния θ (т.е. от переданного микрообъекту импульса q) и анализируют эту вероятность, используя понятие форм-фактора...

Наблюдаемый дипольный форм-фактор соответствует распределению заряда в протоне $\rho(r) = \rho_0 e^{-r/a}$, где $a = 0,23$ Фм и $\rho_0 = 3$ (e/Фм³). Аналогично (экспоненциально спадающим) является распределение магнитного момента протона и нейтрона. Таким образом, нуклон не является ни точечной частицей, ни частицей с однородным распределением заряда (тока). Это система с диффузным распределением заряда (и вещества). Радиальное распределение заряда в нейтроне и протоне демонстрируется на рисунке ниже. Он показывает, какое количество заряда (и какого знака) сосредоточено на различных расстояниях от центра протона и нейтрона. В нейтроне центральная область заряжена положительно, а область $r > 0,7$ Фм – отрицательно. При этом суммарный по всему объёму заряд равен нулю.

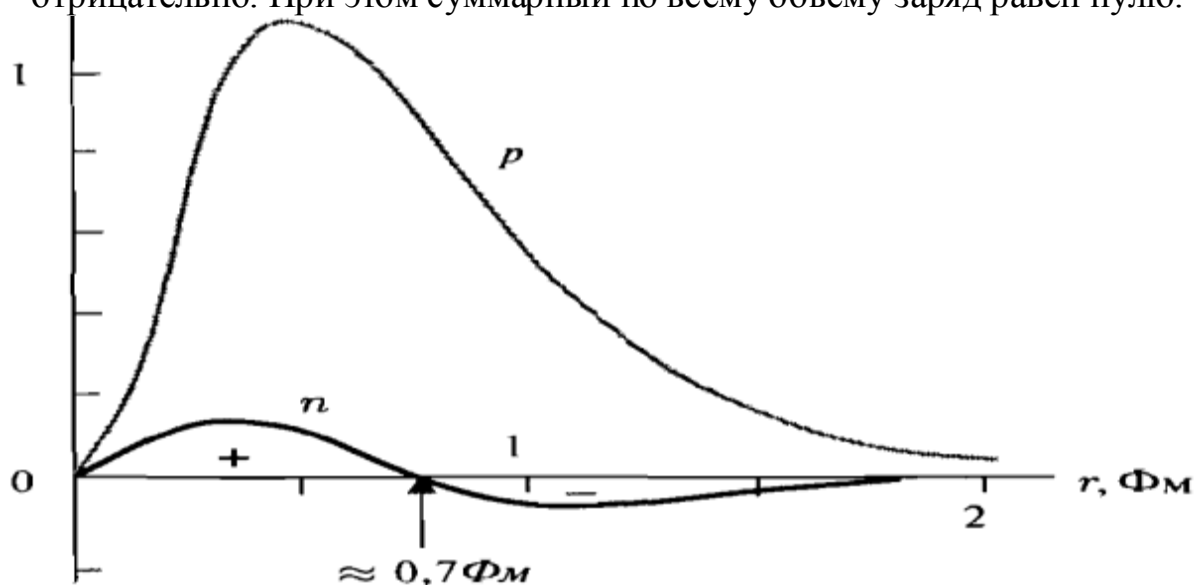


Рисунок 7-2. Распределение электрического заряда в нуклонах

Если при рассеянии электрона на нуклоне или другом адроне происходит их возбуждение, то это неупругое рассеяние. Если переданная внутрь нуклона (адрона) энергия совпадает с энергией одного из возбуждённых состояний нуклона, то в сечении (спектре рассеянных электронов) наблюдается резонанс.

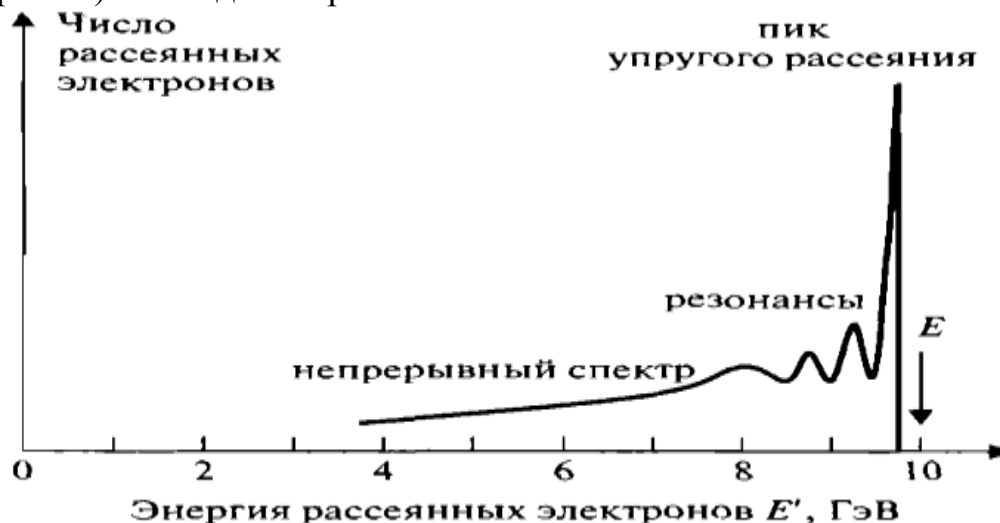


Рисунок 7-3. Спектр электронов с $E \approx 10$ ГэВ, рассеянных на нуклонах

На рисунке выше схематически показан энергетический спектр электронов с начальной энергией $E \approx 10$ ГэВ, рассеянных нуклонами на фиксированный угол. Спектр имеет характерный вид. Наряду с пиком упругого рассеяния отчётливо наблюдаются резонансы, соответствующие возбуждённым состояниям нуклона. Ближайший к упругому пику резонанс соответствует возбуждению нуклонного резонанса $\Delta(1232)$. За ним видны ещё два более высокорасположенных нуклонных резонанса. С ростом энергии возбуждения плотность резонансов растёт и, так как они имеют большую ширину (обычно $\Gamma \approx 100$ МэВ), то при энергиях возбуждения ≥ 2 ГэВ они сливаются в непрерывный спектр. Наличие нуклонных резонансов показывает сложную структуру нуклона...».

8. Гипотеза о кварковой структуре адронов

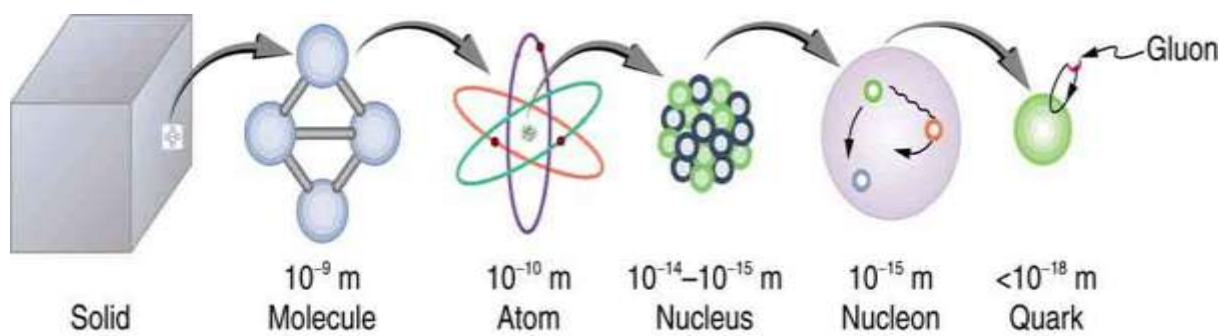


Рисунок 8-1. Сравнительные размеры кварков

Краткий курс физики Черноуцана: «Адроны — весьма многочисленный класс (открыто более 400 адронов). Стройная классификация адронов и понимание многих их свойств пришло только после появления в 60-х годах гипотезы о кварковой структуре адронов, в соответствии с которой все адроны состоят из фундаментальных частиц, называемых кварками. Спин всех кварков равен $1/2$, т.е. они являются фермионами. Всего существует шесть разновидностей (или ароматов) кварков: u , d , s , c , b и t (от английских слов *up*, *down*, *strange*, *charm*, *bottom*, *top*). Массы кварков равны: $m_u \approx 5$ МэВ, $m_d \approx 7$ МэВ, $m_s \approx 150$ МэВ, $m_c \approx 1,3$ ГэВ, $m_b \approx 4,3$ ГэВ, $m_t \approx 175$ ГэВ. Самое необычное свойство кварков состоит в том, что они имеют дробные электрические заряды.

Таблица 4. Шесть разновидностей кварков

ВЕРХНИЙ  u Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$ Масса: 2 МэВ Входят в состав атомного ядра: два верхних кварка и один нижний образуют протон	ОЧАРОВАННЫЙ  c Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$ Масса: 1,25 ГэВ Нестабильный более тяжелый родственник верхнего кварка; компонента J/ψ частицы, которая помогла разработать Стандартную модель	ИСТИННЫЙ  t Электрический заряд: $+\frac{2}{3}$ Масса: 171 ГэВ Самая тяжелая из известных частиц, сравнима по массе с атомом осмия. Время жизни составляет примерно 10^{-25} с
НИЖНИЙ  d Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$ Масса: 5 МэВ Входят в состав атомного ядра: два нижних кварка и один верхний образуют нейтрон	СТРАННЫЙ  s Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$ Масса: 95 МэВ Нестабильный более тяжелый родственник нижнего кварка; входит в состав хорошо изученной частицы — каона	ПРЕЛЕСТНЫЙ  b Электрический заряд: $-\frac{1}{3}$ Масса: 4,2 ГэВ Нестабильная и еще более тяжелая копия нижнего кварка; входит в состав хорошо изученного B-мезона

Кварки u , c и t называют верхними, их заряд равен $+2/3$, кварки d , s и b называют нижними, их заряд равен $-1/3$ (в единицах элементарного заряда). Все барионы состоят из трех кварков, а все мезоны — из кварка и антикварка.



Рисунок 8-2. Количество кварков в адронах

Нуклоны состоят из легких кварков u и d : протон содержит два u -кварка и один d -кварк ($p = uud$), нейтрон — два d -кварка и один u -кварк ($n = ddu$). Из этих же кварков состоят π -мезоны: $\pi^+ = u\bar{d}$, $\pi^- = d\bar{u}$, π^0 представляет собой квантовую суперпозицию двух состояний: $\pi^0 = (u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2}$. Видно, что π^+ и π^- являются античастицами друг друга, а π^0 совпадает со своей античастицей.

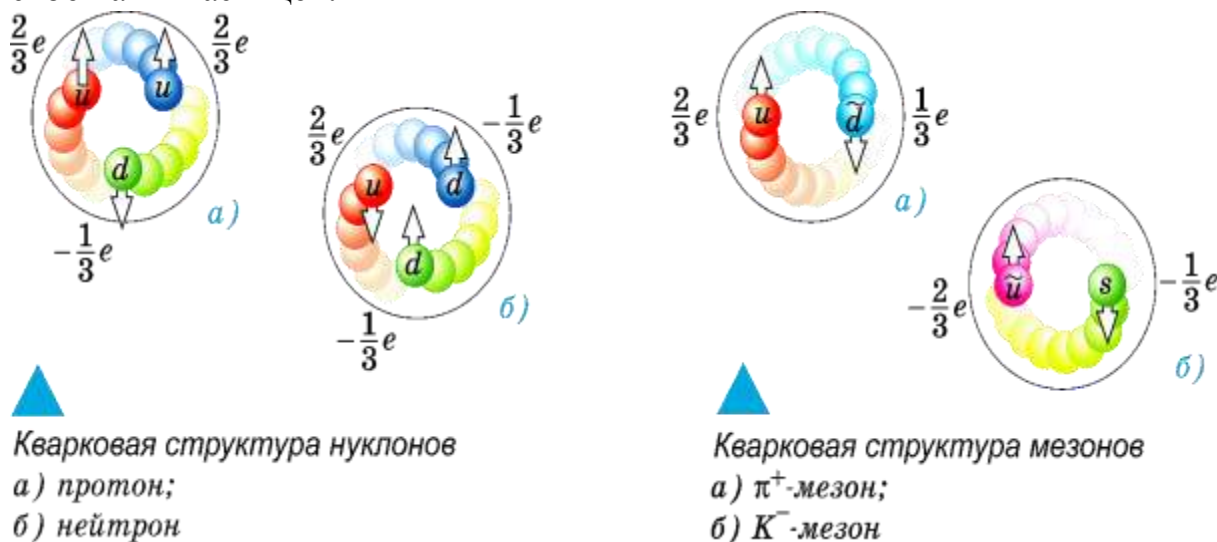


Рисунок 8-3. Кварковый состав нуклонов и мезонов

Частицы, содержащие s -кварк, называют странными, содержащие c -кварк — очарованными. Отметим сразу же, что на первый взгляд массы адронов заметно больше суммы масс образующих их кварков. Но масса любой связанной системы должна быть меньше суммы масс образующих ее частей на величину энергии связи. Дело в том, что кварки внутри адронов окружены облаком виртуальных глюонов («одеты» в глюонную «шубу»). Массы одетых кварков примерно на 350 МэВ больше массы голых кварков.

Барионы, в состав которых входят более тяжелые кварки, чем u и d , называются «гиперонами». Из кварков u , d , s можно составить шесть гиперонов со спином $1/2$: Λ^0 (uds , $m \approx 1120$ МэВ), Σ^+ , Σ^0 , Σ^- (uus , uds , dds , $m \approx 1200$ МэВ), Ξ^0 , Ξ^- (uss , dss , $m \approx 1320$ МэВ). Распад всех этих гиперонов определяется слабым взаимодействием, поэтому время их жизни $\tau \sim 10^{-10}$ с (кроме Σ^0 -гиперона, распад которого определяется электромагнитным взаимодействием, $\tau \sim 10^{-20}$ с). Вместе с протоном и нейтроном эти гипероны образуют октет (восьмерку) барионов со спином $1/2$. (Ниже мы поясним, чем отличаются Λ^0 и Σ^0). Далее идет декуплет (десятка) барионов со спином $3/2$, причем среди них присутствуют барионы, состоящие из трех одинаковых кварков, например, Δ^- , Δ^0 , Δ^+ , Δ^{++} (ddd , udd , uud , uuu , $m \approx 1230$ МэВ). Самым тяжелым из декуплета является Ω^- -гиперон (sss , $m \approx 1670$ МэВ). Отметим, что элементарные частицы, имеющие одинаковый кварковый состав и отличающиеся только значением спина (или других квантовых чисел), очень часто носят разные названия, как, например, нейтрон и Δ^0 -гиперон.

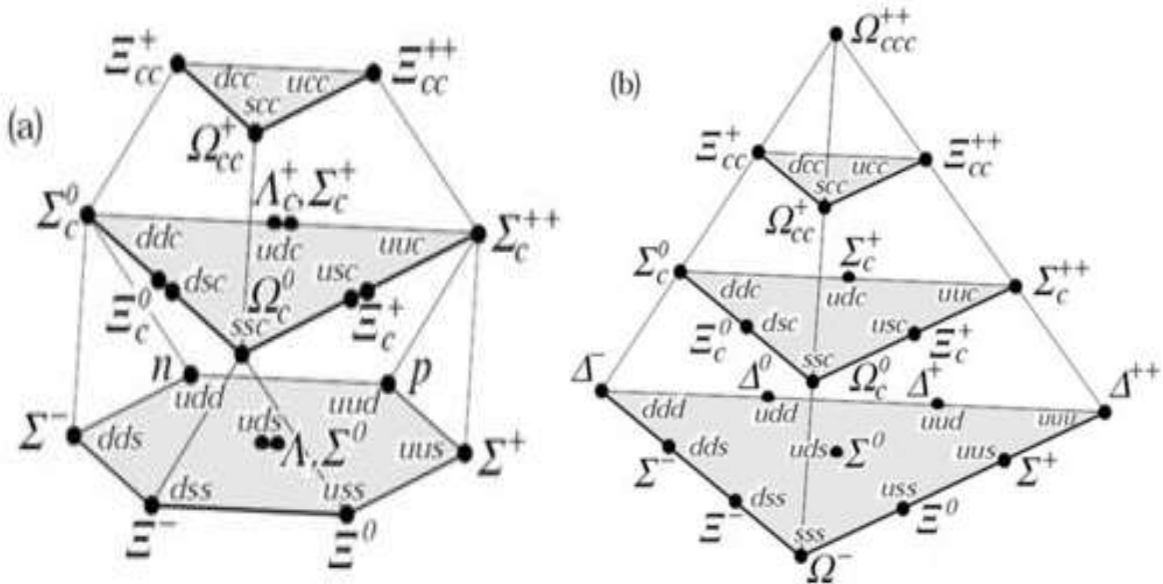


Рисунок 8-4. Кварковый состав барионов

Перейдем к описанию мезонов. Кроме трех π -мезонов, существуют еще шесть мезонов со спином и орбитальным моментом, равными нулю, которые содержат s -кварк: четверка K^+ , K^0 , K^{*0} , K^- (us , ds , sd , su , $m \approx 500$ МэВ) и два истинно нейтральных мезона η и η^* (разные квантовые суперпозиции состояний $u\bar{u}$, $d\bar{d}$ и $s\bar{s}$). Далее идет девятка мезонов со спином $S = 1$, среди которых три ρ , четыре K^* , ω^0 и ϕ^0 . Все эти мезоны (а также η^*) относятся к резонансам ($\tau \sim 10^{-23}$ с). Большим событием было открытие в 1974 г. первой очарованной частицы J/ψ -мезона ($\tau = 3,1$ ГэВ), представляющей собой одно из состояний чармония $c\bar{c}$ (чармоний обладает 'скрытым очарованием'). Затем были открыты другие очарованные мезоны (например, $D^+ = cd$, $D^0 = cu$, $D_s^+ = cs$) и очарованные барионы (например, $\Lambda_c^+ = udc$), а также более тяжелые 'красивые' адроны, содержащие b -кварк».

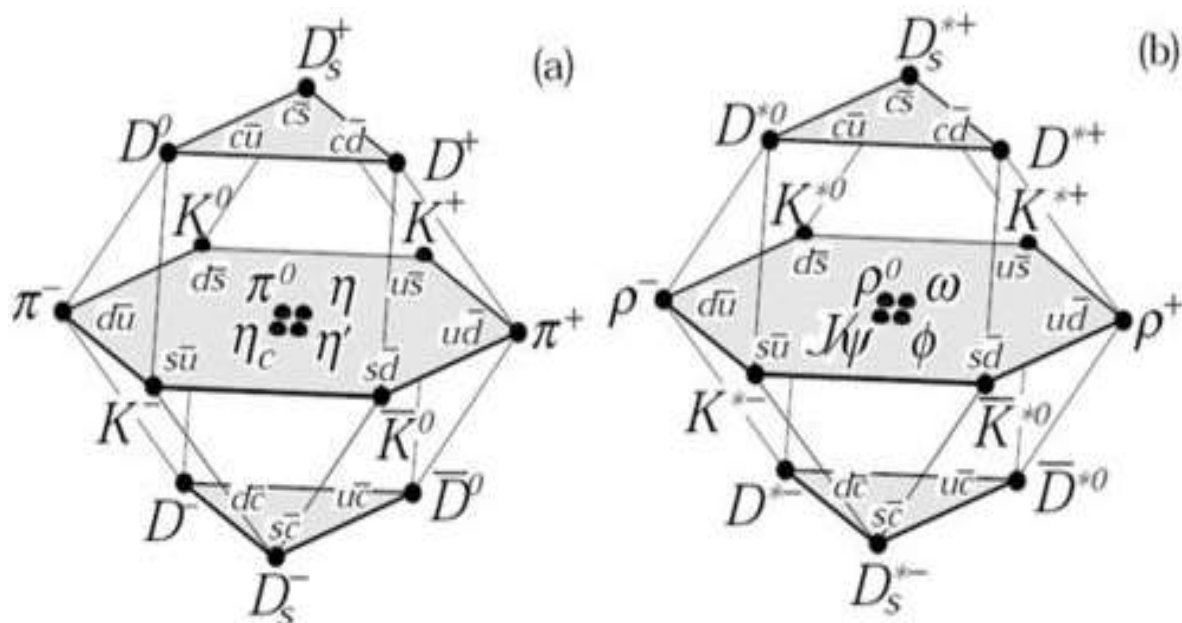


Рисунок 8-5. Кварковый состав мезонов

Существование барионов, состоящих из трех одинаковых кварков, противоречит принципу Паули, поскольку два из них должны иметь одинаковые направления спинов. Более того, Ω^- гиперон имеет спин $3/2$, т.е. все три его s-кварка могут находиться в одинаковых состояниях (когда проекция спина гиперона максимальна). В чем же дело? Оказалось, что существует не один, а три кварка с одним и тем же ароматом. Различие между ними описывается дополнительным квантовым числом, которое может принимать три значения.

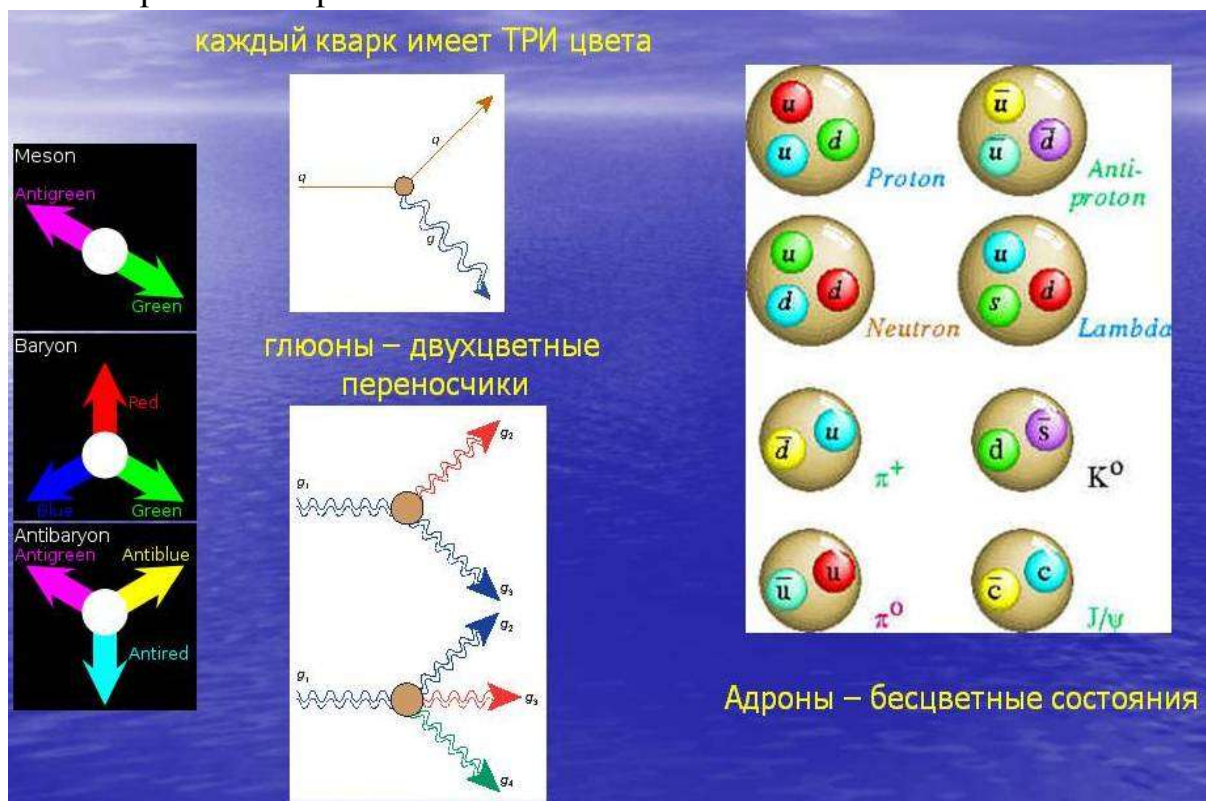


Рисунок 8-6. Цветовое различие кварков

Было предложено называть это число цветом (цветовым зарядом), и приписать ему значения R (красный), G (зеленый) и B (синий). Соответственно, антикварки обладают цветами $\bar{R}$, $\bar{G}$, $\bar{B}$ (антикрасный, антизелёный, антисиний). Следовательно, всего существует 18 кварков и 18 антикварков. Смесь всех трех цветов считается бесцветной (белой). Пара кварк-антикварк обладает ‘скрытым’ цветом. Цветовые заряды кварков являются источниками глюонных полей (подобно тому, как электрический заряд является источником электромагнитного поля). Кванты этих полей глюоны (от слова glue - клей) осуществляют сильное взаимодействие (электромагнитное взаимодействие осуществляется путем обмена фотонами — квантами электромагнитного поля). И глюоны, и фотоны являются безмассовыми частицами, обладают спином 1 и отрицательной четностью. Однако фотоны электрически нейтральны, а глюоны ‘окрашены’, т. е. сами участвуют в сильных взаимодействиях.

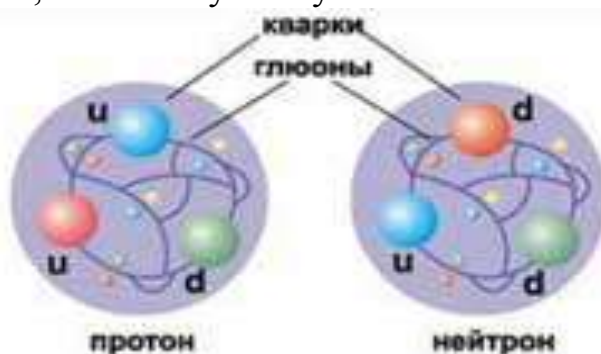


Рисунок 8-7. Процесс обмена глюонами между кварками

Каждый глюон несет два цветовых заряда: один цвет и один антицвет. Всего существует восемь разных глюонов, шесть явно окрашенных и два глюона со скрытым цветом. В соответствии с законом сохранения цветового заряда при испускании и поглощении глюона кварк должен изменять свой цвет. Например, при испускании красным R кварком глюона RG он становится зеленым G, но аромат его при этом не меняется (аромат кварков может меняться только в слабых взаимодействиях, т. е. при испускании W- или Z-бозонов).

... Шесть лептонов и шесть кварков образуют класс фундаментальных фермионов, из которых ‘сделаны’ все остальные элементарные частицы. Особую роль играют фундаментальные фермионы ‘первого поколения’ u, d, e, ν_e , из которых составлены нуклоны и атомы и которые определяют ход почти всех наблюдаемых в природе процессов. Фундаментальные фермионы второго и третьего поколений получают искусственно в мощных ускорителях. Однако только изучение всей совокупности фундаментальных частиц дает возможность понять устройство и эволюцию нашего мира. Все процессы в мире элементарных частиц сводятся к взаимодействиям между фундаментальными фермионами, осуществляемыми путем обмена несколькими фундаментальными векторными бозонами (фотон, глюоны, три промежуточные бозоны). Всеми этими процессами управляют законы сохранения.

Напомним, что переносчик электромагнитного взаимодействия — фотон может испускаться или поглощаться только заряженными частицами, при этом ни заряд, ни цвет, ни аромат частицы не меняются. Переносчики сильного взаимодействия — глюоны могут испускаться или поглощаться кварками и глюонами, при этом может меняться цвет кварка, но его заряд и аромат не меняются. Слабые взаимодействия осуществляются за счет испускания и поглощения промежуточных векторных бозонов W^+ , W^- и Z^0 . При поглощении или испускании заряженного бозона заряженным лептоном он превращается в соответствующее нейтрино (и наоборот, нейтрино превращается в соответствующий ему заряженный лептон). Универсальность слабых взаимодействий проявляется в том, что бозоны испускаются и поглощаются не только лептонами, но и кварками. (Отметим, что в отличие от глюонов промежуточные бозоны не обладают цветом, т.е. не участвуют в сильных взаимодействиях.) При испускании или поглощении заряженного бозона верхний кварк превращается в нижний или наоборот. Существенно, что любой верхний кварк (u, c, t) может превращаться в любой из нижних кварков (d, s, b). Например, распад нейтрона $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ сводится к распаду d-кварка $d \rightarrow u + e^- + \bar{\nu}_e$, который описывается как превращение d-кварка в u-кварк с испусканием W^+ бозона, который затем превращается в пару $e^- + \bar{\nu}_e$.

Таблица 5. Переносчики взаимодействий и фундаментальные частицы

	Кварки		Лептоны	
Первое поколение	Φ U-кварк (up)	Φ D-кварк (down)	Φ Электрон	Φ Нейтрино
Второе поколение	Φ C-кварк очарование	Φ S-кварк странность	Φ Мюон	Φ Мюонное нейтрино
Третье поколение	Φ T-кварк (top)	Φ - B-кварк (bottom)	Φ Тау	Φ Тау- нейтрино
	Φ W-бозон	t Z-бозон	$\pm$	0 Бозон Хиггса

...Поскольку глюоны обладают цветовым зарядом, они могут сами испускать и поглощать глюоны и испытывать сильное взаимодействие друг с другом. Изучением сильного взаимодействия как результата излучения и поглощения глюонов кварками и глюонами занимается квантовая хромодинамика (названная так по аналогии с квантовой электродинамикой, изучающей электромагнитное взаимодействие как результат обмена фотонами). Одно из главных утверждений квантовой хромодинамики — невозможность существования свободных окрашенных объектов. В свободном виде могут существовать только такие комбинации цветовых зарядов, которые в целом цветового заряда не несут. Например, свободные адроны могут быть только в «белом» состоянии, три его кварка

в каждый момент времени имеют разные цвета. (Правда, каждый кварк непрерывно меняет свой цвет, испуская поглощая виртуальные глюоны, как испущенные другим кварком, так и рожденные в окружающей его ‘глюонной шубе’ — облаке виртуальных глюонов. Но полный цветовой заряд адрона остается белым.) То же относится и к мезонам. Например, π^+ мезон является квантовой суперпозицией трех цветовых состояний. Каждое из этих состояний обладает скрытым цветом, но их суперпозиция является ‘белой’. Почему же нельзя разделить белый объект на два цветных (например, удалить один из кварков из мезона или адрона)? Во-первых, обмен цветными глюонами приводит к взаимодействию, потенциал которого растет с расстоянием не медленнее, чем линейно (сила взаимодействия не убывает). Возможное объяснение состоит в том, что глюонное поле не рассеяно по всем направлениям (что соответствовало бы кулоновскому потенциалу), а сосредоточено в узкой ‘трубке’ (струне), соединяющей кварки. Следовательно, для разделения кварков надо было бы затратить бесконечно большую энергию. На самом деле, при удалении их на расстояние, превышающее 10^{-15} м, глюонная струна ‘рвется’, рождается пара кварк-антикварк и удаляемый кварк превращается в белый мезон.

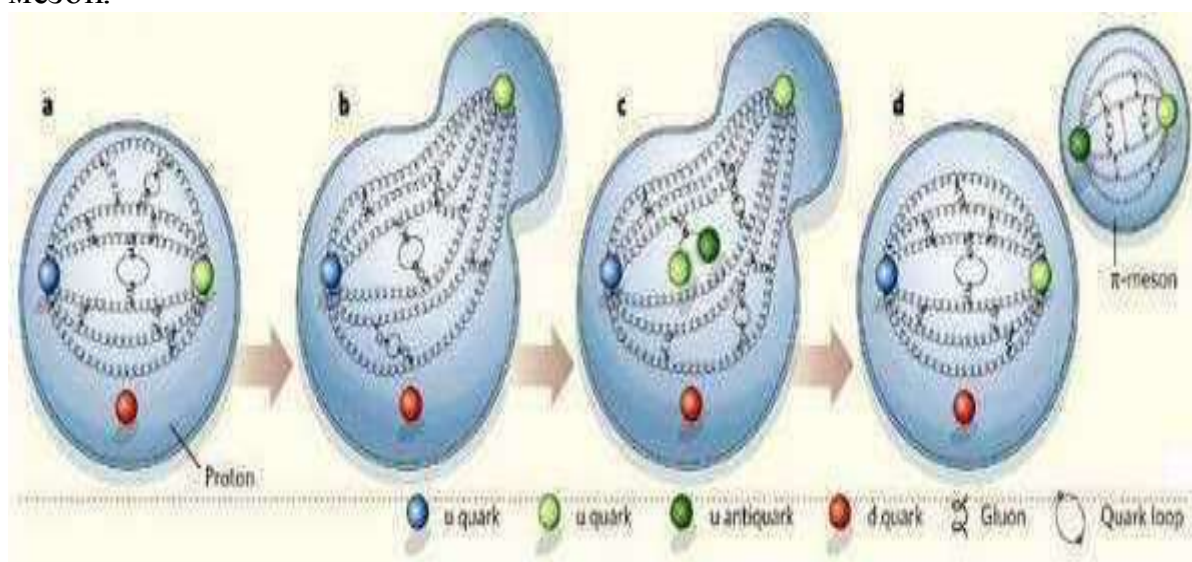


Рисунок 8-8. Рождение пары кварков глюонным полем и отделение π -мезона

При попытке получить два цветных объекта мы снова получаем два белых. (Отметим, что при больших энергиях разлетающихся кварков каждый из них превращается не в один мезон, а в несколько адронов — возникает так называемая ‘адронная струя’. Наблюдение адронных струй стало важным аргументом в пользу существования кварков). Таким образом, квантовая хромодинамика объясняет неудачу всех попыток обнаружить свободные кварки или выбить их адронов, хотя само существование кварков внутри адронов было подтверждено экспериментами по рассеянию на адронах электронов высоких энергий. Такое поведение кварков было названо ‘конфайнментом’ (от английского confinement — заточение)».

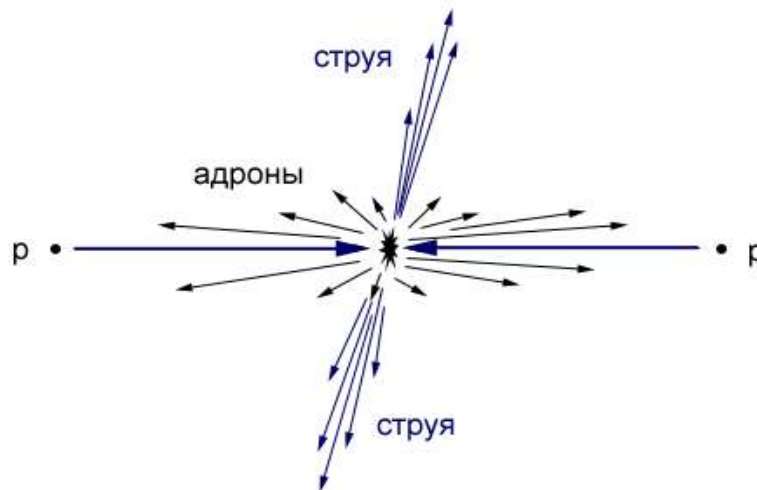


Рисунок 8-9. Возникновение адронных струй при столкновении протонов

Энциклопедия Википедия: «Конфайнмент — явление в физике элементарных частиц, состоящее в невозможности получения кварков в свободном состоянии, поскольку в экспериментах наблюдаются только агрегаты кварков, состоящие из двух (мезоны), трёх (барионы), четырёх (тетракварки) и пяти (пентакварки) кварков. Тем не менее, имеются веские указания в пользу того, что сами кварки существуют: кварки хорошо описывают систематику элементарных частиц (Стандартная модель) и наблюдаются внутри них в качестве партонов при глубоко неупругих столкновениях. Для объяснения удержания предполагалось, что цветовой заряд, которым обладают кварки, имеет свойство так называемого антиэкранирования. Антиэкранирование происходит из-за того, что переносчики сильного взаимодействия, которому подвержены кварки — глюоны — сами обладают цветовым зарядом и в процессе движения как бы ‘порождают новые глюоны из вакуума’ и тем усиливают взаимодействие. В результате кварки притягиваются тем сильнее, чем дальше они друг от друга. Гипотеза кварков помогла классифицировать многочисленные экзотические адроны и их резонансы, а также хорошо объяснила многие физические эффекты: сечение столкновения адронов, формирования ‘струй адронов’ (‘hadron jets’) при глубоко неупругих столкновениях двух адронов. На гипотезе наличия кварков строится квантовая теория поля сильного взаимодействия — квантовая хромодинамика (КХД), которая и пытается описать свойство конфайнмента математически точным языком. Конфайнмент подтверждён расчётами решёточной КХД, но математически не доказан. Поиск этого доказательства — одна из семи ‘задач тысячелетия’, объявленных Математическим институтом Клэя. Другие перспективы непертурбативной КХД — исследование фаз кварковой материи, включая кварк-глюонную плазму — состояние вещества, в котором конфайнмент отсутствует, а кварки и глюоны являются свободными...

Стандартная модель — теоретическая конструкция в физике элементарных частиц, описывающая электромагнитное, слабое и сильное взаимодействие всех элементарных частиц. Стандартная модель не

является теорией всего, так как не описывает тёмную материю, тёмную энергию и не включает в себя гравитацию. Экспериментальное подтверждение существования промежуточных векторных бозонов в середине 80-х годов завершило построение Стандартной модели и её принятие как основной. Необходимость незначительного расширения модели возникла в 2002 году после обнаружения нейтринных осцилляций, а подтверждение существования бозона Хиггса в 2012 году завершило экспериментальное обнаружение предсказываемых Стандартной моделью элементарных частиц. Всего модель описывает 61 частицу...



Рисунок 8-10. Фундаментальные частицы стандартной модели

Физика элементарных частиц (ФЭЧ), часто называемая также физикой высоких энергий или субъядерной физикой — раздел физики, изучающий структуру и свойства элементарных частиц и их взаимодействия. ...В современной физике элементарных частиц специалисты выделяют ряд нерешённых проблем. Экспериментально установленное явление нейтринных осцилляций указывает на неполноту Стандартной модели. Кроме того, имеются отдельные экспериментальные свидетельства того, что имеется разница в амплитуде осцилляций нейтрино и антинейтрино. Астрофизические и космологические исследования указывают на существование физики за пределами Стандартной модели. Так, наблюдательным фактом является барионная асимметрия Вселенной, в то время как в Стандартной модели барионное число является константой. Другим фактом является наличие в космосе так называемой скрытой массы, которая обычно объясняется существованием тёмной материи

неизвестной современной физике природы. И наконец, необъяснимым в рамках современной физики является факт ускоренного расширения Вселенной, который обычно связывают с так называемой тёмной энергией. Отдельно стоит так называемая проблема калибровочной иерархии, заключающаяся в том, что характерные энергетические масштабы сильного (200 МэВ) и электрослабого (256 ГэВ) взаимодействий на много порядков ниже масштаба гравитационного взаимодействия (10^{19} ГэВ), а также предполагаемых масштаба Большого объединения взаимодействий (10^{16} ГэВ) и масштаба, связанного с СР-сохранением в сильных взаимодействиях (10^{14} ГэВ). Актуальными являются вопросы природы такой иерархии, причин её устойчивости и наличия большой «пустыни» между двумя группами масштабов.



Рисунок 8-11. Теории объединения взаимодействий

Ещё одна иерархическая проблема связана с фермионными массами. В рамках Стандартной модели все фермионные поля (лептоны и кварки) образуют три поколения. При этом массы поколений отличаются во много раз, хотя остальные свойства частиц разных поколений не отличаются. Объяснение такой иерархии и составляет одну из проблем современной физики. Имеются также теоретические трудности в описании адронов. В частности для понимания природы конфайнмента требуется привлечение непertурбативных методов квантовой хромодинамики».

9. Классификация элементарных частиц



Рисунок 9-1. Два основных класса элементарных частиц

Курс физики Трофимовой: «В многообразии элементарных частиц, известных в настоящее время, обнаруживается более или менее стройная система классификации. Для ее пояснения в таблице ниже представлены основные характеристики рассмотренных выше элементарных частиц. Характеристики античастиц не приводятся, поскольку, модули зарядов и странности, массы, спины, изотопические спины, время жизни частиц в вакууме и их античастиц одинаковы, они различаются лишь знаками зарядов и странности, а также знаками других величин, характеризующих их электрические (а следовательно, и магнитные) свойства. ...элементарные частицы объединены в три группы: фотоны, лептоны и адроны. Элементарные частицы, отнесенные к каждой из этих групп, обладают общими свойствами и характеристиками, которые отличают их от частиц другой группы. К группе фотонов относится единственная частица — фотон, который переносит электромагнитное взаимодействие. В электромагнитном взаимодействии участвуют в той или иной степени все частицы, как заряженные, так и нейтральные (кроме нейтрино). К группе лептонов относятся электрон, мюон, тау-лептон, соответствующие им нейтрино, а также их античастицы. Все лептоны имеют спин, равный $1/2$, и, следовательно, являются фермионами, подчиняясь статистике Ферми — Дирака. Поскольку лептоны в сильных взаимодействиях не участвуют, изотопический спин им не приписывается. Странность лептонов равна нулю. Элементарным частицам, относящимся к группе лептонов, приписывают так называемое лептонное число (лептонный заряд) L . Обычно принимают, что $L = +1$ для лептонов, $L = -1$ для антилептонов и $L = 0$ для всех остальных элементарных частиц. Введение L позволяет сформулировать закон сохранения лептонного числа: в замкнутой системе при всех без исключения процессах взаимопревращения элементарных частиц лептонное число сохраняется. Теперь понятно, почему при распаде нейтрона нейтральная частица названа антинейтрино, а при распаде протона — нейтрино. Так

как у электрона и нейтрино $L = +1$, а у позитрона в антинейтрино $L = -1$, то закон сохранения лептонного числа выполняется лишь при условии, что антинейтрино возникает вместе с электроном, а нейтрино — с позитроном.

Таблица 6. Классификация элементарных частиц

Группа	Название частицы	Символ		Заряд, ед. e	Масса покоя, ед. m_e	Спин, ед. $\hbar$	Изоспин, I	Лептонное число, L	Барионное число, B	Странность, S	Приблизительное время жизни, с
		частицы	античастицы								
Фотоны	Фотон	γ		0	0	1	—	0	0	0	Стабилен
Лептоны	Электрон	e^-	e^+	1	1	$1/2$	—	+1	0	0	Стабилен
	Электронное нейтрино	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	$1/2$	—	+1	0	0	Стабильно
	Мюон	μ^-	μ^+	1	206,8	$1/2$	—	+1	0	0	$\approx 10^{-6}$
	Мюонное нейтрино	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	$1/2$	—	+1	0	0	Стабильно
	Тау-лептон	τ^-	τ^+	1	3487	$1/2$	—	+1	0	0	$\approx 10^{-12}$
	Таонное нейтрино	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	$1/2$	—	+1	0	0	Стабильно
Адроны	Мезоны	π^0		0	264,1	0	1	0	0	0	$\approx 10^{-16}$
		π^+	π^-	1	273,1	0	1	0	0	0	$\approx 10^{-8}$
		K^0		0	974,0	0	$1/2$	0	0	+1	$\approx 10^{-10} \text{—} 10^{-8}$
		K^+	K^-	1	966,2	0	$1/2$	0	0	+1	$\approx 10^{-8}$
		η^0		1	1074	0	—	0	0	0	$\approx 10^{-19}$
	Барионы	p	$\bar{p}$	1	1836,2	$1/2$	$1/2$	0	+1	0	Стабилен
		n	$\bar{n}$	0	1838,7	$1/2$	$1/2$	0	+1	0	$\approx 10^3$
		Λ^0		0	2183	$1/2$	0	0	+1	-1	$\approx 10^{-10}$
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	0	2334	$1/2$	1	0	+1	-1	$\approx 10^{-20}$
		Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	1	2328	$1/2$	1	0	+1	-1	$\approx 10^{-10}$
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	1	2343	$1/2$	1	0	+1	-1	$\approx 10^{-10}$
		Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	0	2573	$1/2$	$1/2$	0	+1	-2	$\approx 10^{-10}$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	1	2586	$1/2$	$1/2$	0	+1	-2	$\approx 10^{-10}$
		Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	1	3273	$3/2$	0	0	+1	-3	$\approx 10^{-10}$

Основную часть элементарных частиц составляют адроны. К группе адронов относятся пионы, каоны, η -мезон, нуклоны, гипероны, а также их античастицы (в таблице приведены не все адроны). Адронам приписывают барионное число (барионный заряд) B . Адроны с $B=0$ образуют подгруппу мезонов (пионы, каоны, η -мезон), а адроны с $B=+1$ образуют подгруппу барионов (от греч. ‘барис’ — тяжелый; сюда относятся нуклоны и гипероны). Для лептонов и фотона $B=0$. Если принять для барионов $B=+1$, для антибарионов (антинуклоны, антигипероны) $B=-1$, а для всех остальных частиц $B=0$, то можно сформулировать закон сохранения барионного числа: в замкнутой системе при всех процессах взаимопревращения элементарных частиц барионное число

сохраняется. Из закона сохранения барионного числа следует, что при распаде бариона, наряду с другими частицами обязательно образуется барион. Барионы имеют спин, равный $1/2$ (только спин Ω^- гиперона равен $3/2$), т. е. барионы, как и лептоны, являются фермионами.

Таблица 7. Некоторые барионы

Частица	Кварковая структура	Масса mc^2 , МэВ	Время жизни τ (с) или ширина Γ	Спин-четность, изоспин $J^P(I)$	Основные моды распада
p	uud	938,27	$> 10^{32}$ лет	$1/2^+(1/2)$	$p\bar{e}\bar{\nu}$ $p\pi^-, p\pi^0$ $p\pi^0, p\pi^+$ $\Lambda\gamma$ $n\pi^-$ $\Lambda\pi^0$ $\Lambda\pi^-$
n	udd	939,57	$885,7 \pm 0,8$	$1/2^+(1/2)$	
Λ	uds	1116	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$1/2^+(0)$	
Σ^+	uus	1189	$0,80 \cdot 10^{-10}$	$1/2^+(1)$	
Σ^0	uds	1193	$7,4 \cdot 10^{-20}$	$1/2^+(1)$	
Σ^-	dds	1197	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$1/2^+(1)$	
Ξ^0	uss	1315	$2,9 \cdot 10^{-10}$	$1/2^+(1/2)$	
Ξ^-	dss	1321	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$1/2^+(1/2)$	
Δ^{++} Δ^+ Δ^0 Δ^-	uuu uud udd ddd	1231–1233	116–120 МэВ	$3/2^+(3/2)$	$(n \text{ или } p) + \pi$
$\Sigma(1385)^+$ $\Sigma(1385)^0$ $\Sigma(1385)^-$	uus uds dds				
$\Xi(1530)^0$ $\Xi(1530)^-$	uss dss				
Ω^-	sss	1672	$0,82 \cdot 10^{-10}$	$3/2^+(0)$	$\Lambda K^-, \Xi^0 \pi^-$
$N(1440)^+$ $N(1440)^0$	uud udd	1420–1470	200–450 МэВ	$1/2^+(1/2)$	$n(p) + \pi(2\pi), \Delta\pi$
$N(1520)^+$ $N(1520)^0$	uud udd				
Λ_c^+	udc	2286	$2,0 \cdot 10^{-13}$	$1/2^+(0)$	$(n \text{ или } p) + \text{др.}$
$\Sigma_c(2455)^{++}$ $\Sigma_c(2455)^+$ $\Sigma_c(2455)^0$	uuc udc $d\bar{d}c$	2454 2453 2454	2,2 МэВ <4,6 МэВ 2,2 МэВ	$1/2^+(1)$	$\Lambda_c^+ \pi$

Мезоны имеют спин, равный нулю, и, следовательно, являются бозонами, подчиняясь статистике Бозе — Эйнштейна. Для мезонов лептонные и барионные числа равны нулю. Подчеркнем еще раз, что для процессов взаимопревращения элементарных частиц, обусловленных сильными взаимодействиями, выполняются все законы сохранения [энергии, импульса, момента импульса, зарядов (электрического, лептонного и барионного), изоспина, странности и четности]. В процессах, обусловленных слабыми взаимодействиями, не сохраняются только изоспин, странность и четность.

Таблица 8. Некоторые мезоны

Частица	Кварко- вая структура	Масса mc^2 , МэВ	Время жизни τ (с) или ширина Γ	Спин-четность, изоспин $J^P(I)$	Основные моды распада
π^+	$u\bar{d}$	139,57	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$0^-(1)$	$\nu\mu^+$
π^-	$d\bar{u}$	139,57	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$0^-(1)$	$\bar{\nu}\mu^-$
π^0	$u\bar{u} - d\bar{d}$	134,98	$8,4 \cdot 10^{-17}$	$0^-(1)$	2γ
K^+	$u\bar{s}$	494	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$0^-(1/2)$	$\nu\mu^+, \pi^0\pi^+$
K^-	$s\bar{u}$	494	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$0^-(1/2)$	$\bar{\nu}\mu^-, \pi^0\pi^-$
K^0	$d\bar{s}$	498	$\begin{cases} 9,0 \cdot 10^{-14} K_S^0 \\ 5,1 \cdot 10^{-8} K_L^0 \end{cases}$	$0^-(1/2)$	$\pi^+\pi^-, \pi^0\pi^0$
$\bar{K}^0$	$s\bar{d}$	498		$0^-(1/2)$	$\pi^+\pi^-, \pi^0\pi^0$
η	$u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s}$	548	1,30 кэВ	$0^-(0)$	$\pi^+\pi^-, \pi^0\pi^0, 3\pi$
η'	$u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s}$	958	0,20 МэВ	$0^-(0)$	$2\gamma, 3\pi$
ρ^+	$u\bar{d}$	776	149 МэВ	$1^-(1)$	$\pi\pi$
ρ^-	$d\bar{u}$	776	149 МэВ	$1^-(1)$	$\pi\pi$
ρ^0	$u\bar{u} - d\bar{d}$	776	149 МэВ	$1^-(1)$	$\pi\pi$
ω	$u\bar{u} + d\bar{d}$	783	8,5 МэВ	$1^-(0)$	3π
ϕ	$s\bar{s}$	1019	4,3 МэВ	$1^-(0)$	$K^+K^-, K_L^0K_S^0$
D^+	$c\bar{d}$	1869	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$K + \text{др.}, e + \text{др.}, \mu + \text{др.}$
D^-	$d\bar{c}$	1869	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$K + \text{др.}, e + \text{др.}, \mu + \text{др.}$
D^0	$c\bar{u}$	1865	$4,1 \cdot 10^{-13}$	$0^-(1/2)$	$K + \text{др.}, e + \text{др.}, \mu + \text{др.}$
$\bar{D}^0$	$u\bar{c}$	1865	$4,1 \cdot 10^{-13}$	$0^-(1/2)$	$K + \text{др.}, e + \text{др.}, \mu + \text{др.}$
D_S^+	$c\bar{s}$	1968	$5,0 \cdot 10^{-13}$	$0^-(0)$	$K + \text{др.}$
D_S^-	$s\bar{c}$	1968	$5,0 \cdot 10^{-13}$	$0^-(0)$	$K + \text{др.}$
B^+	$u\bar{b}$	5279	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$D + \text{др.}, D^* + \text{др.}, \nu + \text{др.}$
B^-	$b\bar{u}$	5279	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$D + \text{др.}, D^* + \text{др.}, \nu + \text{др.}$
B^0	$d\bar{b}$	5279	$1,5 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$D + \text{др.}, D^* + \text{др.}, \nu + \text{др.}$
$\bar{B}^0$	$b\bar{d}$	5279	$1,5 \cdot 10^{-12}$	$0^-(1/2)$	$D + \text{др.}, D^* + \text{др.}, \nu + \text{др.}$
J/ψ	$c\bar{c}$	3097	93 кэВ	$1^-(0)$	адроны, $2e, 2\mu$
Υ	$b\bar{b}$	9460	54 кэВ	$1^-(0)$	$\tau^+\tau^-, \mu^+\mu^-, e^+e^-$

В последние годы увеличение числа элементарных частиц происходит в основном вследствие расширения группы адронов. Поэтому развитие работ по их классификации все время сопровождалось поисками новых более фундаментальных частиц, которые могли бы служить базисом для построения всех адронов. Гипотеза о существовании таких частиц, названных кварками, была высказана независимо друг от друга (1964) австрийским физиком Дж. Цвейгом и американским физиком-теоретиком Гелл-Маном».

Краткий курс физики Черноуцана: «Все частицы делятся на сильно взаимодействующие адроны (барионы и барионные резонансы, мезоны и мезонные резонансы), лептоны (фермионы, не участвующие в сильном взаимодействии) и фундаментальные бозоны (переносчики взаимодействий). Адронами называют частицы, участвующие в сильном взаимодействии. Адроны делятся на два больших класса— барионы (адроны с полуцелым спином, т. е. фермионы) и мезоны (адроны с целым спином, т.е. бозоны). К барионам относятся, например, нуклоны, а к мезонам — π -мезоны... Лептонами называются фермионы, не участвующие в сильных взаимодействиях. Существует три пары лептонов: электрон e^- и электронное нейтрино ν_e , мюон μ^- и мюонное нейтрино ν_μ , тау-лептон τ^- и тау-нейтрино ν_τ . Спин всех лептонов равен $1/2$. У каждого заряженного лептона есть античастица: e^+ , μ^+ и τ^+ . Окончательно не установлено, являются ли нейтрино истинно нейтральными частицами или у них есть античастицы—антинейтрино $\bar{\nu}_e$, $\bar{\nu}_\mu$, $\bar{\nu}_\tau$.

Лептоны являются фундаментальными частицами — у них не обнаружено никакой структуры. Экспериментально установлено, что каждый заряженный лептон участвует в слабых взаимодействиях в паре со своим нейтрино, например: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$, $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$, $\tau^+ \rightarrow \nu_\tau + e^+ + \nu_e$. Массы мюона и тау-лептона равны 106 МэВ и 1784 МэВ. Эти частицы нестабильны: мюон распадается по каналу $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$, время жизни мюона $2 \cdot 10^{-6}$ с, более тяжелый тау-лептон распадается по многим каналам, время жизни $5 \cdot 10^{-13}$ с. Для нейтрино можно указать только верхние границы масс: $m(\nu_e) < 30$ эВ, $m(\nu_\mu) < 0,5$ МэВ, $m(\nu_\tau) < 150$ МэВ».

Основы физики под ред. Ципенюка: «Рождение элементарных частиц является результатом взаимодействия (столкновения) высокоэнергетичных частиц между собой, т. е. они появляются в результате ядерных реакций. Это свойство элементарных частиц — релятивистский эффект, обусловленный соотношением между массой частицы m , её энергией E и импульсом p :

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4.$$

Отсюда сразу следует известное соотношение Эйнштейна $E_0 = mc^2$, означающее, что энергия покоя тела пропорциональна его массе. Тем самым массу частиц можно выражать в энергетических единицах, что и принято в физике элементарных частиц. Для стабильных или долгоживущих частиц массу определяют путем независимого измерения энергии и импульса частицы и применения первой формулы. Естественной единицей в атомной физике, как мы уже неоднократно подчеркивали, является 1 эВ. Несмотря на то, что это внесистемная единица, ею пользуются, поскольку она правильно отражает масштаб атомных явлений. В физике элементарных частиц, как и в физике высоких энергий, широко распространены производные от электронвольта единицы — мегаэлектронвольт (1 МэВ = 10^6 эВ), гигаэлектронвольт (1 ГэВ = 10^9 эВ), тераэлектронвольт (1 ТэВ = 10^{12} эВ).

Рассмотрим вначале, как расположены по энергии частицы массой примерно до 1 ГэВ. На рисунке ниже показаны расположение частиц по массам, их периоды полураспада и обозначения; стрелками изображены каналы распада частиц; для наглядности масштаб по энергии соблюден не всюду. Как видно из рисунка, частицы расположены неравномерно. Рядом с нейтроном и протоном расположены Δ^0 -частица массой 1115 МэВ и три сигмы, называемые сигма-минус, сигма-нуль и сигма-плюс, с почти одинаковыми массами около 1190 МэВ. Группы частиц почти одинаковой массы называются мультиплетами. Первый мультиплет — это пара (дублет) протон - нейтрон (нуклоны N), потом идут гипероны: синглет (одиночка) лямбда, потом — триплет (тройка) сигм.

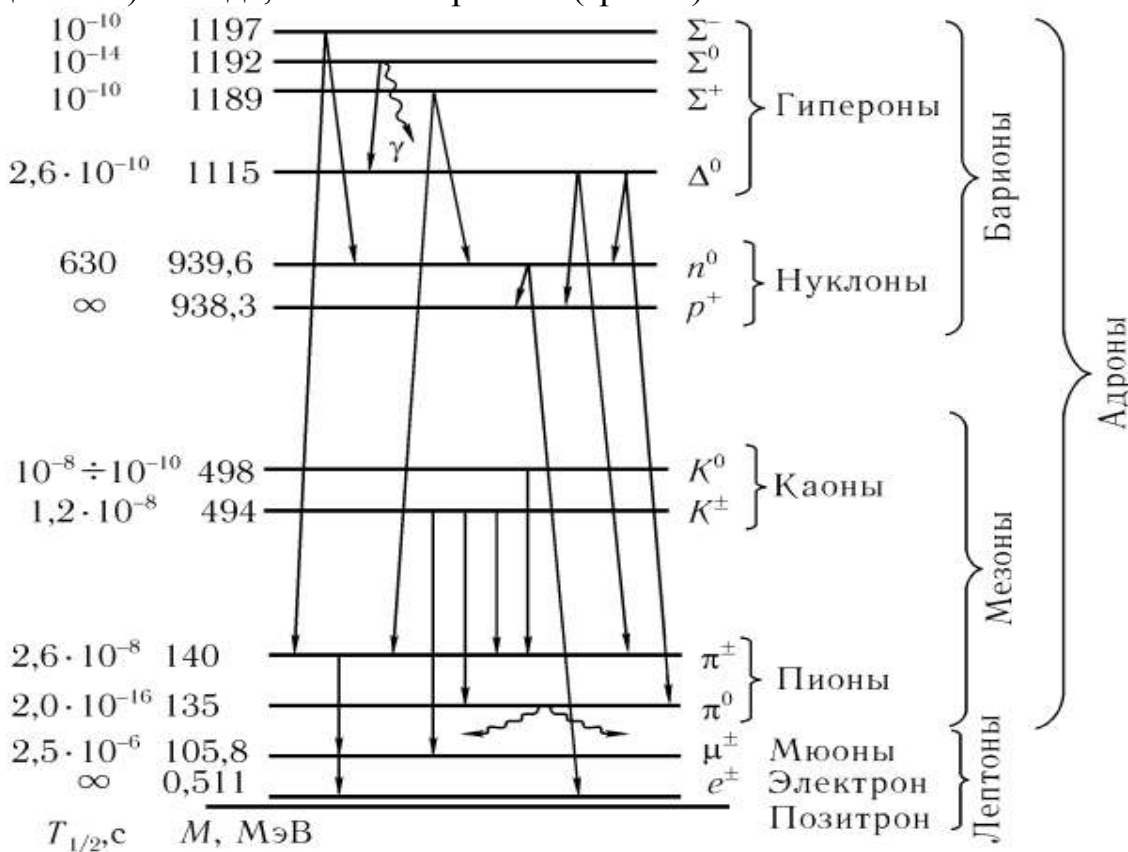


Рисунок 9-2. Сортировка элементарных частиц по массам

Частицы с меньшей, чем нейтрон и протон массой, — триплеты пионов и К-мезонов — образуют группу мезонов. Три заряженные частицы — электрон, мюон, таон (он на рисунке не уместился, так как его масса 1784 МэВ, время жизни $3 \cdot 10^{-13}$ с) и три нейтральных нейтрино — электронное, мюонное и таонное — образуют группу лептонов. В ядерных реакциях нейтрино различных сортов участвуют только в паре с соответствующими лептонами. Так, нейтрино от распада π^+ -мезона ($\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$) при взаимодействии с веществом рожают лишь отрицательные мюоны ($\nu_\mu + N \rightarrow \mu^- + \dots$) и не могут рождать лептоны μ^+ , $e^\pm$, $\tau^\pm$. Этот факт нашел свое отражение в выводе о существовании трех лептонных зарядов».

10. Заряд элементарных частиц

Энциклопедия Википедия: «Известный опыт (опыт Милликена в 1910г.) по измерению заряда электрона. Маленькая капля масла в электрическом поле будет двигаться с такой скоростью, что будут скомпенсированы сила тяжести, сила Стокса (производная от вязкости воздуха) и электрическая сила. Сила тяжести и Стокса могут быть рассчитаны исходя из размера и скорости падения капли в отсутствие электрического поля, откуда может быть определена и электрическая сила, действующая на каплю. Поскольку электрическая сила, в свою очередь, пропорциональна произведению электрического заряда и известной, заданной в эксперименте, напряжённости электрического поля, электрический заряд капли масла может быть точно вычислен. В этих опытах измеренные заряды различных капель масла оказались всегда целыми кратными одной небольшой величины, а именно:

$e = 1,6021766208(98) \cdot 10^{-19}$ Кл... Тот факт, что электрический заряд встречается в природе лишь в виде целого числа элементарных зарядов, можно назвать **квантованием электрического заряда**. При этом в классической электродинамике вопрос о причинах квантования заряда не обсуждается, поскольку заряд является внешним параметром, а не динамической переменной. Удовлетворительного объяснения, почему заряд обязан квантоваться, пока не найдено, однако уже получен ряд интересных наблюдений.

А). Если в природе существует магнитный монополю, то, согласно квантовой механике, его магнитный заряд обязан находиться в определённом соотношении с электрическим зарядом любой выбранной элементарной частицы. Отсюда автоматически следует, что существование всего одного магнитного монополя влечёт за собой квантование всех электрических зарядов во Вселенной. Однако обнаружить в природе магнитный монополю не удалось.

Б). В современной физике элементарных частиц разрабатываются модели наподобие преонной, в которых все известные фундаментальные частицы оказывались бы простыми комбинациями новых, ещё более фундаментальных частиц. В этом случае квантование заряда наблюдаемых частиц не представляется удивительным, поскольку оно возникает «по построению».

В). Не исключено также, что все параметры наблюдающихся частиц будут описаны в рамках единой теории поля, подходы к которой разрабатываются в настоящее время. В таких теориях величина электрического заряда частиц должна вычисляться из крайне небольшого числа фундаментальных параметров, возможно, связанных со структурой пространства-времени на сверхмалых расстояниях. Если такая теория будет построена, тогда то, что мы наблюдаем как элементарный электрический заряд, окажется некоторым дискретным инвариантом

пространства-времени (скажем, топологическим). Такой подход развивается, например, в модели С. Бильсона-Томпсона, в которой фермионы Стандартной модели интерпретируются, как три ленты пространства-времени, заплетённые в косу (брэд), а электрический заряд (точнее, треть от него) соответствует перекрученной на 180° ленте. Однако несмотря на изящество таких моделей, конкретных общепринятых результатов в этом направлении пока не получено».

Универсальная энциклопедия Кирилла и Мефодия: «...Считается, что этот заряд действительно элементарен, то есть он не может быть разделен на части, а заряды любых объектов являются его целыми кратными. Электрический заряд элементарной частицы является ее фундаментальной характеристикой и не зависит от выбора системы отсчета. Элементарный электрический заряд в точности равен величине электрического заряда электрона, протона и почти всех других заряженных элементарных частиц, которые тем самым являются материальными носителями наименьшего заряда в природе. Существует положительный и отрицательный элементарный электрический заряд, причем элементарная частица и ее античастица имеют заряды противоположных знаков. Носителем элементарного отрицательного заряда является электрон, масса которого $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг. Носителем элементарного положительного заряда является протон, масса которого $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Тот факт, что электрический заряд встречается в природе лишь в виде целого числа элементарных зарядов, можно назвать квантованием электрического заряда. Почти все заряженные элементарные частицы имеют заряд e^- или e^+ (исключение — некоторые резонансы с зарядом, кратным e); частицы с дробными электрическими зарядами не наблюдались, однако в современной теории сильного взаимодействия — квантовой хромодинамике — предполагается существование частиц — кварков — с зарядами, кратными $\frac{1}{3} e$. Элементарный электрический заряд не может быть уничтожен; этот факт составляет содержание закона сохранения электрического заряда на микроскопическом уровне. Электрические заряды могут исчезать и возникать вновь. Однако всегда возникают или исчезают два элементарных заряда противоположных знаков. Величина элементарного электрического заряда является константой электромагнитных взаимодействий и входит во все уравнения микроскопической электродинамики».

11. Поиски физического смысла заряда

В разных разделах физики можно получить разные ответы на вопрос о сущности электрического заряда частицы. Нас интересует истинно физический смысл, процессы, происходящие по реальным законам макромира, а не абстрактная математизация. С точки зрения классической электродинамики, заряды бывают двух видов, положительные и отрицательные, разноименные заряды притягиваются, а одноименные отталкиваются. То есть, здесь заряд есть некая неизвестная в подробностях способность тела, им обладающего, притягивать либо отталкивать другое тело, также наделенное зарядом. В квантовой электродинамике ответ звучит уже по-другому. Там заряд есть способность частицы излучать и поглощать γ -кванты. Частицы, обменивающиеся γ -квантами, будут либо притягиваться, либо отталкиваться. В любом случае, с точки зрения официальной науки, заряд - это фундаментальное первичное свойство, которое не может быть объяснено никакими другими свойствами, оно у частицы либо есть, либо нет. В подтверждение сказанного выше открываем энциклопедию “Википедия”: «Элементарный электрический заряд - минимальная порция (квант) электрического заряда... Любой наблюдаемый в эксперименте электрический заряд всегда кратен элементарному. Такое предположение было высказано Б. Франклином в 1752г. и в дальнейшем неоднократно проверялось экспериментально... Тот факт, что электрический заряд встречается в природе лишь в виде целого числа элементарных зарядов, можно назвать квантованием электрического заряда. Заметим, что в классической электродинамике вопрос о причинах квантования заряда не обсуждается, поскольку заряд является внешним параметром, а не динамической переменной. Удовлетворительного объяснения, почему заряд обязан квантоваться, пока не найдено... поиски свободных объектов с дробным электрическим зарядом, проводимые различными методиками в течение длительного времени, не дали результата».

Теперь откроем энциклопедию “Энциклопедический словарь”: «Элементарный электрический заряд - минимальный электрический заряд, положительный или отрицательный, величина которого $e \approx 4,8 \cdot 10^{-10}$ единиц СГСЭ, или $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Почти все заряженные элементарные частицы имеют заряд $+e$ или $-e$ (исключение — некоторые резонансы с зарядом, кратным e); частицы с дробными электрическими зарядами не наблюдались, однако в современной теории сильного взаимодействия — квантовой хромодинамике — предполагается существование кварков — частиц с зарядами, кратными $\frac{1}{3}e$... Благодаря опытам М. Фарадея по электролизу величина элементарного заряда была вычислена в 1834г. На существование элементарного электрического заряда также указал в 1874г. английский ученый Дж. Стони. Он же ввел в физику понятие «электрон» и предложил способ вычисления значения элементарного заряда. Впервые экспериментально элементарный электрический заряд был измерен

Р.Миллиkenом в 1908г. Материальными носителями элементарного электрического заряда в природе являются заряженные элементарные частицы. Электрический заряд любой микросистемы и макроскопических тел всегда равен алгебраической сумме элементарных зарядов, входящих в систему, то есть целому кратному от величины e (или нулю)... Считается, что этот заряд действительно элементарен, то есть он не может быть разделен на части, а заряды любых объектов являются его целыми кратными. Электрический заряд элементарной частицы является её фундаментальной характеристикой и не зависит от выбора системы отсчета. Элементарный электрический заряд в точности равен величине электрического заряда электрона, протона и почти всех других заряженных элементарных частиц, которые тем самым являются материальными носителями наименьшего заряда в природе. Существует положительный и отрицательный элементарный электрический заряд, причем элементарная частица и ее античастица имеют заряды противоположных знаков... Элементарный электрический заряд не может быть уничтожен; этот факт составляет содержание закона сохранения электрического заряда на микроскопическом уровне. Электрические заряды могут исчезать и возникать вновь. Однако всегда возникают или исчезают два элементарных заряда противоположных знаков. Величина элементарного электрического заряда является константой электромагнитных взаимодействий и входит во все уравнения микроскопической электродинамики».

Попытки объяснения физического смысла заряда были предприняты Александром Шпильманом: «...А вот заряд электрона будет самым твердым орешком. Но все же попробуем разобраться, что означает выражение: электрон обладает зарядом. Это означает, что электрическое поле вокруг электрона направлено со всех сторон преимущественно к его центру. Попробуем это получить. Возьмем два цилиндрических постоянных магнита и закрутим их против часовой стрелки вокруг своих осей. Теперь допустим, что вместе с магнитами вокруг их осей закрутятся и их магнитные поля. Тогда движущееся магнитное поле вызовет появление электрического поля, которое будет преимущественно направлено к центру магнитов, т.е. получим некоторый аналог электрического поля заряда».

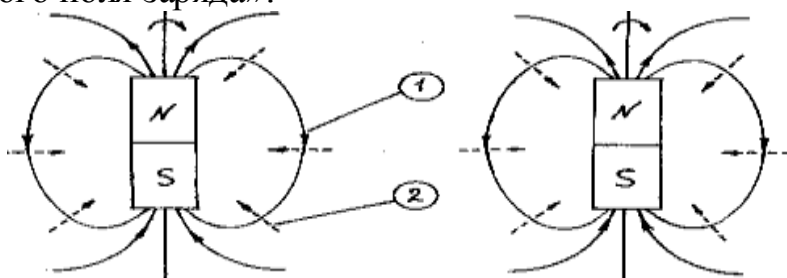


Рисунок 11-1. Механическая модель электрона Шпильмана (1-магнитное поле, 2-электрическое)

Но тут же он пишет: «Но вот только...напряженность электрического поля получается неоднородной, т.е. имеется большой квадрупольный момент. Максимум напряженности электрического поля будет при углах θ равных 45 и 135 градусам. И еще один крупный недостаток - напряженность магнитного поля по своей энергии сравнима с энергией электрического поля, а у электрона энергия магнитного поля значительно меньше. Попробуем уменьшить напряженность магнитного поля. Для этого перевернем второй магнит на 135 градусов и сложим мысленно два вращающихся вокруг своих осей магнита так, чтобы их центры совпали. При этом магнитное поле почти полностью компенсируется, напряженность электрического поля удваивается, а квадрупольный момент уменьшается, т.е. электрическое поле станет более однородным. Остаточный магнитный момент есть ни что иное, как магнитный момент электрона... Построенная модель, хотя и отражает некоторые свойства электрона, но, тем не менее, довольно-таки груба. Попробуем заменить наши два постоянных магнита на две спиральные ЭМ- волны (рис. ниже) движущиеся к центру, завитые в противоположные стороны (с направленным вдоль спиралей к центру вектором электрического поля) и с осями вращения, направленными в пространстве так же, как были направлены магниты (под 135 градусов между осями). Теперь проводим аналогию с нашей моделью фотона, т.е., на переднем фронте ЭМ волны,двигающейся к центру, имеем $\epsilon > \epsilon_0$ и скорость $U < c$, а на заднем фронте ЭМ волны имеем $0 < \epsilon < \epsilon_0$ и скорость $U > c$. При этом на переднем фронте ЭМ волны ЭМ энергия двигается к центру, а на заднем фронте ЭМ волны ЭМ энергия двигается вдоль фронта волны от центра. Равенство этих потоков энергии - необходимое условие для стабильного существования нашей модели. И, если мы рассуждаем правильно, то этот островок стабильности соответствует энергии покоя электрона».

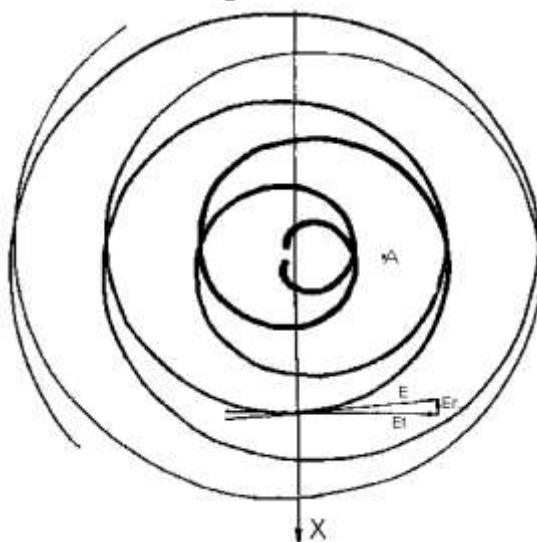


Рисунок 11-2. Электромагнитно-волновая модель электрона Шпильмана

Некоторые представления о сущности элементарного заряда высказал Гришаев: «По прошествии нескольких столетий активного

изучения электрических явлений, официальная физика не может сказать о сущности электрического заряда ничего сверх того, что заряды бывают двух типов, причём разноимённые заряды притягиваются, а одноимённые – отталкиваются. Такой уровень понимания имелся уже в самом начале эпохи изучения электричества, и до сих пор серьёзного продвижения в этом вопросе не произошло. О каком-то важном изъяне в традиционном подходе к электричеству свидетельствует следующее противоречие с законом сохранения энергии. Считается, что каждая пара элементарных зарядов, при отсутствии экрана между ними, испытывает электромагнитное взаимодействие. На ядерных масштабах энергия кулоновского взаимодействия такой пары сравнима с величиной $m_e c^2$, где m_e – масса электрона, c – скорость света. Казалось бы, при аннигиляции электрон-позитронной пары эта энергия должна превращаться в другие формы. Однако, энергии γ -квантов, являющихся продуктами аннигиляции, свидетельствуют: при таком превращении освобождается энергия $2m_e c^2$, т.е. сумма собственных энергий электрона и позитрона. Выходит, что сравнимая с этой величиной энергия кулоновского взаимодействия аннигилирующей пары исчезает бесследно. Более того, по всем канонам электродинамики, как классической, так и квантовой, у каждой заряженной частицы имеется индивидуальная энергия, обусловленная наличием заряда: ведь считается, что этот заряд в частице как-то распределён, и его “кусочки” – хоть классически, хоть квантово – взаимодействуют друг с другом. Выходит, что и эта индивидуальная зарядовая энергия частиц (со всеми её недорезанными бесконечностями) бесследно исчезает при аннигиляции. Вышеназванные, а также другие электрические парадоксы можно разрешить без противоречий с законом сохранения энергии – в предположении, что, в отличие от массы, электрический заряд не является энергетической характеристикой...»

Разные авторы безуспешно пытались найти вразумительную модель элементарного заряда. К примеру, Шульман не смог найти физический смысл заряда и честно признаётся: «Что такое заряд, что удерживает части заряда от разлетаия, чем обусловлено движение заряженной проточастицы по окружности – мы не знаем, это приходится принять как свойства, подлежащие дальнейшему исследованию... Неизвестным остается и “механизм” взаимодействия зарядов».

Видать, отчаявшись найти физический смысл заряда, Юлианов заявил, что зарядов не существует: «Чтобы привести экспериментальное доказательство того, что у электронов нет никакого заряда, достаточно вспомнить работу электронной лампы. В радиоэлектронной лампе катод разогревается настолько, что возникает явление термоэлектронной эмиссии. Если на анод лампы не подать напряжения, то все электроны образуют так называемое облако электронов вблизи катода и никуда при этом не движутся... в каждом учебнике написано, что электроны не движутся к аноду, пока на него не подадут соответствующее напряжение. Но это положение никогда не было в достаточной мере осмыслено».

Похоже, что Юлиановым тоже «никогда не было в достаточной мере осмыслено», что облако электронов около разогретого катода толчётся по причине кулоновского притяжения к протонам атомных ядер катода.

Цапурин определение заряда вывел из формулы напряжённости электрического поля: «под электрическим зарядом понимается всего лишь свойство определённого электромагнитного образования создавать в окружающем пространстве электрическую напряженность, которая в соответствии с теоремой Остроградского – Гаусса в математическом виде определяется формулой

$$E = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}; \quad \text{откуда следует} \quad q = 4\pi \cdot r^2 \cdot E, \text{ где}$$

$4\pi \cdot r^2$ - площадь условной сферы, заключающей объём элем. частицы.

E - напряжённость электрического поля на поверхности этой сферы.

Из формулы можно заключить, что под электрическим зарядом в действительности нужно понимать количественную меру электрического поля, заключённого в определённой области пространства, например, М.Фарадей называл это количеством электричества».

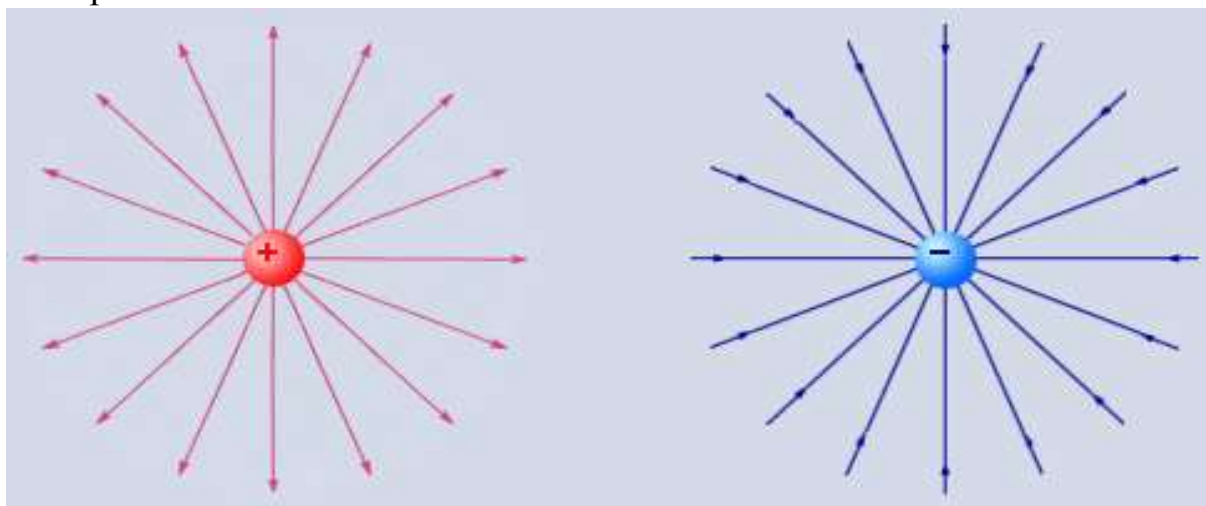


Рисунок 11-3. Напряжённости эл. полей зарядов

Наиболее конкретное определение физического заряда даёт Алиманов: «...заряд, согласно электродинамике, это величина электрического потока Φ_e , так как измерение заряда - это измерение электрического потока, кулон – это количество электрического потока».

12. Спин элементарных частиц

Энциклопедия Википедия: *«Спин* — собственный момент импульса, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого. Спин измеряется в единицах $\hbar$ (приведённой постоянной Планка, или постоянной Дирака) и равен $\hbar J$, где J — характерное для каждого сорта частиц целое (в том числе нулевое) или полуцелое положительное число — так называемое спиновое квантовое число, которое обычно называют просто спином (одно из квантовых чисел). В связи с этим говорят о целом или полуцелом спине частицы. Существование спина в системе тождественных взаимодействующих частиц является причиной нового квантово-механического явления, не имеющего аналогии в классической механике: обменного взаимодействия. Вектор спина является единственной величиной, характеризующей ориентацию частицы в квантовой механике. Из этого положения следует, что: при нулевом спине у частицы не может существовать никаких векторных и тензорных характеристик; векторные свойства частиц могут описываться только аксиальными векторами; частицы могут иметь магнитные дипольные моменты и не могут иметь электрических дипольных моментов; частицы могут иметь электрический квадрупольный момент и не могут иметь магнитный квадрупольный момент; отличный от нуля квадрупольный момент возможен лишь у частиц при спине, не меньшем единицы. Спиновый момент электрона или другой элементарной частицы, однозначно отделённый от орбитального момента, никогда не может быть определён посредством опытов, к которым применимо классическое понятие траектории частицы. ...Любая частица может обладать двумя видами углового момента: орбитальным угловым моментом и спином. В отличие от орбитального углового момента, который порождается движением частицы, спин не связан с движением в пространстве. Спин — это внутренняя, исключительно квантовая характеристика, которую нельзя объяснить в рамках релятивистской механики. Если представлять частицу (например, электрон) как вращающийся шарик, а спин как момент, связанный с этим вращением, то оказывается, что поперечная скорость движения оболочки частицы должна быть выше скорости света, что недопустимо с позиции релятивизма».

Элементарный учебник физики Ландсберга: «Опыты показывают, что электрон, протон, нейтрон, как и многие другие частицы, являются миниатюрными вращающимися волчками, или, как говорят, обладают спином. Хотя спин — это свойство, сходное с вращением вокруг оси, проходящей через центр масс частицы, полной аналогии здесь нет — спиновое вращение, например, нельзя ускорить или замедлить. Особенности свойств спина обусловлены волновой природой частиц. Вращение заряженной частицы приводит к появлению кругового тока, который придает частице свойства магнетика. И действительно, известны многочисленные проявления магнетизма электронов и протонов. Так, например, столь широко используемая в технике

способность железа намагничиваться является следствием спинового магнетизма электронов. Магнетизм протонов гораздо слабее, но также получил практические применения. Более удивительно, что и нейтрон обнаруживает свойства магнетика. Это означает, что в нейтроне содержатся электрические заряды. Так как в целом нейтрон не заряжен, алгебраическая сумма положительного и отрицательного заряда равна нулю. Но если заряды двух знаков расположены на разных расстояниях от оси вращения, то магнитные поля, создаваемые их движением, компенсироваться не будут, и нейтрон будет намагничен».

Учебник физики Ориа: «Каждая частица обладает определенным, присущим ей собственным моментом импульса J , который называется спином (от англ. to spin крутиться). Образ частицы-волчка был взят из классической физики. Действительно, если массивная частица-шарик вращается вокруг любой оси, проходящей через центр, то она обладает моментом импульса относительно этой оси. В микромире действуют законы квантовой физики, поэтому классический образ вращающейся частицы не отражает всех свойств спина. Спин - чисто квантовая характеристика элементарной частицы, не имеющая буквального классического аналога. Спин измеряется в единицах постоянной Планка $\hbar$ и может принимать в этих единицах только либо целые, либо полуцелые значения. ... Точный смысл утверждения, что спин частицы равен J , заключается в следующем. Выберем произвольную ось в пространстве (ось квантования). Когда говорят, что спин частицы равен J (момент импульса, а следовательно, и спин, являются векторами, и величина J связана с модулем вектора спина), это буквально означает, что проекция вектора спина на выбранную ось z может принимать только дискретный набор значений $J_z = J, J-1, \dots, -J+1, -J$ (всего $2J+1$ значение). Таким образом, когда говорят, что спин электрона равен $1/2$, это означает, что проекция спина электрона на ось z равна либо $+1/2$, либо $-1/2$ (в единицах $\hbar$). Квантование момента импульса и спина (существование только дискретного набора проекций на выбранную ось) есть проявление специфических квантовых закономерностей в микромире. ... В группу частиц спина $J=1/2$ входят фундаментальные составляющие материи лептоны и кварки. В группу частиц спина $J=1$ входят частицы переносчики взаимодействий: фотон, промежуточные бозоны W , Z и глюоны. Особняком стоит бозон Хиггса со спином $J=0$. Наличие этой частицы требуется для самосогласованности Стандартной модели, но она еще не обнаружена на опыте. Теория предсказывает и существование кванта гравитационного взаимодействия гравитона спина $J=2$ ».

13. Магнитный момент элементарных частиц

Частицы и атомные ядра Ишханова: «Система движущихся зарядов (токов) взаимодействует с магнитным полем. Энергия этого взаимодействия равна $-\vec{\mu} \cdot \vec{H}$, где $\vec{H}$ - напряжённость магнитного поля, а $\vec{\mu}$ - магнитный дипольный момент системы. Классическое определение магнитного дипольного момента частицы с массой m и зарядом q в гауссовой системе единиц: $\vec{\mu} = (q/(2mc)) * [\vec{r} \times \vec{p}] = (q/(2mc)) * \vec{L}$. В микромире аналогом классического момента $\vec{\mu}$ является магнитный момент орбитального движения:

$$\vec{\mu}_L = (q\hbar/(2mc)) * (1/\hbar) * \vec{L}, \text{ где } q\hbar/(2mc) - \text{магнетон.}$$

Если выражать в $\vec{\mu}_L$ магнетонах, а $\vec{L}$ в $\hbar$, то

$$\vec{\mu}_L [\text{магнетон}] = \vec{L} [\hbar].$$

Обобщая на случай магнитного момента, возникающего за счёт спина, запишем его в виде $\vec{\mu}_S = g_S (q\hbar/(2mc)) * (1/\hbar) * \vec{S}$, или

$$\vec{\mu}_S [\text{магнетон}] = g_S \vec{S} [\hbar],$$

где g_S – безразмерная константа (спиновый гиромагнитный множитель), учитывающая отклонение собственного (спинового) магнитного момента от классического (орбитального). В значении g_S скрыта информация о структуре частицы. Дираком было показано, что точечная заряженная частица со спином $1/2$, массой m и зарядом q (например, электрон) имеет величину собственного магнитного момента $\mu_S = q\hbar/(2mc)$, то есть для неё $g_S = 2$. Отклонение g_S от этой величины для частицы со спином $1/2$ говорит о внутренней структуре (неточечности) частицы. Экспериментальное определение g_S и их объяснение – важная задача субатомной физики. Возникновение орбитального и спинового магнетизма частицы иллюстрируется на рисунке ниже.

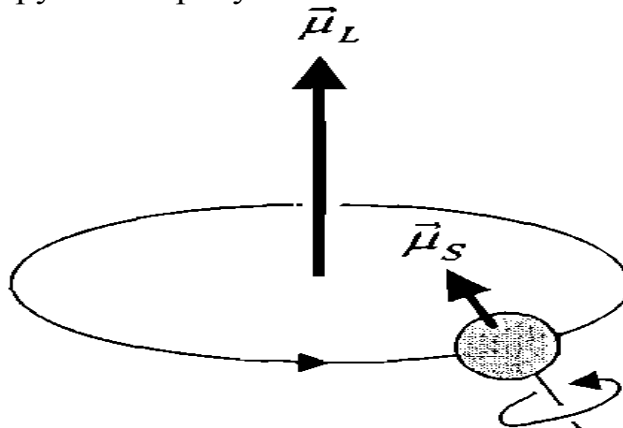


Рисунок 13-1. Орбитальный и спиновый магнитные моменты частицы

Обобщая, вводят и орбитальные гиромагнитные множители g_L , которые для электрона и протона, очевидно, равны 1, а для нейтральных частиц – 0. Для протона $g_S = 5,568$; для нейтрона $g_S = -3,826$, что говорит о сложной структуре нуклонов».

14. Другие характеристики элементарных частиц

Краткий курс физики Черноуцана: «Все характеристики частиц можно разбить на две группы: геометрические характеристики, связанные со свойствами пространства-времени (масса, спин, пространственная четность), и внутренние квантовые числа, отражающие симметрию фундаментальных взаимодействий (заряд, барионный заряд, лептонный заряд, изоспин, странность, очарование и некоторые другие). С каждой из этих характеристик связан какой-нибудь закон сохранения, и имеет смысл их обсуждать совместно. Некоторые законы сохранения считаются абсолютно точными, другие — приближенными, верными для определенного класса реакций. Некоторые из приближенных законов сохранения нарушаются только слабыми взаимодействиями (в процессах, определяемых слабыми взаимодействиями), другие — и слабыми, и электромагнитными взаимодействиями. Законы сохранения позволяют предсказать возможность или невозможность распадов и реакций, понять, какие времена им соответствуют, предсказать существование новых частиц и указать условия их рождения. Отметим, что в квантовой теории действует принцип ‘возможно все, что не запрещено законами сохранения’, что делает применение этих законов особенно эффективным.

Масса частицы и закон сохранения энергии-импульса. Масса частицы m является ее важнейшей характеристикой. Все элементарные частицы имеют различные массы. Соотношение Эйнштейна связывает массу частицы с ее энергией покоя. Законы сохранения энергии и импульса являются следствием однородности времени и пространства. Они играют важную роль при анализе реакций. Из закона сохранения энергии, например, следует, что распад нестабильной частицы может идти только по таким каналам, где сумма масс рожденных частиц меньше массы исходной частицы. Другой пример: закон сохранения импульса запрещает аннигиляцию электрон-позитронной пары с образованием одного γ -кванта (в системе центра масс импульс пары равен нулю). Законы сохранения энергии и импульса позволяют вычислить порог произвольной реакции (не запрещенной другими законами сохранения).

Спин частицы и закон сохранения момента импульса. Спин частицы определяет, какой статистике она подчиняется — Ферми-Дирака (полуцелый спин) или Бозе-Эйнштейна (целый спин). Спин адрона складывается из спинов и орбитальных моментов составляющих его кварков. Спин частицы задает единственное выделенное направление в системе отсчета, где она покоится. Закон сохранения момента импульса является следствием изотропности пространства. Применение этого закона для анализа реакции затрудняется тем, что спины складываются по правилу сложения моментов. Например, полный угловой момент системы двух частиц со спином 1 может быть равен нулю. Однако легко установить, является ли полный момент целым или полуцелым. Этого часто достаточно, чтобы закрыть возможность какой-либо реакции. Пример:

безнейтринный распад нейтрона на две частицы — протон и электрон — запрещен законом сохранения момента импульса.

Четность. Четность (точнее, пространственная четность) частицы P является чисто квантовым понятием. Она показывает, как ведет себя волновая функция частицы при пространственной инверсии — замене x на $(-x)$, y на $(-y)$, z на $(-z)$. Возможны два результата: волновая функция не меняется (положительная четность, $P = +1$) или изменяет знак (отрицательная четность, $P = -1$). Четность — внутренняя характеристика частицы (как заряд, спин и др.). Электрон, протон, нейтрон имеют четность $P=1$, а фотон и π -мезоны — четность $P = -1$. Четность любого кварка равна $P=1$, четность антикварка $P = -1$. Четность составной частицы (в состоянии с нулевым орбитальным моментом) равна произведению четностей составляющих ее частиц. Долгое время предполагалось, что пространственная четность должна сохраняться во всех реакциях. Дело в том, что закон сохранения четности является следствием утверждения об инвариантности процессов относительно пространственной инверсии, или, что то же самое, относительно зеркального отражения, так как инверсия сводится к отражению и повороту (например, отражению относительно плоскости XY и повороту на 180° относительно оси Z). Считалось очевидным, что все процессы в обычном и «зазеркальном» мирах должны подчиняться одним и тем же физическим законам. Однако впоследствии было установлено, что это утверждение неверно для процессов, определяемых слабыми взаимодействиями. Нарушение четности было предсказано Ц. Ли и Ч. Янгом в 1956 г. и чуть позже подтверждено в опытах Ву Цзянь-сун. В этих опытах было показано, что при β -распаде электроны испускаются преимущественно в направлении, противоположном спину ядра. Поскольку при отражении спин ядра изменяет свое направление, то в зазеркальном мире электроны испускаются преимущественно в направлении спина.

СРТ-симметрия. В этом же опыте наблюдается нарушение еще одной симметрии (ее называют зарядовой, или C -симметрией) — относительно замены всех частиц на античастицы. Получалось, что в «антимире» позитроны будут вылетать преимущественно в направлении спина. Однако если произвести оба преобразования — пространственное отражение и замену частиц античастицами — то процесс опять перейдет сам в себя. Некоторое время считалось, что такая «комбинированная» CP -симметрия является абсолютно точной. Однако затем были обнаружены слабые процессы, протекающие с нарушением CP -симметрии. В настоящее время абсолютно точной считается только CPT -симметрия, где вместе с описанными преобразованиями одновременно производится отражение времени. Эта симметрия следует из основных свойств пространства и времени и строго доказывается в квантовой теории поля (так называемая CPT -теорема). Этой симметрии достаточно для доказательства равенства масс и времен жизни частицы и античастицы.

Лептонные заряды L_e, L_μ, L_τ . Экспериментально установлено, что в любых процессах разность между числом лептонов и числом антилептонов данного вида сохраняется. В соответствии с этим были введены три лептонных заряда — L_e, L_μ, L_τ . Для e^- и ν_e считается $L_e = 1$, соответственно для их античастиц $L_e = -1$, а для всех остальных частиц $L_e = 0$. Точно так же поступают с двумя другими зарядами. Лептонные заряды сохраняются во всех процессах (при доступных в настоящее время энергиях). Оставшиеся законы сохранения относятся к миру адронов. Введенные эмпирически, они находят объяснение в рамках кварковой модели.

Барионный заряд B . Экспериментально установлено, что в любых процессах сохраняется разница между числом барионов и числом антибарионов. Соответственно каждому бариону стали приписывать барионный заряд $B = 1$, антибарионам $B = -1$, всем мезонам $B = 0$. Барионный заряд сохраняется во всех процессах (при доступных в настоящее время энергиях). Если приписать всем кваркам заряд $B = 1/3$ (а антикваркам $B = -1/3$), то закон сохранения барионного заряда сводится к сохранению числа кварков (разности между кварками и антикварками).

Странность. Когда были открыты первые гипероны, выяснились некоторые странные особенности их поведения. Во-первых, хотя рождение гиперонов происходило при столкновениях нуклонов высоких энергий, т.е. с участием сильных взаимодействий, они распадались за времена $\sim 10^{-10}$ с, соответствующие слабым взаимодействиям. Во-вторых, гипероны никогда не рождались поодиночке. Например, при столкновении протонов Λ -гиперон рождался только совместно с K^+ мезоном или Σ^+ -гипероном, но никогда с K^- мезоном или Σ^- гипероном. Для объяснения этих особенностей этим частицам было приписано новое квантовое число странность S , которое сохраняется в сильных и электромагнитных взаимодействиях, а в слабых взаимодействиях может изменяться на ± 1 . Для объяснения экспериментов частицам $\Lambda^0, \Sigma^0, \Sigma^-$ и K^- была присвоена странность $S = -1$, Ξ гиперонам — странность $S = -2$, Ω^- гиперону — странность $S = -3$. В кварковой модели адронов носителем странности считается кварк аромата s (ему приписывается $S = -1$, для всех остальных кварков $S = 0$). Медленность распадов, связанных с изменением странности, объясняется тем, что изменение аромата кварка $s \rightarrow u$ может происходить только в слабых взаимодействиях, при испускании W^- бозона или поглощении W^+ бозона.

Очарование C , красота b . Совершенно аналогично странности вводятся квантовые числа очарование (charm) (c -кварку приписывается $C = 1$), красота (beuty) (b -кварку присваивается $b = 1$). Последнему, самому тяжелому, t -кварку соответствует квантовое число t (truth - истинность). Аналогично странности, квантовые числа C, b и t сохраняются в сильных реакциях, но могут изменяться в слабых реакциях.

Изотопический спин T . Изотопический спин был введен в ядерной физике и сыграл важную роль в классификации основных и возбужденных

состояний ядер. Введение этого необычного квантового числа (которому нет аналога в классической физике) отражает предположение о зарядовой независимости ядерных сил, т. е. о тождественном совпадении этих сил в парах n - n , n - p , p - p в одинаковых пространственных и спиновых состояниях. Для описания зарядовой независимости вводят вектор изотопического спина T , который имеет для обоих нуклонов значение $T = 1/2$, но разную проекцию: $T_z = 1/2$ для протона и $T_z = -1/2$ для нейтрона. Таким образом, два нуклона образуют изотопический дублет. Ядерное взаимодействие считается независимым от «направления» вектора T , т. е. с точностью до электромагнитного взаимодействия пространство изотопического спина изотропно (свойства системы не меняются при вращении вектора T). Сложение изотопических спинов в системе из нескольких нуклонов производится по тем же правилам, что и сложение угловых моментов. Ядра с одинаковым числом нуклонов (изобары) и с одинаковыми значениями T образуют ядерный мультиплет из $2T + 1$ ядер с разными T_z , т. е. разными зарядами, все члены которого обладают близкими свойствами. Например, ядра $^{10}_6\text{C}$, $^{10}_5\text{B}$ (в возбужденном состоянии) и $^{10}_4\text{Be}$ образуют изотопический триплет с $T=1$, а ^4_2He является изотопическим синглетом ($T=0$). В основном состоянии ядро имеет минимально возможное значение T при заданной проекции T_z (которая вычисляется по его составу); например, основное состояние $^{10}_5\text{B}$ имеет $T=0$. Изотопический спин играет важную роль в мире элементарных частиц, в частности, для классификации адронов. Барионы и мезоны разбиваются на мультиплеты с близкими свойствами, причем число частиц в мультиплете связано с изотопическим спином соотношением $N=2T+1$. Так, три π -мезона образуют триплет с $T = 1$, K^0 - и K^+ -мезоны — дублет с $T=1/2$, три Σ -гиперона — триплет с $T=1$, четыре Δ -гиперона имеют $T=3/2$, Λ^0 -гиперон — единственный член синглета с $T = 0$. Члены мультиплета различаются между собой проекцией изотопического спина T_z . В модели кварков наличие мультиплетов объясняется тем, что u - и d -кварки обладают близкими массами и различаются только зарядами. Этим кваркам приписывается значение $T = 1/2$, причем для u -кварка $T_z = 1/2$, а для d -кварка $T_z = -1/2$. Для остальных кварков принимается $T=0$. Изотопический спин адронов вычисляется по правилам сложения угловых моментов. Так, например, дублет K -мезонов имеет кварковый состав us и ds . При сложении двух изотопических спинов $1/2$ может получиться или изотопический спин $T=0$ ($T_z=0$), или изотопический спин $T = 1$ ($T_z = -1$, $T_z = 0$, $T_z = 1$). Первому состоянию соответствует гиперон $\Lambda^0 = uds$ (изотопический синглет), а изотопический триплет образуется гиперонами $\Sigma^- = dds$, $\Sigma^0 = uds$, $\Sigma^+ = uus$. В реакциях, определяемых сильными взаимодействиями, действует закон сохранения изотопического спина — сохраняются T и T_z .

15. Волновые свойства частиц

Квантовая физика Иродова: «Луи де-Бройль (1923) высказал и развил идею о том, что материальные частицы должны обладать и волновыми свойствами. К тому времени уже сложилась парадоксальная, но подтверждённая опытом, ситуация о свете: в одних явлениях (интерференция, дифракция и др.) свет проявляет себя как волны, в других явлениях с не меньшей убедительностью – как частицы. Это и побудило де-Бройля распространить подобный корпускулярно-волновой дуализм на частицы с массой покоя, отличной от нуля. Если с такой частицей связана какая-то волна, можно ожидать, что она распространяется в направлении скорости $\mathbf{v}$ частицы. О природе этой волны ничего определённого де-Бройлем не было высказано. Не будем и мы пока выяснять их природу, хотя сразу же подчеркнём, что эти волны не электромагнитные. Они имеют, как мы увидим далее, специфическую природу, для которой нет аналога в классической физике. Итак, де-Бройль высказал гипотезу, что соотношение $p = \hbar\omega/c$, относящееся к фотонам, имеет универсальный характер. Т.е. для всех частиц длина волны

$$\lambda = (h/p) = (2\pi\hbar/p).$$

Эта формула получила название формулы де-Бройля, а λ - дебройлевской длины волны частицы с импульсом p . Де-Бройль также предположил, что пучок частиц, падающих на двойную щель, должен за ними интерферировать. Вторым соотношением является связь между энергией частицы и частотой дебройлевской волны

$$E = \hbar\omega$$

В принципе энергия E определена всегда с точностью до прибавления произвольной постоянной (в отличие от ΔE), следовательно частота ω является принципиально ненаблюдаемой величиной (в отличие от дебройлевской длины волны). С частотой ω и волновым числом k связаны две скорости – фазовая v_ϕ и групповая u :

$$v_\phi = \omega/k \quad u = \partial\omega/\partial k.$$

Умножив числитель и знаменатель обоих выражений на $\hbar$, получим:

$$\hbar\omega = E \quad \hbar k = 2\pi\hbar/\lambda = 2\pi\hbar/(2\pi\hbar/p) = p.$$

Ограничимся рассмотрением только нерелятивистского случая. Полагая $E = p^2/2m$ (кинетическая энергия), перепишем соотношения в иной форме:

$$v_\phi = E/p \quad u = \partial(E)/\partial p = \partial(p^2/2m)/\partial p = p/m = v$$

Отсюда видно, что групповая скорость равна скорости частицы, т.е. является принципиально наблюдаемой величиной, в отличие от v_ϕ - из-за неоднозначности E . Из первой формулы следует, что фазовая скорость дебройлевских волн $v_\phi = E/p = E/\sqrt{2mE} = \sqrt{E/2m} = \sqrt{\hbar\omega/2m}$,

т.е. зависит от частоты ω , а значит дебройлевские волны обладают дисперсией даже в вакууме. Далее будет показано, что в соответствии с современной физической интерпретацией фазовая скорость дебройлевских

волн имеет чисто символическое значение, поскольку эта интерпретация относит их к числу принципиально ненаблюдаемых величин...

Установление того факта, что групповая скорость дебройлевских волн равна скорости частицы, сыграло в своё время важную роль в развитии принципиальных основ квантовой физики, и в первую очередь в физической интерпретации дебройлевских волн. Сначала была сделана попытка рассматривать частицы как волновые пакеты весьма малой протяжённости и таким образом решить парадокс двойственности свойств частиц. Однако подобная интерпретация оказалась ошибочной, так как все составляющие пакет гармонические волны распространяются с разными фазовыми скоростями. При наличии большой дисперсии, свойственной дебройлевским волнам даже в вакууме, волновой пакет 'расплывается'. Для частиц с массой порядка массы электрона пакет расплывается практически мгновенно, в то время как частица является стабильным образованием. Таким образом, представление частицы в виде волнового пакета оказалось несостоятельным. Проблема двойственности свойств частиц требовала иного подхода к своему решению. Вернёмся к гипотезе де-Бройля. Выясним, в каких явлениях могут проявиться волновые свойства частиц, если они, эти свойства, действительно существуют. Мы знаем, что независимо от физической природы волн – это интерференция и дифракция. Непосредственно наблюдаемой величиной в них является длина волны. Во всех случаях дебройлевская длина волны определяется формулой $\lambda = (h/p) = (2\pi\hbar/p)$.

Возьмём в качестве макроскопического объекта, например, пылинку, считая, что её масса $m=1\text{мг}$ и скорость $v=1\text{мкм/с}$. Соответствующая ей дебройлевская длина волны $\lambda=7\cdot 10^{-20}\text{ см}$. Т.е. даже у такого небольшого макроскопического объекта как пылинка дебройлевская длина волны оказывается неизмеримо меньше размеров самого объекта. В таких условиях никакие волновые свойства, конечно, проявить себя не могут. Иначе обстоит дело, например, у электрона. При кинетической энергии $K=150\text{эВ}$ $\lambda=0,1\text{нм}$ (1ангстрем). Такой же порядок величины имеет постоянная кристаллической решётки. Поэтому, аналогично тому, как в случае рентгеновских лучей, кристаллическая структура может быть подходящей решёткой для получения дифракции дебройлевских волн электронов. Однако гипотеза де-Бройля представлялась настолько нереальной, что довольно долго не подвергалась экспериментальной проверке.

Опыты Дэвиссона и Джермера (1927). Идея их опытов заключалась в следующем. Если пучок электронов обладает волновыми свойствами, то можно ожидать, даже не зная механизма отражения этих волн, что их отражение от кристалла будет иметь такой же интерференционный характер, как у рентгеновских лучей. В одной серии опытов Дэвиссона и Джермера для обнаружения дифракционных максимумов (если таковые есть) измерялись ускоряющее напряжение электронов и одновременно положение детектора D (счётчика отражённых электронов). В опыте

использовался монокристалл никеля...сошлифованная поверхность покрыта правильными рядами атомов, перпендикулярными к плоскости падения (плоскости рисунка), расстояние между которыми $d=0,215$ нм. Детектор перемещали в плоскости падения, меняя угол θ . При угле $\theta=50^\circ$ и ускоряющем напряжении $V=54$ В наблюдался особо отчётливый максимум отражённых электронов. Этот максимум можно истолковать как интерференционный максимум первого порядка от плоской дифракционной решётки в соответствии с формулой $d \cdot \sin \theta = \lambda$, что видно на рисунке ниже справа. На этом рисунке каждая жирная точка представляет собой проекцию цепочки атомов, расположенных на прямой, перпендикулярной плоскости рисунка. Период d может быть измерен независимо, например, по дифракции рентгеновских лучей.

$\lambda=0,167$ нм по формуле $\lambda=h/p$; $\lambda=0,165$ нм по формуле $\lambda=d \cdot \sin \theta$.

Совпадение настолько хорошее, что полученный результат следует признать убедительным подтверждением гипотезы де-Бройля.

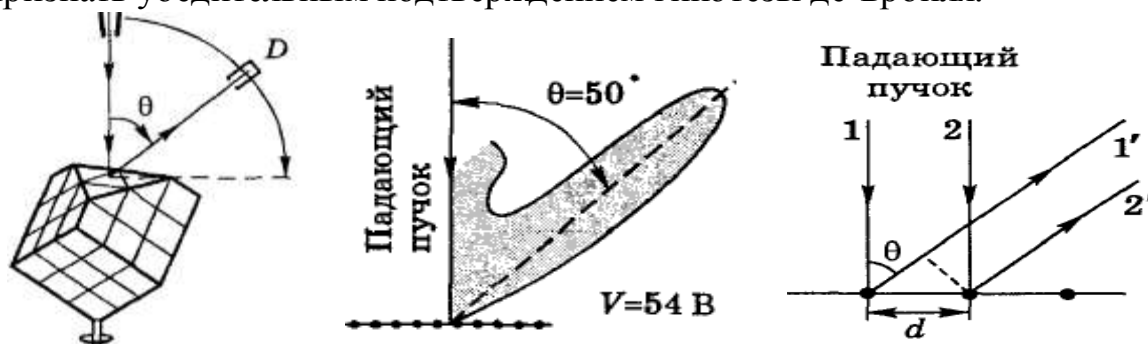


Рисунок 15-1. Первая серия опытов Дэвиссона и Джермера

Другая серия опытов Дэвиссона и Джермера состояла в измерении интенсивности I отражённого электронного пучка при заданном угле падения, но при различных значениях ускоряющего напряжения V . Теоретически должны появиться при этом интерференционные максимумы отражения подобно отражению рентгеновских лучей от кристалла. От различных кристаллических плоскостей кристалла в результате дифракции падающего излучения на атомах исходят волны, как бы испытавшие зеркальное отражение от этих плоскостей. Данные волны при интерференции усиливают друг друга, если выполняется условие Брэгга-Вульфа: $2 \cdot d \cdot \sin \alpha = m \cdot \lambda$, $m=1,2,3,\dots$, где d – межплоскостное расстояние, α – угол скольжения.

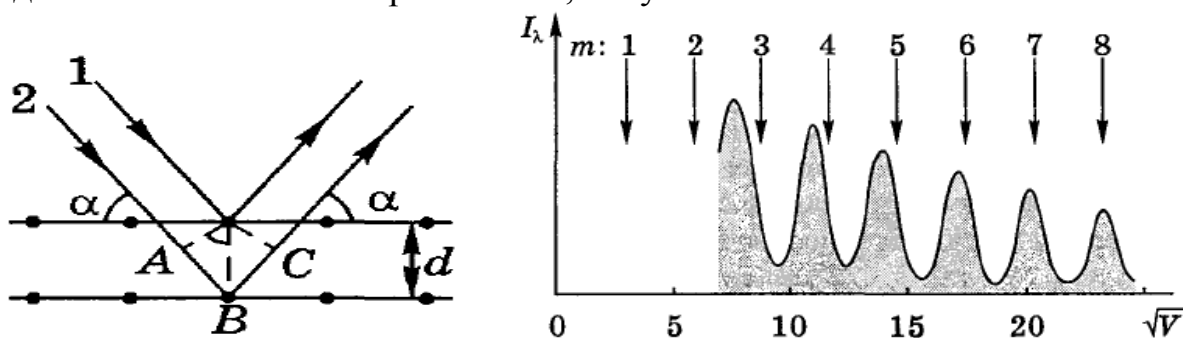


Рисунок 15-2. Вторая серия опытов Дэвиссона и Джермера

Из результатов опытов видно, что максимумы интенсивности I почти равноудалены друг от друга (такая же картина возникает и при дифракции рентгеновских лучей от кристаллов). ...наблюдается систематическое расхождение, которое уменьшается с увеличением ускоряющего напряжения V . Это расхождение, как выяснилось в дальнейшем, обусловлено тем, что при выводе формулы Брэгга-Вульфа не было учтено преломление дебройлевских волн.

Опыты Томсона и Тарковского. В этих опытах пучок электронов пропускаться через поликристаллическую фольгу (по методу Дебая при изучении дифракции рентгеновского излучения). Как и в случае рентгеновского излучения, на фотопластинке, расположенной за фольгой, наблюдалась система дифракционных колец. Сходство обеих картин поразительно. Подозрение, что система этих колец порождается не электронами, а вторичным рентгеновским излучением, возникающим в результате падения электронов на фольгу, легко рассеивается, если на пути рассеянных электронов создать магнитное поле (поднести постоянный магнит). Оно не влияет на рентгеновское излучение. Такого рода проверка показала, что интерференционная картина сразу же искажалась. Это однозначно свидетельствует, что мы имеем дело с электронами. Томсон осуществил опыты с быстрыми электронами (десятки кэВ), Тарковский – со сравнительно медленными электронами (до 1,7 кэВ).

Опыты с нейтронами и молекулами. Для успешного наблюдения дифракции волн на кристаллах необходимо, чтобы длина волны этих волн была сравнима с расстояниями между узлами кристаллической решётки. Поэтому для наблюдения дифракции тяжёлых частиц необходимо пользоваться частицами с достаточно малыми скоростями. Соответствующие опыты по дифракции нейтронов и молекул при отражении от кристаллов были проделаны и также полностью подтвердили гипотезу де-Бройля в применении и к тяжёлым частицам. Благодаря этому было экспериментально доказано, что волновые свойства являются универсальным свойством всех частиц. Они не обусловлены какими-то особенностями внутреннего строения той или иной частицы, а отражают их общий закон движения.

Опыты с одиночными электронами. Описанные выше опыты выполнялись с использованием пучков частиц. Поэтому возникает естественный вопрос: наблюдаемые волновые свойства выражают свойства пучка частиц или отдельных частиц? Чтобы ответить на этот вопрос, Фабрикант, Биберман и Сушкин осуществили в 1949 году опыты, в которых применялись столь слабые пучки электронов, что каждый электрон проходил через кристалл заведомо поодиночке и каждый рассеянный электрон регистрировался фотопластинкой. При этом оказалось, что отдельные электроны попадали в различные точки фотопластинок совершенно беспорядочным на первый взгляд образом (рис. ниже слева). Между тем при достаточно длительной экспозиции на фотопластинке возникала дифракционная картина (рисунок ниже справа),

абсолютно идентичная картине дифракции от обычного электронного пучка. Так было доказано, что волновыми свойствами обладают и отдельные частицы. Таким образом, мы имеем дело с микрообъектами, которые обладают одновременно как корпускулярными, так и волновыми свойствами...

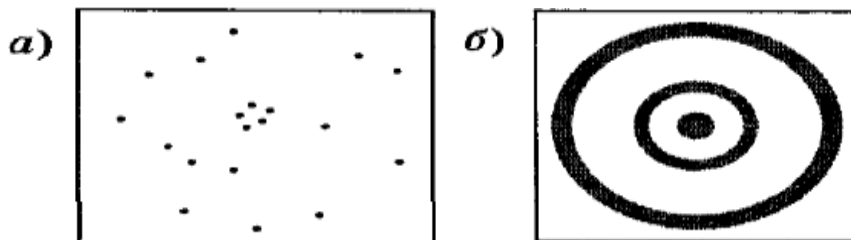


Рисунок 15-3. Дифракция одиночных электронов (а – малая экспозиция, б-длительная экспозиция)

Рассмотренные эксперименты вынуждают констатировать, что перед нами один из загадочнейших парадоксов: что означает утверждение ‘электрон – это одновременно частица и волна’? Попробуем разобраться в этом вопросе с помощью мысленного эксперимента, аналогичного опыту Юнга по изучению интерференции света (фотонов) от двух щелей. После прохождения пучка электронов через две щели на экране образуется система максимумов и минимумов, положение которых можно рассчитать по формулам волновой оптики, если каждому электрону сопоставить дебройлевскую волну. В явлении интерференции от двух щелей таится сама суть квантовой теории, поэтому уделим этому вопросу особое внимание. Если мы имеем дело с фотонами, то парадокс (частица-волна) можно устранить, предположив, что фотон в силу своей специфичности расщепляется на две части (на щелях), которые затем интерферируют.

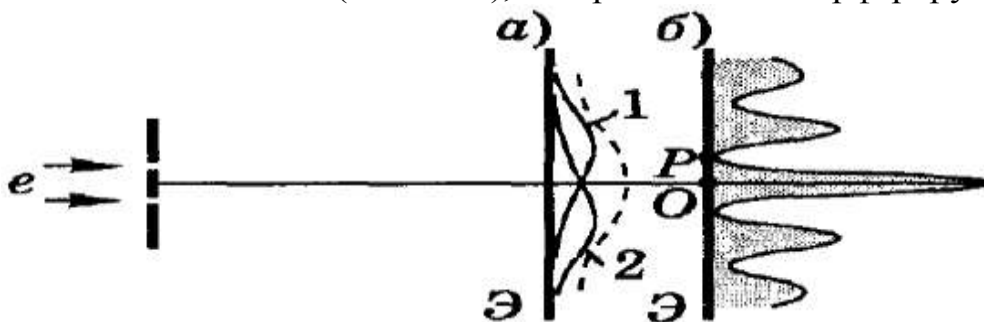
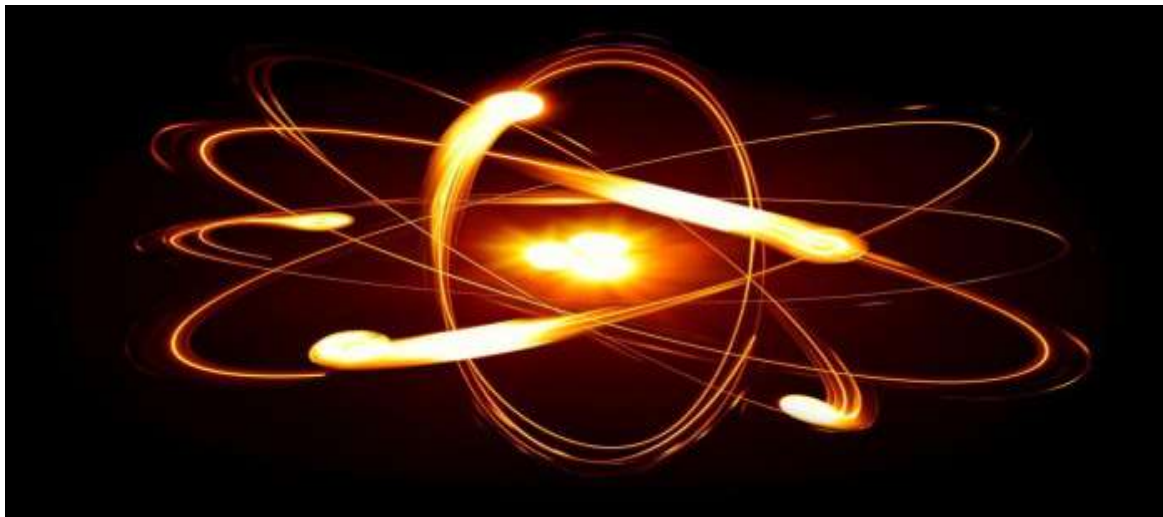


Рисунок 15-4. Интерференция электронов на двух щелях (б-реальная)

А электроны? Они ведь никогда не расщепляются – это установлено совершенно достоверно. Электрон может пройти либо через щель 1, либо через щель 2. Следовательно, распределение их на экране Э должно быть суммой распределений 1 и 2 (рис. а выше). Вместо этого мы наблюдаем совершенно другое распределение (рис. б выше), что установлено на эксперименте Йенсеном (1961). Единственный способ ‘объяснения’ этих парадоксальных результатов заключается в создании **математического** формализма... И такой формализм был создан. Он ставит в соответствии каждой частице некоторую комплексную пси-функцию... **свойствами классических волн**».

РАЗДЕЛ 2. ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ



16. Причины отказа официальной науки от механической модели элементарных частиц

Причины отказа официальной науки от механической модели элементарных частиц и от механической модели атома очень подробно объяснены в статье Ф. Экстрема и Д. Вайнлэнда «Изолированный электрон». Попробуем теперь на основании этой статьи проанализировать, насколько обоснованы эти причины. Сначала ниже я приведу максимально полно начальную часть этой статьи. Они пишут, что когда в 1897 г. Дж. Дж. Томпсон открыл электрон, сразу стало ясно, что эта частица имеет массу и заряд; действительно, Томпсон сделал свое открытие, измеряя отношение массы к заряду. Кроме того, предполагалось, по крайней мере неявно, что электрон обладает известными механическими свойствами, характерными для всех объемных предметов такими, как определенный размер и форма. Магнитный момент и собственный спиновый момент количества движения были добавлены к перечню свойств электрона ряд лет спустя, во время развития квантовой теории, в соответствии с гипотезой Самуэля А. Гаудсмита и Георга Е. Уленбека.



Рисунок 16-1. Старая механическая модель электрона

Спин и магнитный момент потребовались, чтобы объяснить некоторые особенности, наблюдаемые в спектре света, испускаемого или поглощаемого атомами. На основании этих свойств может показаться, что электрон удастся описать простой механической моделью. Можно было бы представить себе электрон как материальную частицу с определенными размером и формой и с отрицательным электрическим зарядом, распределенным по её поверхности. Эта частица должна была бы вращаться вокруг оси, почти так же, как вращается Земля, с определенной и неизменной величиной момента количества движения. В этой модели наличие магнитного момента имеет простое объяснение. Вращение тела с зарядом на его поверхности неизбежно влечет за собой циркуляцию электрического заряда, или, другими словами, электрический ток.

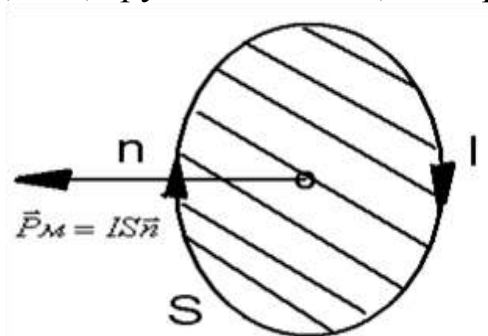


Рисунок 16-2. Магнитный момент кругового тока

Циркулирующий ток приводит к наличию у электрона магнитного поля, точно так же, как это происходит в обмотках электромагнита. Как спиновый момент количества движения, так и магнитный момент можно представить векторами, или стрелками, параллельными оси вращения. Векторы, представляющие спин и магнитный момент, принято направлять противоположно друг другу (заряд электрона - отрицательный). Продолжая рассуждения в рамках этой механической модели, можно ожидать, что магнитный момент пропорционален электрическому току, циркулирующему на периметре вращающегося электрона. Этот ток должен быть прямо пропорционален суммарному электрическому заряду и скорости вращения. В свою очередь, скорость вращения должна быть прямо пропорциональна спиновому моменту количества движения и обратно пропорциональна массе электрона. Связь между этими величинами (при выборе числовых коэффициентов в соответствии с определенной системой единиц) кратко можно выразить уравнением:

$$\mu = -g \frac{e}{4\pi mc} s;$$

здесь $m = 9,10938356 \cdot 10^{-31}$ кг – масса электрона;

$\mu = -9,274009994(57) \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл - магнитный момент электрона;

$e = -1,6021766208(98) \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона;

$c = 2,99792458 \cdot 10^8$ м/сек. – скорость света в вакууме;

$h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж*с - постоянная Планка;

$S = (\hbar/4\pi) = 0,527285863235 \cdot 10^{-34}$ Дж*с - спиновый момент количества движения.

Константой пропорциональности в этом уравнении является g-фактор, безразмерное число. Знак минус перед g-фактором означает, что магнитный момент антипараллелен спиновому моменту количества движения. В этой механической модели значение g решающим образом зависит от формы и размера электрона и от того, как распределен электрический заряд по его поверхности. Первые экспериментальные значения g были получены из тех же самых спектроскопических наблюдений, которые навели на мысль о существовании собственного спинового момента количества движения. Эти наблюдения показали, что g приблизительно равно 2. Позднее более усовершенствованный вариант квантовой теории, сформулированный П. А. М. Дираком в соответствии с требованиями специальной теории относительности, сделал возможным точное теоретическое вычисление величины g, которое оказалось точно равным 2, в согласии с имевшимися в то время данными наблюдений.

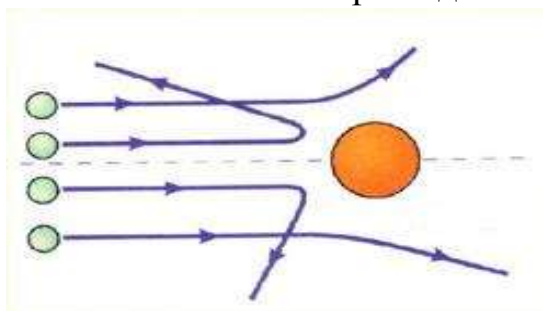


Рисунок 16-3. Принцип упругого рассеивания электронов на протоне

Итак, выше максимально полно приведена часть статьи «Изолированный электрон». Далее, чтобы не повторяться, участки текста я сразу буду сопровождать комментариями.

Выдержка первая: «...Представление об электроне, как о твердом вращающемся теле, довольно наивно; в конце концов движение частицы должно описываться законами квантовой механики, в которой понятия размера и скорости не могут быть даже определены с точностью, превышающей некоторый уровень...».

В этом предложении никакой логики нет вообще. Если мы заменим слова «квантовой механики» на слова «сказок Бажова», то сразу заметим абсурдность такого логического построения.

Выдержка вторая: «...Действительно, такая модель имеет серьезные недостатки, часть которых была выявлена уже через несколько дней после того, как эта модель была предложена. Например, оказывается, что скорость вращения у поверхности электрона больше скорости света...».

В механической модели элементарных частиц никаких ограничений скорости не существует. Ограничения скорости введены в других моделях мироздания.

Выдержка третья: «...Другой источник трудностей связан с размером, приписываемым электрону. Масса или энергия электрически заряженной частицы обратно пропорциональна ее размеру...».

В механической модели законы микромира совпадают с законами макромира. При одинаковой плотности геометрический размер больше там, где больше масса.

Выдержка четвёртая: «...Одну из причин этого можно понять, заметив, что для упаковки отталкивающегося отрицательного заряда электрона в конечный объем требуется энергия. Чем меньше объем, тем больше необходимо энергии. В соответствии с этим весьма малая масса или энергия электрона означает, что его размер должен быть довольно большим...». В гидродинамической механической модели проблемы упаковки элементарного заряда не существует, так как здесь элементарный заряд не распределён по объёму или по поверхности частицы.

Выдержка пятая: «...Однако эксперименты, в которых электроны рассеиваются на других частицах, и фактически измеряется размер электрона, показывают, что его радиус должен быть чрезвычайно малым...». Да, это так. Из экспериментов по рассеянию электронов на протоне следует, что электрон меньше протона. И это соответствует механическому закону макромира – тела с меньшей массой имеют меньшие размеры. Никакого противоречия нет.

Выдержка шестая: «...Действительно, все экспериментальные данные, собранные до сих пор, согласуются с представлением об электроне, как о точечной частице, полностью лишенной протяженности...».

Нет таких экспериментальных данных. Есть данные, что электрон не больше неких определённых размеров.

Выдержка седьмая: «...Следовательно, изложенные здесь доводы приводят к заключению, что масса электрона бесконечна, т. е. к очевидной нелепости...». Нелепо Ваше предположение о точечных размерах электрона и о возможности самопроизвольной упаковке заряда. А в самой механической модели электрона нелепостей Вы не выявили.

Выдержка восьмая: «...Еще одна причина сомнений в правильности как этой механической модели, так и теории Дирака связана с уточненными измерениями g -фактора электрона. Экспериментальные данные показывают, что g не точно равно 2, а несколько больше 2, на величину примерно 0,1%; другими словами, g -фактор приблизительно равен 2,002. Теория Дирака не согласовывалась с таким уточнением...». Во-первых, сам g -фактор не измеряется. Измеряется спин и магнитный момент, а g -фактор вычисляется по формуле, приведённой Вами выше. Во-вторых, эти более точные измерения не имеют никакого отношения к выводам о правильности механической модели. В-третьих, в физике экспериментальные данные первичны. Не имеет никакого значения, что выводит теория Дирака. В сказках Бажова g -фактор может быть равен трем, а грузин пошутит: «сэмь-восэмь, где-то так».

Выдержка девятая: «...В 1940-е годы эти проблемы были преодолены отказом от механической модели электрона и созданием новой, более абстрактной теории - квантовой электродинамики...».

Так ведь, как оказывается, в физической механической модели никаких проблем нет. Проблемы отсутствия логического мышления и физического образования были у авторов квантовой электродинамики.

Выдержка десятая: «...В квантовой электродинамике допускается, что электрон - безразмерная точечная частица, чья масса, по крайней мере в принципе, может быть бесконечной. Как ни странно, существует математическая процедура (называемая перенормировкой), с помощью которой эта бесконечность уничтожается и извлекаются наблюдаемые, конечные свойства электрона, в том числе g-фактор...».

То есть, авторы квантовой электродинамики физическое моделирование заменили математическим моделированием, где любые проблемы решаются введением новых математических операций и подгонкой результатов под экспериментальные данные.

Выдержка одиннадцатая: «...Далеко не очевидно, как частица с нулевым радиусом может иметь спиновый момент количества движения или магнитный момент. Хотя квантовая электродинамика не предлагает никакой последовательной мысленной картины, она, тем не менее, дает точный метод вычисления численных значений различных свойств электрона. Соотношение между магнитным моментом электрона и его спином, зарядом и массой имеет тот же самый вид, что и для механической модели, и константой пропорциональности в этом уравнении является тот же самый g-фактор. Более того, первое приближение все еще дает значение $g = 2$. Однако это всего лишь приближение, и к нему можно добавить бесконечный ряд последовательно уменьшающихся поправок. Точное значение g этим методом найти невозможно, так как в такой расчет пришлось бы включить все члены ряда, но можно достигнуть любой конечной точности, вычисляя конечное число членов...».

Делим на нуль, получаем бесконечность. Потом вводим новые математические операции и ловким движением руки избавляемся от бесконечности перенормировкой. Подгоняем результаты под экспериментальные данные и объявляем о полном совпадении новой теории с экспериментом. Замечательная технология!

17. Физическая сущность элементарных частиц

Теоретически считается, что стабильными элементарными заряженными частицами являются протон, электрон и их античастицы антипротон и позитрон. В действительности долгоживущими являются только протон и электрон, а частицы антивещества долго не живут по причине существования явления аннигиляции с частицами вещества. Несколько официальных примеров реакций аннигиляции:

$$p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^+ + \pi^- + \pi^0, \quad e^- + e^+ \rightarrow \tau^- + \tau^+, \quad e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma.$$

Многолетние научные исследования на ускорителях заряженных микрочастиц показывают, что чем больше энергия столкновения двух частиц, тем больше образуется новых частиц.

Примеры образования разного количества частиц :

$$p + p \rightarrow p + \pi^+, \quad p + p \rightarrow p + \Lambda + K^+, \quad K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^0 + K^+, \quad p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}.$$

В результате столкновения стабильных частиц может образоваться множество промежуточных нестабильных образований, делящихся и преобразующихся из одной формы в другую. Примеры распада промежуточных нестабильных образований:

$$\begin{aligned} n &\rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e, & n &\rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e; \\ \Xi^0 &\rightarrow \Lambda + \pi^0, & \Xi^- &\rightarrow \Lambda + \pi^-; \\ \Sigma^+ &\rightarrow p + \pi^0, & \Sigma^- &\rightarrow n + \pi^-, & \Sigma^0 &\rightarrow \Lambda + \gamma; \\ \Lambda &\rightarrow p + \pi^-, & \Lambda &\rightarrow n + \pi^0, & \Lambda &\rightarrow \pi^+ + \pi^-; \\ \Omega^- &\rightarrow \Lambda + K^-, & \Omega^- &\rightarrow \Xi^0 + \pi^-, & \Omega^- &\rightarrow \Xi^- + \pi^0, & \Omega^- &\rightarrow \Xi^- + \pi^+ + \pi^-; \\ K^+ &\rightarrow \pi^+ + \pi^0, & K^- &\rightarrow \pi^- + \pi^0, & K^0 &\rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0, & K^0 &\rightarrow \pi^- + \pi^+ + \pi^0; \\ K^+ &\rightarrow \mu^+ + \nu_\mu, & K^- &\rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu, & K^0 &\rightarrow \pi^+ + \mu^- + \bar{\nu}_\mu, & K^0 &\rightarrow \pi^- + \mu^+ + \nu_\mu; \\ K^+ &\rightarrow e^+ + \pi^0 + \nu_e, & K^- &\rightarrow e^- + \pi^0 + \bar{\nu}_e, & K^0 &\rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e, & K^0 &\rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e; \\ \pi^+ &\rightarrow \mu^+ + \nu_\mu, & \pi^- &\rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu, & \pi^0 &\rightarrow 2\gamma; \\ \tau^+ &\rightarrow \nu_\tau + \mu^+ + \bar{\nu}_\mu, & \tau^- &\rightarrow \nu_\tau + \mu^- + \nu_e, & \tau^+ &\rightarrow \nu_\tau + \text{адроны}; \\ \tau^+ &\rightarrow \nu_\tau + e^+ + \bar{\nu}_e, & \tau^- &\rightarrow \nu_\tau + e^- + \bar{\nu}_e, & \tau^- &\rightarrow \nu_\tau + \text{адроны}; \\ \mu^+ &\rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu, & \mu^- &\rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu. \end{aligned}$$

При любых столкновениях стабильных заряженных элементарных частиц в конечном итоге, в результате распада промежуточных нестабильных частиц, образуются новые точно такие же стабильные элементарные частицы протоны и электроны, количество которых зависит от энергии столкновения. Кроме того, по представлениям официальной науки, образуются фотоны и неуловимые нейтрино. Пример последовательности распадов промежуточных нестабильных частиц, в которой K^- - мезон в конечном итоге превращается в электрон.

$$K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0, \quad \pi^0 \rightarrow 2\gamma, \quad \pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu, \quad \mu^- \rightarrow \nu_e + \bar{\nu}_\mu + e^-,$$

В результате последовательности преобразований возможно превращение частиц вещества в частицы антивещества. Примеры:

$$\begin{aligned} p + p &\rightarrow p + \pi^+, & \pi^+ &\rightarrow \mu^+ + \nu_\mu, & \mu^+ &\rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu & (p \rightarrow e^+); \\ e^- + e^+ &\rightarrow \tau^- + \tau^+, & \tau^+ &\rightarrow \nu_\tau + p, & \tau^- &\rightarrow \nu_\tau + \bar{p} & (e^+ \rightarrow p, e^- \rightarrow \bar{p}). \end{aligned}$$

В макромире единственно возможной аналогией перечисленным выше процессам являются процессы взаимодействия вихрей. Только при делении вихрей образуются точно такие же вихри. Только вихри при соприкосновении могут либо уничтожать друг друга, либо объединяться в единый точно такой же вихрь, либо формировать новое образование – комбинацию вихрей.



Рисунок 17-1. Пример вихря в макромире

Автор данной монографии полагает, что законы макромира распространяются и на микромир. Именно по этой причине в данной гидродинамической модели элементарные частицы являются либо одиночными вихрями гидродинамической среды микромира, либо комбинациями одиночных вихрей.

18. Классификация калиброванных вихрей

Кастерину удалось создать две симметричные формы уравнений для вихревого и для электромагнитного поля. С одной стороны, из его уравнений для вихревого поля в газах следует, что скорость вращения стенок максимально устойчивого линейного вихря должна быть равной скорости звука. С другой стороны, Кастерин показал, что в симметричной форме уравнений для электрического поля электрона роль пика стабильности играет скорость света. Надеясь на полную идентичность формул вихревых и электромагнитных процессов, он считал, что скорость света является аналогом скорости звука. В математике это выглядит аналогом. С физической же точки зрения аналога быть не может (звук - продольные волны, а свет - поперечные волны). Автор полагает, что Кастерин к симметричной форме пришел методом подгонки. Обе его системы уравнений не полны. Во-первых, как он сам пишет, он исключил из уравнений для электромагнитного поля вторую его составляющую - магнитную. В уравнениях присутствует только половинка - электрическая составляющая, поэтому уравнения для электромагнитного поля и стали похожи на уравнения, описывающие цилиндрический атмосферный вихрь. Во-вторых, уравнения для вихревого поля он выводил для вихревых процессов в цилиндрическом вихре с одним вращением, а не для вихревых процессов в вихревом кольце, в котором два полунезависимых вращения. Поэтому эти уравнения и стали похожи на уравнения, описывающие электрическое поле, только одну составляющую электромагнитного поля элементарной частицы. Из анализа обеих систем уравнений Кастерина автор пришел к выводу, что в вихревых кольцах могут быть максимумы устойчивости, связанные с двумя различными процессами в газообразной среде. Один максимум (первый пик устойчивости) связан со скоростью распространения продольных волн (скорость звука), другой максимум (второй пик устойчивости) связан со скоростью распространения поперечных волн (скоростью распространения вращения). **Вихревые кольца, обладающие одновременно двумя пиками устойчивости будем называть в дальнейшем калиброванными.** Согласно определению пика максимальной устойчивости, такие кольца должны быть самыми долгоживущими. Благодаря закону сохранения момента вращения, такие кольца должны иметь неизменные размеры при отсутствии внешних воздействий. Для идентификации устойчивых вихревых колец используем трехсимвольные обозначения, где первый символ будет показывать скорость поступательного движения стенок вихря при тороидальном вращении, второй символ будет показывать скорость поступательного движения стенок вихря при кольцевом вращении (или эту скорость до потери кольцевого вращения), третий символ будет показывать полярность кольца. Обозначения символов: Z – скорость поступательного движения стенок, соответствующая первому пику устойчивости вихрей, Y – скорость поступательного движения стенок, соответствующая второму пику

устойчивости вихрей, R – правовинтовая полярность кольца, L – левовинтовая полярность кольца, N – нейтральная полярность, возникающая после потери кольцевого вращения. Два нейтральных состояния вырождаются в одно, потому что переходят друг в друга при любом повороте или отражении. С учетом этого, теоретически возможное количество состояний максимально устойчивых вихревых колец, сгруппированных в четыре группы, уменьшается с 16 до 12. Все теоретически возможные состояния перечислены в таблице ниже.

Таблица 9. Классификация устойчивых вихревых колец

Типы колец	1 группа ZZ	2 группа YZ	3 группа ZY	4 группа YY
Нейтральные (N)	ZZN	YZN	ZYN	YYN
Правовинтовые (R)	ZZR	YZR	ZYR	YYR
Левовинтовые (L)	ZZL	YZL	ZYL	YYL

В каждой группе все кольца одного размера и формы, отличаются они только полярностью. Члены разных групп могут отличаться размером, формой, массой. Согласно экспериментальным данным по смерчам, чем больше скорость вращения стенок вихря, тем меньше диаметр вихря.

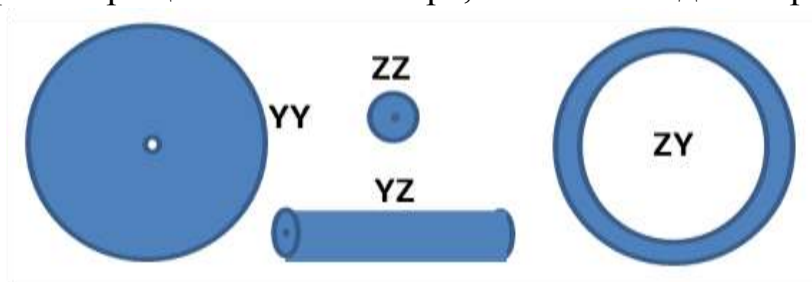


Рисунок 18-1 Четыре группы вихревых колец с максимумами устойчивости

Поэтому максимальные размеры должны иметь вихри четвёртой группы, а минимальные размеры – вихри первой группы. С наличием тороидального вращения стенок вихря связано наличие у вихрей собственного движителя.



Рисунок 18-2. Смерчи в атмосфере Земли

С одной стороны, чем больше скорость тороидального вращения, тем сильнее толкают друг друга противоположные от оси вращения участки вихря, тем больше должна быть скорость собственного движения. Получается, что скорость собственного движения вихрей групп ZZ, ZY больше соответствующей скорости собственного движения вихрей групп YY, YZ. С другой стороны, из выведенной Жуковским формулы скорости собственного движения вихря следует, что у вихрей с меньшим диаметром кольца собственная скорость больше. Тогда следует, что собственная скорость вихрей группы ZZ больше собственной скорости вихрей ZY.



Рисунок 18-3. Правовинтовой вытянутый сферический вихрь Хилла, вид сбоку и сбоку в разрезе

При одинаковой скорости вращения стенок вихря должен быть одинаковым и диаметр стенок. Отсюда следует логический вывод, что в вихревых кольцах, где одинаковые скорости поступательного движения стенок при тороидальном и при кольцевом вращении, диаметр тора должен быть максимально близок к внешнему диаметру кольца. Это возможно в единственном случае, когда вихревое кольцо имеет форму вытянутого сферического вихря Хилла (при одинаковой скорости должны быть одинаковы длины окружности кольца и деформированной окружности тела кольца).



Рисунок 18-4. Вихревые кольца в виде обруча

Исходя из этих критериев, выявляем самые устойчивые типы вихревых колец: ZZR, ZZL, YYR, YYL – четыре типа сферических вихрей Хилла. В состоянии ZY диаметр кольца намного больше диаметра тела кольца – форма вихря напоминает обруч. В состоянии YZ кольцевая скорость намного больше тороидальной скорости – форма вихря напоминает смерч. В этом случае теоретически возможное состояние YZN с потерей

кольцевого вращения физически существовать не может. Вместо него возможно физическое состояние YZN с потерей тороидального вращения.



Рисунок 18-5. Вихревые образования в быстром течении реки

В атмосфере Земли представителем группы YZ должен быть смерч с диаметром стенок около 10 метров (по расчётам Кастерина). Представителем группы ZZ должен быть сферический вихрь Хилла с диаметром тела кольца и с диаметром кольца не менее 10 метров. По причине наличия собственного движителя, сразу после возникновения такой воздушный вихрь должен улететь. Другое дело, когда похожие вихри образуются в реках с быстрым течением. Улететь они не могут, и исследователи долгое время могут наблюдать их во всей красе. Размеры сферического вихря Хилла группы YU должны быть порядка на два больше. Наиболее близки к ним, наверное, циклоны и антициклоны, которые в некоторых районах могут просуществовать около года. Такие вихри имеют собственные движители, но двигаться им некуда. Снизу их ограничивает поверхность Земли, а сверху ограничением является отсутствие атмосферы.



Рисунок 18-6. Циклоны в атмосфере Земли

В уравнениях Кастерина имеется ещё один параметр, который может формировать пик максимальной устойчивости вихрей. Этот параметр отвечает не за свойства вихрей, а за свойства среды, в которой они существуют. В самом деле, от свойств среды, окружающей вихрь, многое зависит. Например, чем больше вязкость среды, тем больше энергии вихрь теряет на трение и тем меньше времени он живёт. Кастерин пишет, что

уравнения гидродинамики Эйлера являются всего лишь первыми приближениями. Они явно недостаточны для представления тех быстрых движений воздуха, с которыми приходится иметь дело в авиации. При изыскании вторых приближений нужно иметь в виду, что скорости течений в гидродинамической среде могут быть больше скорости звука, а сама среда не является непрерывной. Спустя 180 лет после Эйлера научные изыскания выявили, что жидкости и газы состоят из дискретных частиц, называемыми молекулами. Учитывая упомянутые выше факты, Кастерин создал новые уравнения, из которых следует, что если адиабатный коэффициент $k=2$, то напряжение вихря является константой, то есть вихрь становится бессмертным. Для всех известных реальных газов $k<2$, поэтому Кастерин пишет, что $k=2$ может быть только у сверхгаза с необычными свойствами. Попробуем, приблизительно оценить свойства такого газа. Будем считать, что чем больше коэффициент адиабаты среды, тем больше время жизни сформированных в ней калиброванных вихрей.

Таблица 10. Показатели адиабаты для различных газов

Темп.	Газ	k	Темп.	Газ	k	Темп.	Газ	k
-181 °C	H ₂	1.597	200 °C	Сухой воздух	1.398	20 °C	NO	1.400
-76 °C		1.453	400 °C		1.393	20 °C	N ₂ O	1.310
20 °C		1.410	1000 °C		1.365	-181 °C	N ₂	1.470
100 °C		1.404	2000 °C		1.088	15 °C		1.404
400 °C		1.387	0 °C	CO ₂	1.310	20 °C	Cl ₂	1.340
1000 °C		1.358	20 °C		1.300	-115 °C		1.410
2000 °C		1.318	100 °C		1.281	-74 °C	CH ₄	1.350
20 °C	He	1.660	400 °C		1.235	20 °C		1.320
20 °C	H ₂ O	1.330	1000 °C		1.195	15 °C	NH ₃	1.310
100 °C		1.324	20 °C	CO	1.400	19 °C	Ne	1.640
200 °C		1.310	-181 °C	O ₂	1.450	19 °C	Xe	1.660
-180 °C	Ar	1.760	-76 °C		1.415	19 °C	Kr	1.680
20 °C		1.670	20 °C		1.400	15 °C	SO ₂	1.290
0 °C	Сухой воздух	1.403	100 °C		1.399	360 °C	Hg	1.670
20 °C		1.400	200 °C		1.397	15 °C	C ₂ H ₆	
100 °C		1.401	400 °C		1.394	16 °C	C ₃ H ₈	1.130

С одной стороны, анализируя экспериментальные данные из таблицы выше, можно сделать вывод, что коэффициент адиабаты растёт при падении температуры. С другой стороны, самое большое значение коэффициента (около 1,67) у одноатомных газов He, Ar, Ne, Xe, Kr. Преимущество одноатомного газа в том, что в нём не происходит потерь, связанных с вращением молекул при их столкновениях. У идеальных газов вязкость отсутствует, а коэффициент адиабаты можно выразить как $k=(i+2)/i$, где i -количество степеней свободы молекул газа. В одноатомном идеальном газе $i=3$, тогда $k=5/3=1,(6)$, что и соответствует эксперименту.

В уравнениях Кастерина скорость звука представляет собой функцию координат и времени. Тогда, может быть, и коэффициент адиабаты должен быть функцией координат и времени. При абсолютном хаотическом движении в идеальном одноатомном газе $i=3$. Но при упорядоченном движении количество степеней свободы атомов должно ещё уменьшаться. В калиброванных вихрях частицы одноатомного газа движутся в основном в стенках вихря, где количество степеней свободы $i=2$. Тогда и средний коэффициент адиабаты в калиброванных вихрях будет стремиться к двум. Итак, максимально долгоживущие калиброванные вихри в макром мире должны развиваться в одноатомном идеальном газе. Но размеры калиброванных вихрей в реальных газах слишком огромны, чтобы можно было проводить с ними экспериментальные исследования.

Так как выведенные Кастериным уравнения электродинамики и аэродинамики симметричны, то можно предположить, что основой материи микромира являются элементарные калиброванные вихри, формирующиеся в среде некого сверхгаза микромира. Из свойств идеального газа следует, что в искомом сверхгазе:

- а) форма частиц газа должна быть близка к сфере, чтобы не было потерь энергии на вращение частиц вокруг собственной оси при столкновениях;
- б) потенциальной энергией взаимодействия частиц можно пренебречь по сравнению с их кинетической энергией;
- в) суммарный объём частиц газа намного меньше занимаемого им объёма;
- г) между частицами нет дальнodelствующих сил притяжения или отталкивания, соударения частиц между собой абсолютно упругие;
- д) время взаимодействия между частицами намного меньше среднего времени между столкновениями;
- е) внутренняя энергия газа равна сумме кинетических энергий всех его частиц.

Если в микромире существует газ с описанными выше свойствами, а сформированные в нём по разным причинам элементарные калиброванные вихри имеют бесконечно большое время жизни, то за бесконечно большое время существования Вселенной всё пространство с такой средой будет насыщено элементарными калиброванными вихрями, беспорядочно движущимися в разные стороны благодаря наличию собственного движителя. Соответственно, эти вихри будут взаимодействовать при столкновениях. По причине наличия столкновений истинно долгоживущими будут вихри в форме сферического вихря Хилла. Вихри группы YZ в форме смерча ждёт печальная участь. Как показали эксперименты, цилиндрические вихри, сформированные между двумя цилиндрами, самопроизвольно расслаиваются на одинаковые вихри Тейлора. Целью эксперимента Тейлора было получение течения Куэтта в тонком зазоре, которое должно возникать согласно уравнениям Навье-Стокса. Аналогично вихри группы YZ должны самопроизвольно расслаиваться на пакет вихрей группы ZZ. При столкновении с другими вихрями пакет будет распадаться на отдельные его составляющие.

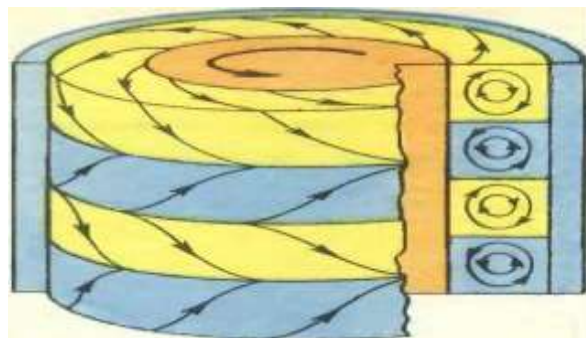


Рисунок 18-7. Расслоение цилиндрического вихря на вихри Тейлора

Другая судьба ждёт вихри группы ZY.

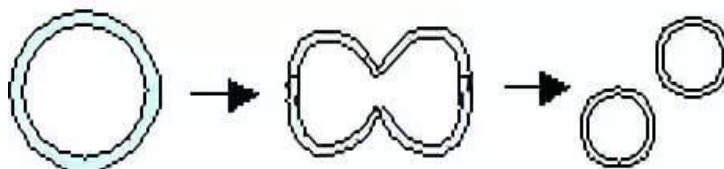


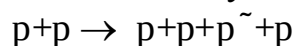
Рисунок 18-8. Деление тонкого вихревого кольца

В сравнении со сферическим вихрем, тонкое кольцо имеет дополнительную степень свободы и может при внешнем воздействии сминаться и делиться. Пределом деления вихрей группы ZY будут всё те же вихри группы ZZ.



Рисунок 18-9. Деление чернильных вихревых колец

Примером экспериментального наблюдения деления вихревых колец являются опыты с чернильными каплями, падающими в воду. Невероятный уникальный факт рождения в возрастающих количествах подобных объектов! Однако, нечто подобное стало происходить, начиная с 50-х годов прошлого века в экспериментах на ускорителях. При столкновении протонов в конечном итоге возникают новые протоны, количество которых зависит от энергии сталкивающихся частиц. Например, в 1955 году О. Чемберлену, Э. Сегре, К. Виганду и Т. Ипсилантису удалось осуществить следующую реакцию:



После опубликования результатов подобных экспериментов лавинообразным образом стали появляться теоретические работы по вихревому моделированию строения элементарных частиц и атомов. Интерес ради можно попытаться сравнить свойства теоретически

возможных вихревых объектов и свойства некоторых объектов микромира. Из наших изысканий следует, что если в микромире существует заполняющее всё пространство газоподобная среда, то элементарных калиброванных вихрей в микромире может быть всего шесть типов. Все они должны иметь одинаковую форму сферического вихря Хилла. Из них стабильных всего четыре типа.

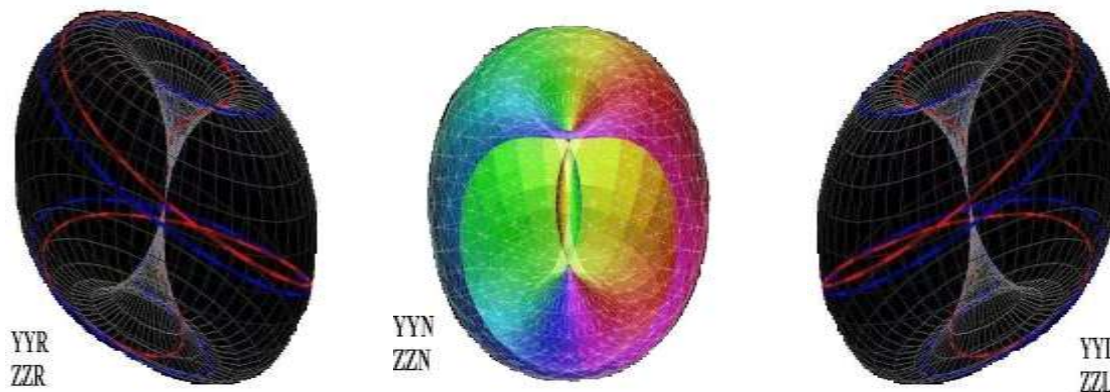


Рисунок 18-10. Шесть типов элементарных калиброванных вихрей

В молекулярно-кинетической теории газов есть закон, согласно которому суммарная кинетическая энергия частиц газа стремится равномерно распределиться по степеням свободы. В тороидальном газовом кольце всего две степени свободы – тороидальное вращение и кольцевое вращение. Поэтому рано или поздно нейтральное вихревое кольцо самопроизвольно вновь обретёт кольцевое вращение и превратится в полярное кольцо. По причине наличия тороидального движения все элементарные калиброванные вихри самопроизвольно движутся. Поэтому можно смело браковать и отвергать те модели элементарных частиц, в которых одиночные вихревые кольца моделируют протон или электрон (например, модели Ацюковского, Канарёва, Ключина). И протоны и электроны движутся только под воздействием электрического поля. А вот смоделировать γ -квант одиночными винтовыми кольцами вполне возможно, потому что они, как было ранее показано, являются самопроизвольно движущимися поперечными волнами. Исторически принято, чтобы в названиях элементарных частиц было окончание «-он». Так как тор является формой элементарных калиброванных вихрей, то было бы справедливо, если бы так начиналось их название «тор-». Поэтому автором было ранее предложено стабильные элементарные калиброванные вихри в микромире называть торсионнами.

Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то в ней возможно существование особо долгоживущих вихревых объектов, обладающих одновременно двумя пиками стабильности.

19. Классификация спаренных калиброванных вихрей

На рисунке ниже показан эксперимент, где из дымовых пушек выстреливаются навстречу друг другу два вихревых кольца, которые при встрече растекаются по плоскости столкновения и рассеиваются в окружающей среде. В видеоролике, из которого созданы эти рисунки, автор насчитал 26 осколков, пытающихся превратиться в вихревые кольца.



Рисунок 19-1. Столкновение воздушных вихревых колец

Это хороший пример того, что результаты экспериментов можно интерпретировать как угодно. Первое, что приходит в голову - эксперимент показывает, что слипание вихревых колец невозможно. Но не будем торопиться с выводами. Анализ условий эксперимента показывает, что имитации природных процессов не было. Во-первых, выстреливали заведомо нестабильные кольца – эти кольца чуть попозже все равно бы рассеялись без всякого столкновения. Для атмосферы минимальные диаметры тела долгоживущего кольца должны быть не менее 10 м, а скорость движения стенок должна быть равна скорости звука. Во-вторых, вихри были искусственно разогнаны до скоростей, многократно превышающих их естественную скорость самостоятельного движения, определяемой по экспериментально выведенной формуле. Была имитация столкновения протонов, разогнанных на ускорителях до огромных скоростей, и разделённых на множество новых частиц.

Взаимодействие вихревых колец изучено плохо, но нет никаких оснований считать, что они не способны к слипанию. Физической причиной близкодействующих сил слипания является вихревое взаимодействие вращений вихревых колец по правилам взаимодействия вихрей, на близких расстояниях, соизмеримых с размерами колец. Кольца слипнутся, если между ними возникнет общий поток газоподобной среды. Экспериментальным доказательством такого поведения служит пример слипания двух листов бумаги при продувке воздуха между ними.

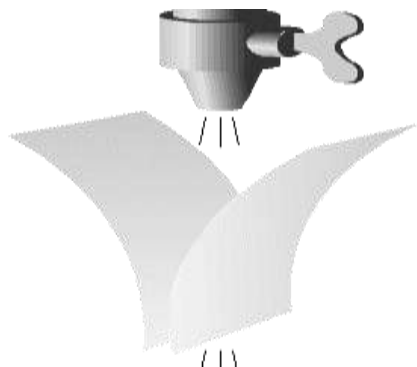


Рисунок 19-2. Слипание листов бумаги при создании потока газа между ними

О принципиальной возможности существования комбинаций вихревых колец говорит обратный эксперимент, в котором раскручивается цилиндр в трубе чуть большего диаметра (генератор вихрей Тейлора). При этом окрашенный воздух между стенками цилиндра и трубы при достижении некоторой скорости раскрутки превращается в пакет тороидальных вихрей. В вихрях Тейлора диаметр тела кольца на порядок меньше внешнего диаметра кольца. Может быть, существование спаренных тонких колец и возможно, если они получены при распаде пакета вихрей Тейлора. Но слипание одиноких тонких колец физически не возможно. Потому что в опытах по взаимодействию тонких водяных колец слипания не происходит. Такие кольца быстро соприкасаются в одном месте и объединяются в одно большое кольцо. Нужны эксперименты, которые бы определили порог отношения диаметров, при превышении которого слипание вихревых колец было бы возможно.



Рисунок 19-3. Объединение двух тонких водяных колец при сближении

Сферические вихри Хилла тонкими не являются, у них толщина тела кольца максимально возможная. Поэтому слипание таких колец возможно без всяких сомнений. Удачного эксперимента слипания двух вихревых колец, при их встречном столкновении, пока не удалось провести никому. Проблему удалось решить не напрямую, а войдя с чёрного входа – экспериментальное слипание колец совершилось при боковом взаимодействии колец, сформированных в одной плоскости.

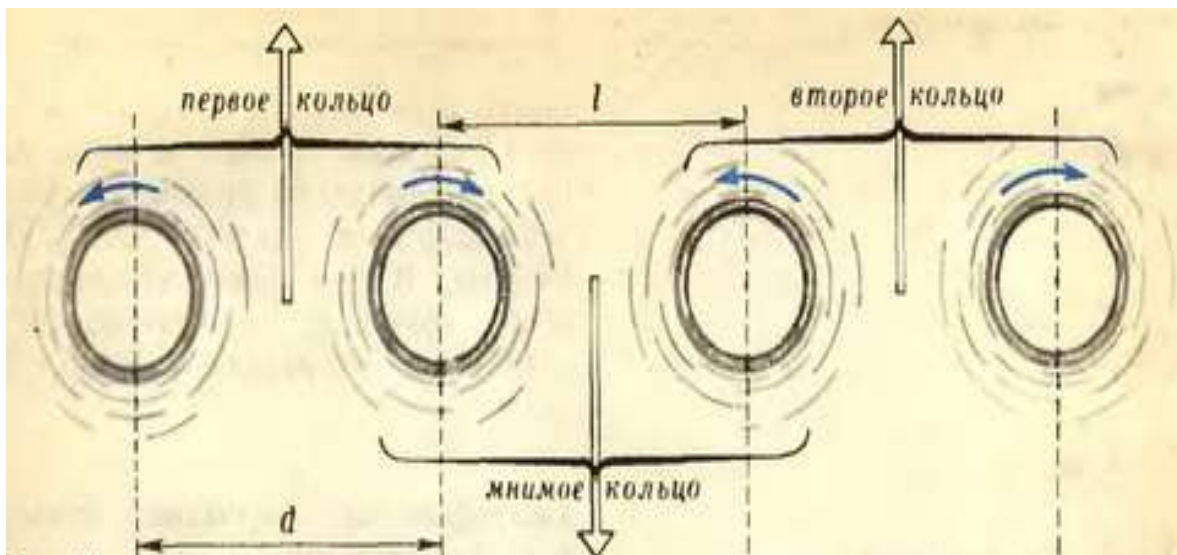


Рисунок 19-4. Боковое взаимодействие вихревых колец

Шабанов и Шубин исследовали взаимодействие дымовых колец в воздухе с помощью аппарата Тэта с двумя отверстиями. Было обнаружено, что, если расстояние l между отверстиями больше четырёх диаметров d каждого отверстия ($l > 4d$), кольца не взаимодействуют друг с другом, а если $1,5 d < l < 4 d$, кольца сближаются. Сближение можно объяснить тем, что в пространстве между кольцами образуется нечто подобное «мнимому» кольцу (рисунок выше), которое движется в противоположную сторону. В результате плоскости настоящих колец поворачиваются друг к другу, и кольца начинают сближаться. Данный эксперимент показывает, что вихревые кольца не могут образовывать спаренный комплекс, в котором бы они соприкасались боковыми поверхностями (экваторами). Возникающие при сближении силы вынуждают кольца развернуться и слипнуться торцевыми поверхностями (полюсами). Выводы эксперимента позволяют похоронить и поставить крест над моделями элементарных частиц, в которых вихревые кольца с согласованными направлениями вращения образуют комплекс в форме восьмёрки. В моделях электрона и позитрона Пакулина вихревые комплексы имеют форму восьмёрки, но в них направления тороидального вращения не согласованы. Такие комплексы не будут разворачиваться и слипаться. Они, вращаясь вокруг точки соприкосновения, просто уничтожат друг друга подобно тому, как уничтожают друг друга вращающиеся в одну сторону соприкасающиеся абразивные круги.

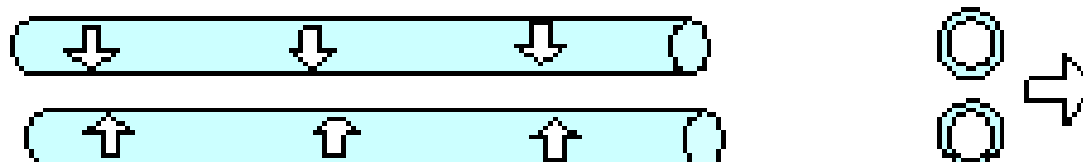


Рисунок 19-5. Слипание калиброванных вихрей группы YZ

Вид с торца в форме восьмёрки может быть в единственном случае, когда взаимодействующие вихри имеют форму смерчей. В этом случае сила взаимодействия боковых поверхностей уже превышает силу

взаимодействия между торцами. Поэтому при взаимодействии калиброванных вихрей группы YZ может образоваться калиброванная линейная самодвижущаяся пара, в которой кольцевые вращения линейных вихрей имеют разные направления.

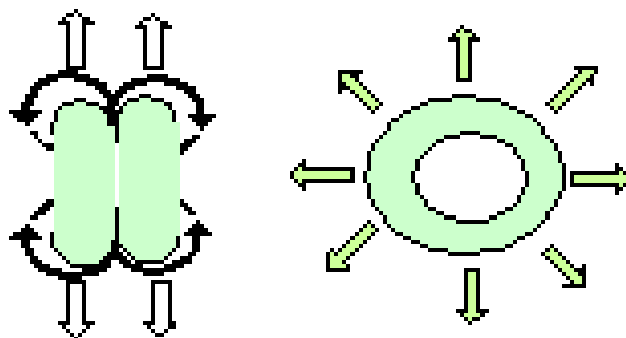


Рисунок 19-6. Тонкие кольца при слипании передними торцами растекаются по плоскости

Если мысленно свернём линейную пару в кольцо, то получим спаренные тонкие кольца, которые под действием собственного движителя будут непрерывно растекаться в плоскости, постоянно увеличивая диаметр внешних колец, с неизменным диаметром тела кольца. Тогда наоборот, если тонкие кольца слипнутся задними торцами, то каждый вихрь будет воздействовать на соседний вихрь сжимающим образом. Пределом сжатия является сферический вихрь Хилла.

Вихревые калиброванные кольца с одним или двумя максимумами устойчивости должны слипаться друг с другом по законам взаимодействия вихрей. Хорошо изучено взаимодействие цилиндрических вихрей. Вихри одного размера начинают двигаться в одну сторону и притягиваются друг к другу, если они создают между собой общий поток среды. В промежутке между ними понижается давление хаотического движения частиц среды на поверхность вихрей. Возникает разность давлений, благодаря чему нормальное давление среды с внешних сторон прижимает вихри друг к другу. Чем больше скорость вращения вихрей, тем более упорядоченное движение среды в промежутке между ними, тем больше разность давлений, тем сильнее вихри прижимаются друг к другу. Общий поток среды между торцами нейтральных вихревых колец может возникнуть, если только кольца соприкасаются одинаковыми торцами – либо передними, либо задними. Общий поток среды между торцами винтовых вихревых колец может возникнуть, если только разнополярные кольца соприкасаются одинаковыми торцами – либо передними, либо задними. Шесть типов калиброванных вихревых колец в форме сферических вихрей Хилла способны сформировать восемь типов спаренных комбинированных вихрей. Четыре вихря большего размера создают вихри типа YY и четыре точно таких же вихря, но много меньшего размера создают вихри типа ZZ. Место слипания образованной комбинации можно назвать экватором, а крайние торцы колец можно назвать полюсами. Внутри комбинации расположено отверстие, простирающееся от полюса до полюса, а снаружи

по экватору расположена экваториальная ложбина. При слипании нейтрального и полярного кольца момент кольцевого вращения полярного кольца по закону сохранения момента вращения передается всей комбинации и нейтральное кольцо приобретает полярность. При слипании однополярных колец момент вращения уничтожается, оба кольца в комбинации становятся нейтральными. Все восемь комбинированных вихрей могут двигаться только под воздействием внешних сил, ибо собственные движители составных вихревых колец работают в противоположных направлениях.

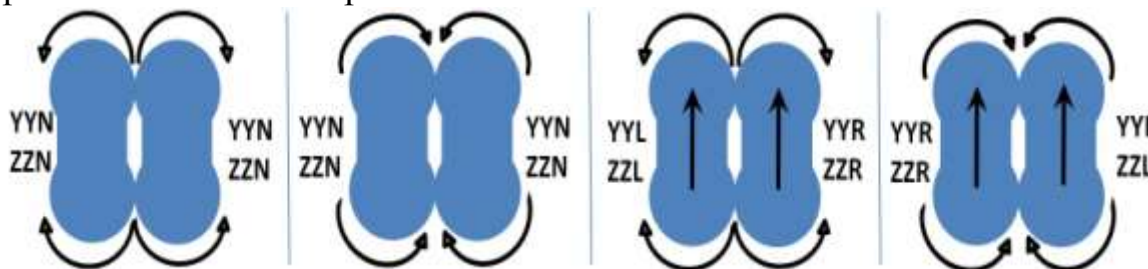


Рисунок 19-7. Слипание калиброванных вихрей групп YY и ZZ

В балансе сил между соприкоснувшимися торцами вихрями участвует целый комплекс сил. Причиной одной из классических сил отталкивания является центробежная сила. Причиной одной из классических сил притяжения является гравитационная сила. Но здесь эти силы ничтожны и не играют никакой роли. Главную роль играют силы, названные автором гравидинамическими. Если вращающиеся потоки среды гасят друг друга, то давление между объектами возрастает и возникает дополнительная гравидинамическая сила отталкивания. Если между вращающимися в газообразной среде объектами появляется общий поток среды, то давление между ними падает. Возникает дополнительная гравидинамическая сила притяжения. В балансе сил ей противостоит сила упругости. Слипание должно сопровождаться давлением вихрей друг на друга. Внешнее давление сильнее сжимает вихри, нарушая старый баланс сил. Лишний объем газа, который не уместается в новую одежду меньшего размера, сбрасывается в окружающую среду. В каждом вихре нового вихревого образования формируется новый баланс сил. У слипшихся вихрей уменьшается масса, образуется так называемый дефект масс. Грубым аналогом взаимодействия разнополярных вихревых колец является взаимодействие одинаковых кольцевых магнитов. Если белой краской пометить у первого магнита северный полюс, а у второго магнита южный полюс и черной краской пометить у первого магнита южный полюс, а у второго магнита северный полюс, то магниты будут притягиваться друг к другу двумя способами – либо белыми сторонами, либо черными сторонами. От перестановки свойства составного магнита не меняются. Совсем другое дело с перестановками в спаренных вихрях. Здесь свойства меняются кардинально. При слипании передними торцами комбинированный вихрь всасывает среду через оба отверстия и выпускает в экваториальную плоскость через экваториальную ложбину. Тогда, в

соответствии с направлениями потоков среды, такие комплексы можно было бы называть либо внутрискруйными, либо внешнеплоскостными.

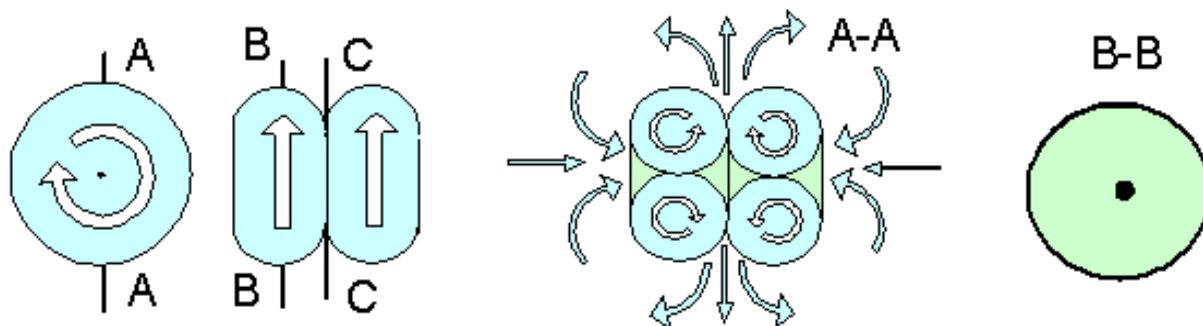


Рисунок 19-8. Слипание вихревых винтовых колец передними торцами

На рисунке выше изображена поверхность такого объекта. Слева на рисунке – вид с торца, правее - вид со стороны ребер нормальный и в разрезе, еще правее - разрез одного тороида. Плоскость, проходящая через место слияния (разрез С-С), является плоскостью зеркальной симметрии. Тороидальное вращение обоих тороидов с внешней стороны ребра направлено от плоскости симметрии, а с внутренней стороны – к плоскости симметрии вдоль оси симметрии. Кольцевое вращение обоих тороидов сонаправлено, поэтому комбинация имеет ненулевой момент вращения. Разрез А-А проходит через ось симметрии, вокруг которой тороиды вращаются.

На рисунке ниже показаны разрезы вихревых потоков. Слева рисунка вид разреза в плоскости соприкосновения тороидов, где среда закручивается спиралью. В зависимости от полярности, в этой плоскости среда либо втягивается по спирали внутрь спаренного вихря, либо по спирали выдувается из него. В центре рисунка вид разреза вдоль оси вращения, где среда закручивается отдельными четырьмя лепестками. Справа рисунка разрез одного тороида в плоскости экватора, где среда закручивается концентрическими окружностями.

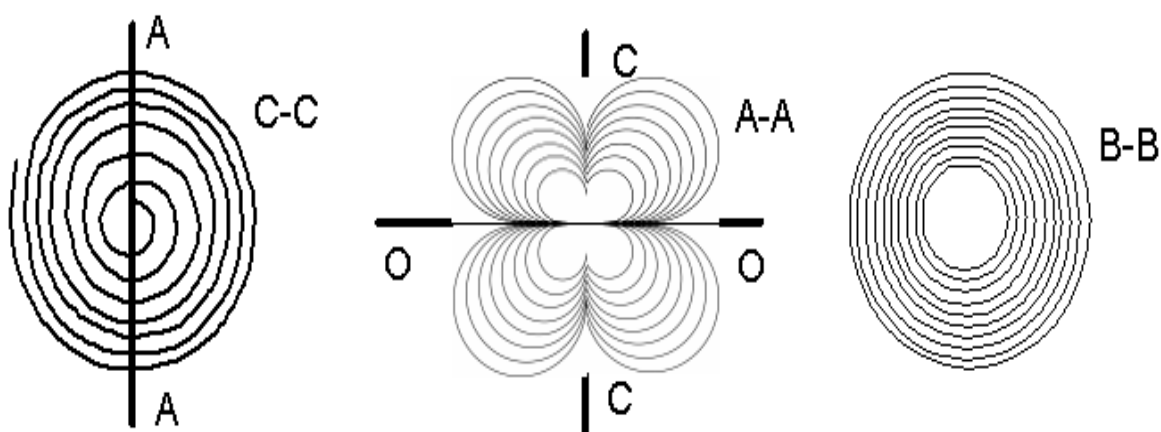


Рисунок 19-9. Вращение окружающей газовой среды вокруг спаренного вихря

При слипании задними торцами комбинированный вихрь всасывает среду через экваториальную ложбину, а выпускает через отверстия. Тогда, в

соответствии с направлениями потоков среды, такие комплексы можно было бы называть либо внешеструйными, либо внутрискосными.

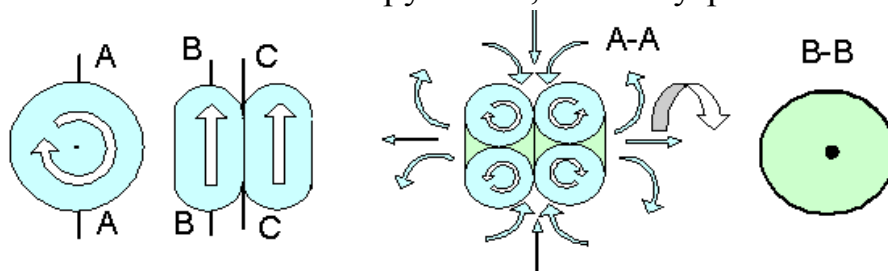


Рисунок 19-10. Слипание вихревых винтовых колец задними торцами

Будем считать, что в спаренных калиброванных вихрях оба вихря одинаковы. Тогда можно продолжить классификацию калиброванных вихрей, добавив дополнительные обозначения: Р – оба вихря полярные, А – вихри слиплись передними торцами, В – вихри слиплись задними торцами, С – вихри слиплись боками. Вихри первой группы должны иметь минимальные размеры, вихри четвертой группы должны иметь максимальные размеры. При слипании смерчей торцами снова получится смерч, при слипании боками получится спаренный смерч. Если вихри группы ZY слипаются передними торцами, то исчезают, растекаясь по плоскости. Если вихри группы ZY слипаются задними торцами, то превращаются в вихри ZZ. Как ранее было замечено, вихри группы YZ рано или поздно самопроизвольно превращаются в пакет вихрей Тейлора. Нейтральные сферические вихри Хилла по закону равномерного распределения суммарной кинетической энергии частиц рано или поздно превращаются в полярные вихри.

Таблица 11. Классификация спаренных калиброванных вихрей

Типы вихрей	1	2	3	4
Нейтральные, слипание передними торцами	ZZNA	-	YZN	YYNA
Нейтральные, слипание задними торцами	ZZNB			YYNB
Полярные, слипание передними торцами	ZZPA	-	YZP	YYPA
Полярные, слипание задними торцами	ZZPB			YYPB
Нейтральные, слипание боками	-	-	YZNC	-
Полярные, слипание боками	-	-	YZPC	-

Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то стабильных спаренных калиброванных вихрей в микромире может быть всего четыре типа – ZZPA, ZZPB, YYPA, YYPB. Исторически принято, чтобы в названиях элементарных частиц было окончание «-он». Было бы справедливо, если бы название спаренных калиброванных вихрей в микромире начиналось с «пара-», «двойка-» или «дуэт-». Поэтому автором предложено называть такие вихри дуэтонами.

20. Моделирование электрона и протона

Попробуем теперь с реальными элементарными частицами отождествить теоретически возможные устойчивые двухкольцевые вихревые конфигурации. Конечно же, прежде всего, интересуют конструкции электронов и протонов, из которых и состоят все атомы материи. Как ранее было замечено, одиночные элементарные калиброванные винтовые вихревые кольца (торсионы) не подходят в качестве моделей электронов и протонов по причине наличия у них самопроизвольного движения в пространстве. Этого недостатка лишены калиброванные спаренные винтовые вихревые кольца (дуэтоны), которые самостоятельно двигаться не способны. И удивительным образом количество стабильных элементарных заряженных частиц (электрон, позитрон, протон, антипротон) совпадает с количеством полярных дуэтонов групп ZZ и YY.

Экспериментальные данные:

- протон по геометрическим размерам больше электрона;
- у протона и у антипротона идентичны параметры, но разная полярность;
- у электрона и у позитрона идентичны параметры, но разная полярность;
- у протона и у позитрона одинаковая полярность;
- у электрона и у антипротона одинаковая полярность;
- количество протонов и электронов значительно больше количества соответствующих представителей антиматерии;
- частицы одной электрической полярности отталкиваются;
- частицы разной электрической полярности притягиваются;
- электрические силы взаимодействия являются дальнодействующими.

Экспериментов по рассеиванию протонов на электроне получить не удалось никому, в отличие от противоположных экспериментов. То, что протон намного больше электрона, доказано экспериментами по упругому рассеянию электронов на протоне. Впервые подобные эксперименты были проведены в начале 1950-х годов в Стэнфорде (США) на линейном ускорителе Mark III под руководством Роберта Хофштадтера (Нобелевская премия по физике 1961г.). В экспериментах исследовалась внутренняя структура протона путём изучения столкновений пучка электронов высоких энергий (2ГэВ) с протонами. Было обнаружено, что рассеяние электронов на протонах отличается от рассеяния электронов на точечных частицах – сечение рассеяния электронов протонами в зависимости от переданного импульса убывало быстрее, чем это предсказывалось для точечной мишени. Опыты Хофштадтера показали, что протон не был «точкой», а является протяженным объектом, имеющим внутреннюю структуру. Закон распределения, по которому рассеялись электроны после упругого столкновения с протоном, показан на рисунке ниже.

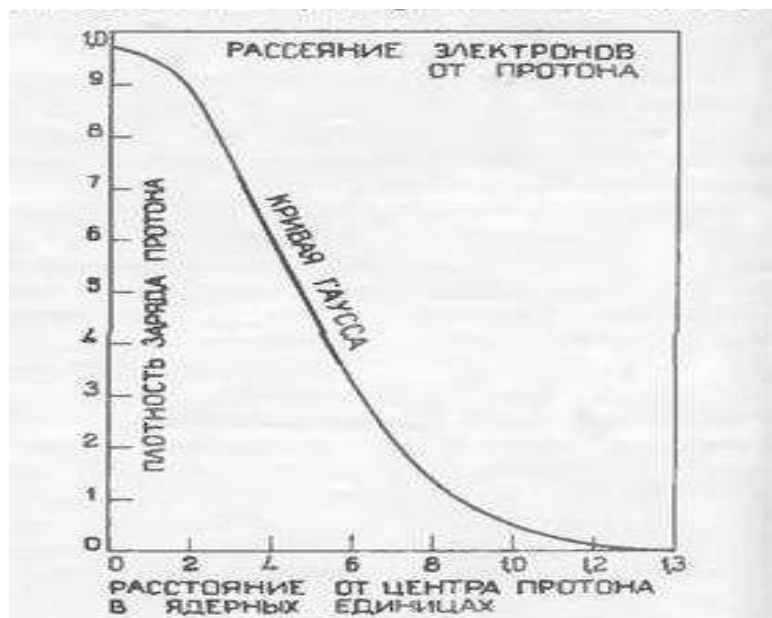


Рисунок 20-1. Рассеяние электронов после упругого столкновения с протоном

Итак, электрон меньше протона. Из этого факта следует, что не соответствуют истине модели атомов, в которых электроны больше ядра атома (например, модель Ацюковского или кольцевые модели Снелсона, Кушелева и Кожевникова). Если позитрон идентичен по параметрам электрону, тогда он тоже меньше протона. Антипротон идентичен по параметрам протону, их геометрические размеры одинаковы. Тогда электрону и позитрону можно поставить в соответствие спаренные вихри группы ZZ, а протону и антипротону – спаренные вихри группы YY.

Симметрии между материей и антиматерией не существует. Из протонов и электронов состоят атомы – элементарные макросоставляющие вещества нашего материального мира. Появляющиеся в нашем мире в небольших количествах представители антиматерии позитроны и антипротоны немедленно уничтожаются при взаимодействии с веществом. Если количество протонов и электронов значительно больше количества соответствующих представителей антиматерии, то можно предположить, что позитроны и антипротоны являются псевдостабильными частицами и рано или поздно распадаются или превращаются в протоны и электроны. Если самопроизвольный распад экспериментально не зафиксирован, то возможен распад при столкновениях с другими частицами. В наших моделях рассмотрим спаренные вихри группы ZZ. В вихрях ZZPA вихревые кольца слипаются передними торцами. Это означает, что каждое вихревое кольцо в комплексе пытается расширить своего соседа. При некоем внешнем воздействии при расширении колец баланс сил может нарушиться. При некоем критическом расширении процесс может стать необратимым, тогда составляющие комплекс кольца будут расширяться до состояния YYPA или до бесконечности. В вихрях ZZPB вихревые кольца слипаются задними торцами. Это означает, что каждое вихревое кольцо в комплексе пытается сузить своего соседа. Если при внешнем воздействии кольца начнут расширяться, то возникнет противоположающая сила,

пытающаяся вернуть комплексу прежние размеры. Получается, что комплексы ZZPB долговечнее комплексов ZZPA. Тогда электрон однозначно можно отождествить с комплексом ZZPB. На рисунках ниже показан внешний вид дуэтонных моделей электрона и протона. Элементарными составляющими моделей являются сферические вихри Хилла, в которых внешняя окружность кольца равна окружности тела кольца.

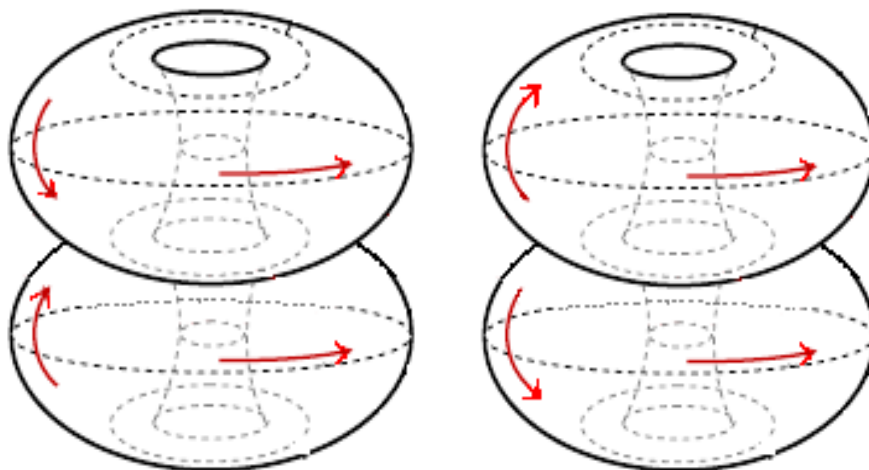


Рисунок 20-2. Слева - дуэтонная модель электрона и антипротона, справа – дуэтонная модель позитрона и протона.

Тогда противоположному состоянию ZZPA будет соответствовать позитрон. Теперь легко оставшиеся состояния сопоставить с большими частицами. Состояние YYPB одной полярности с ZZPB, поэтому соответствует антипротону. Состояние YYPA одной полярности с ZZPA, поэтому соответствует протону. Теперь каждому спаренному калиброванному комплексу можем дать собственное название. Состояние ZZPB моделирует отрицательный электрон, поэтому назовём его минусдуэтон. Состояние YYPA моделирует положительный протон, поэтому назовём его плюсдуэтон. К моделям античастиц добавим приставку «анти-». Состояние ZZPA назовём антиплюсдуэтон, а состояние YYPB назовём антиминусдуэтон. Так как электрон и протон представляются в виде механических образований, то соответственно и такому свойству как спин возвращается его первоначальный смысл – это механический момент кольцевого вращения.

Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то возможно существование электрона в виде отрицательного дуэтона меньших размеров, а протона – в виде положительного дуэтона больших размеров.

21. Моделирование кулоновского взаимодействия

Попытаемся определить физический смысл заряда в нашей вихревой модели. Здесь полярные дуэтоны отличаются от неполярных дуэтонов наличием кольцевого вращения. Отсюда следует логический вывод, что наличие заряда каким-то образом связано с наличием кольцевого вращения. Каким? Рассмотрим распространяющееся в пространстве кольцевое вращение в плоскостях экваторов дуэтонов. На дальнем расстоянии взаимодействие экваторами будет происходить по правилам взаимодействия линейных вихрей. Если направления вращения совпадают, то дуэтоны вращаются вокруг общего центра тяжести, который лежит между ними. В противном случае они толкают друг друга в одном направлении. Но притягиваться или отталкиваться на дальнем расстоянии они не могут. Таким образом, кольцевое вращение, распространяющееся перпендикулярно оси вращения, никакого отношения к заряду не имеет. В этой области кольцевое вращение смешивается с тороидальным вращением среды и образует единое вихревое поле, распространяющееся в трех измерениях. Здесь нужно особо обратить внимание математиков, что при расчёте энергии этого поля минимальным расстоянием является радиус вихревых колец.

В одной из своих работ Александр Шпильман тонко подметил, что одноторовая модель протона Ацюковского реально будет самостоятельно двигаться без приложения каких-либо внешних сил, не будет двигаться только двухторовая модель. Шпильман не увидел перспектив разработки и двухторовой модели. Он начал разрабатывать собственную модель, в которой элементарные частицы, непонятно из чего состоящие, взаимодействуют с помощью неких аксиальных выростов. Попробуем проверить, насколько верно второе ценное указание Шпильмана. Аксиальный, значит направленный вдоль оси. Аксиальный вырост применительно к нашей модели должен распространяться вдоль оси вращения от дуэтона. Вот и рассмотрим кольцевое вращение, распространяющееся вдоль этой оси. Начинаться оно должно от торцевого отверстия дуэтона. Само отверстие имеет форму воронки, тогда и начало кольцевого вращения, распространяющегося вдоль оси должно иметь форму воронки. В макром мире воронки тоже можно наблюдать при спуске воды через узкое отверстие на дне какой-либо ёмкости. При этом образуется тонкий линейный вихрь, который всегда распространяется до самой поверхности, какой бы высоты не была ёмкость. То есть, кольцевое вращение распространяется в одном измерении вдоль оси вихря лучше, чем в трёх измерениях в плоскости, перпендикулярной оси. И распространяться оно должно либо до границы среды, либо до полного затухания кольцевого вращения по причине потерь энергии вращения на трение. Процессы в микромире не должны отличаться - кольцевое вращение среды также должно привести к формированию на полюсах

дуэтонов воронкообразных вихрей. Воронки в макром мире формируются при втягивании в отверстие.



21-1. Воронки при спуске воды через отверстие на дне ёмкости

Нечто подобное однозначно должно происходить у отверстий внутриструйных положительных дуэтонов. Но вблизи отверстий внешнеструйных отрицательных дуэтонов должны происходить какие-то другие процессы. Здесь среда не втекает в отверстия, а вытекает из них. И тут в очередной раз вспомним про опыты Малюшевского. В исключительно редких случаях, когда переднее водяное вихревое кольцо приобретало форму вытянутого сферического вихря Хилла, оно выжимало заднее водяное кольцо в стабильную тонкую кумулятивную струю. В вакууме тонкая струя никогда не формировалась, происходило только кучное распыление. Отсюда следует, что сопротивление среды способствует закручиванию вытекающей из отверстия жидкости в высокостабильную тонкую воронку, аналогичную воронке, формирующейся при втягивании жидкости в отверстие.



Рисунок 21-2. Кумулятивный выброс в опыте Малюшевского

Точно так же, как и в опытах Малюшевского, в отрицательных дуэтонах мы имеем дело с вытянутыми сферическими вихрями Хилла, которые

имеют такую форму по причине наличия в вихревых кольцах двух максимумов стабильности. Точно так же вокруг вихря Хилла имеется среда, способная сжимать в тонкую струю вытекающий из отверстия поток. Можно предположить, что в отрицательном дуэтоне в аналогичных условиях будут формироваться аналогичные процессы. Единственное отличие в том, что в опыте Малюшевского содержимое струи формировалось из жидкости заднего водяного кольца, а в отрицательных дуэтонах слипшиеся задними торцами сферические вихри Хилла кумулятивные выбросы вынуждены формировать из внешней среды, втягиваемой в плоскости соприкосновения. По аналогии с выбросами из космических объектов вихревые воронки на торцах дуэтонов назовем джетами. В отрицательных дуэтонах джеты извергаются из полюсов тороидальным вращением колец. В положительных дуэтонах наоборот, джеты всасываются в полюса тороидальным вращением колец.

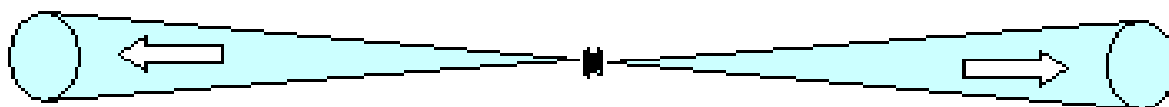


Рисунок 21-3. Распространение в пространстве исходящих джетов

Дуэтоны самостоятельно двигаться не могут, так как не имеют собственного движителя. Поступательную скорость относительно окружающей газообразной среды они могут приобрести только в результате взаимодействия с другими объектами. Силы, приводящие дуэтоны в движение, могут возникать и при ближнем и при дальнем взаимодействии. Ближние возмущения среды от неподвижного относительно окружающей газообразной среды дуэтона есть результат комбинированного действия кольцевого и тороидального вращения составляющих его торсионов. Они распространяются в пространстве в виде двух расширяющихся тороидальных вихрей, симметричных относительно плоскости соприкосновения, формируя магнитное поле дуэтона. На дальнее расстояние от неподвижного дуэтона распространяются два типа возмущений. Одно возмущение в виде плоской круговой струи распространяется в плоскости экватора, проходящей по середине между составляющими дуэтон торсионами. Другое возмущение в виде джетов возникает вдоль линейной оси на обоих торцах дуэтона, формируя электрическое поле дуэтона. Направление поступательного движения среды строго противоположно. Если в джетах среда движется к дуэтону, то в круговой струе среда движется от дуэтона. И наоборот, если в джетах среда движется от дуэтона, то в круговой струе среда движется к дуэтону. В данной модели именно джеты являются причиной кулоновского взаимодействия заряженных частиц. Джеты разных частиц с кольцевым вращением ведут себя аналогично двум вихревым воронкам в макром мире – если направления вращательного движения совпадают, то они постепенно изгибаются и разворачиваются раструбами друг к другу. У неподвижных или медленно движущихся относительно друг друга дуэтонов достаточно времени, чтобы пара торцевых воронкообразных

вихрей объединилась в один вихрь. При этом не имеет значения взаиморасположение осей дуэтонов относительно друг друга. Вихри объединятся в любом случае в единый веретенообразный вихрь.

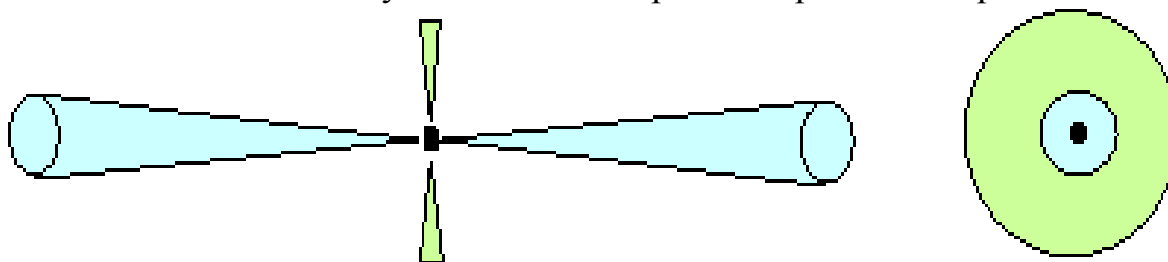


Рисунок 21-4. Возмущения среды неподвижным дуэтоном на дальнем расстоянии

При взаимодействии джетов отрицательных дуэтонов поступательное движение их стенок будет направлено навстречу друг другу, поэтому количество завихрённой среды начнёт увеличиваться. Соответственно, веретенообразный вихрь начнёт удлиняться, по причине чего дуэтоны начнут отталкиваться.

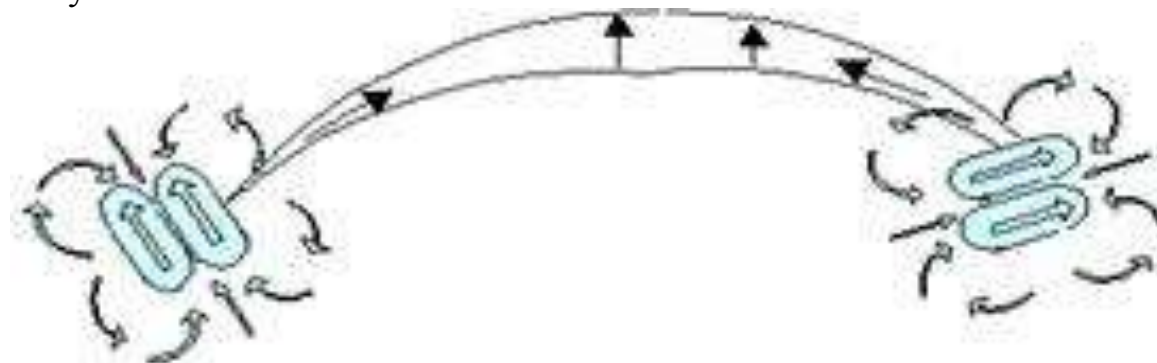


Рисунок 21-5. Изгибание и объединение раструбов джетов отрицательных дуэтонов с последующим отталкиванием их друг от друга

При взаимодействии джетов положительных дуэтонов поступательное движение их стенок будет направлено прочь друг от друга. В середине веретенообразного общего джета количество завихрённой среды снова начнёт увеличиваться. Соответственно, веретенообразный вихрь опять начнёт удлиняться, по причине чего дуэтоны начнут отталкиваться.

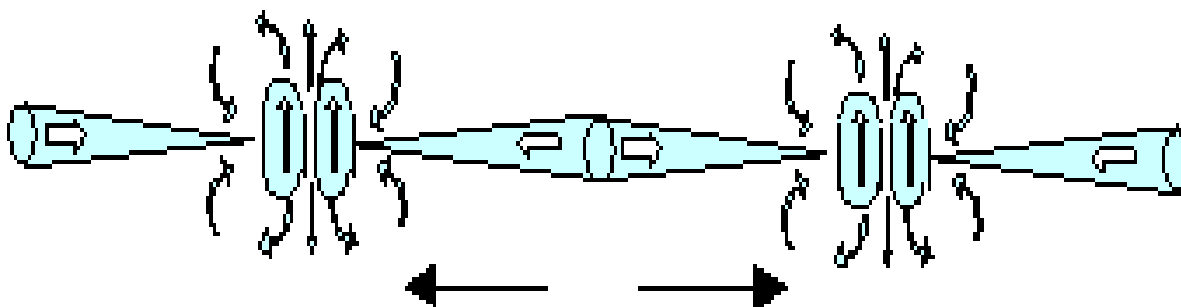


Рисунок 21-6. Отталкивание между положительными дуэтонами одного размера

При взаимодействии дуэтонов разного размера есть одна особенность. Если один дуэтон намного меньше другого, то развиваемая им скорость намного больше (по закону сохранения импульса). С некоторой долей погрешности можно сказать, что при взаимодействии один дуэтон остается

неподвижным, а другой движется прочь от него. На принципы взаимодействия джетов относительные размеры дуэтонов никак не влияют.

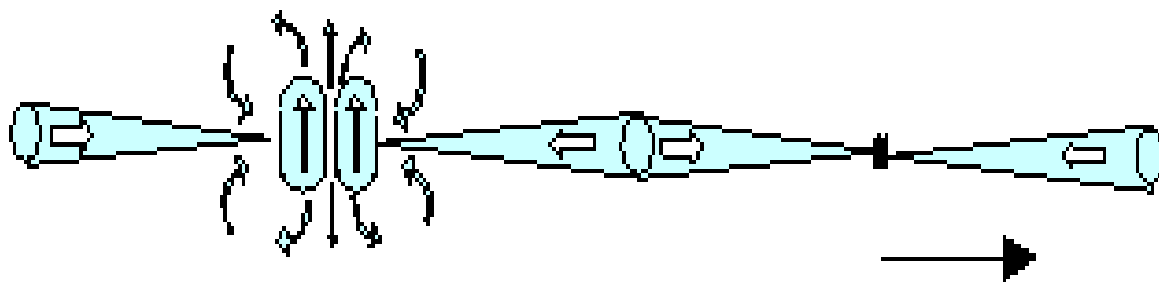


Рисунок 21-7. Взаимодействие однополярных дуэтонов разного размера

Совсем другие физические процессы будут происходить при совпадении поступательного движения стенок объединённых джетов. Одновременное совпадение вращательного и поступательного движения возможно только между джетами дуэтонов разной полярности. Только в этом случае внутри веретенообразного вихря будет возникать область особо пониженного давления (как внутри смерча), между дуэтонами возникнет туннель с пониженным давлением среды внутри, а нормальное давление среды вокруг частиц начинает толкать частицы друг к другу вдоль туннеля.

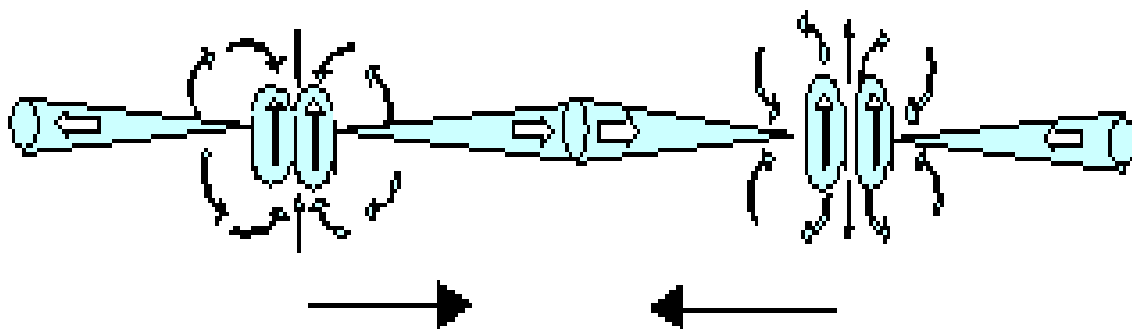


Рисунок 21-8. Притяжение разнополярных дуэтонов одного размера

Если же дуэтоны разного размера, то с некоторой долей погрешности можно сказать, что один дуэтон остается неподвижным, а другой движется к нему.

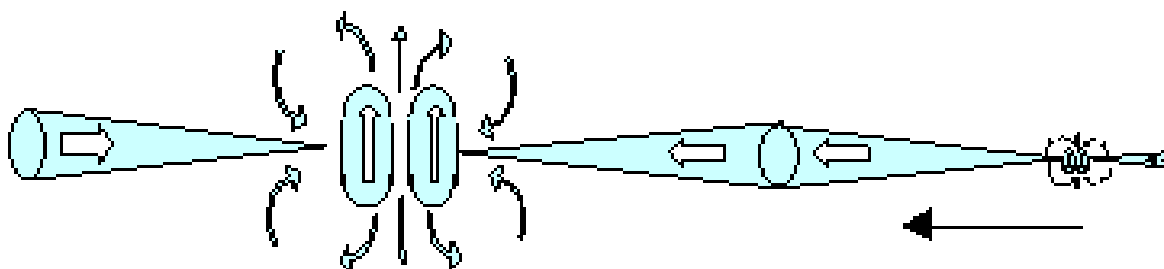
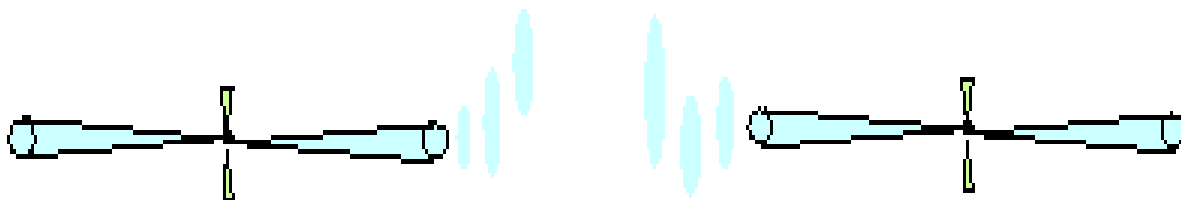


Рисунок 21-9. Взаимодействие разнополярных дуэтонов разного размера

Расстояние, на котором дуэтоны могут взаимодействовать, хоть и очень велико, но конечно. Область пространства, за которой торцевые вихри полностью рассасываются в окружающей газовой среде, уже не доступна для взаимодействия.



**Рисунок 21-10. Область пространства в середине
недоступна для взаимодействия**

Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то можно смоделировать процесс механического формирования элементарного заряда. В нашей модели отпадает проблема упаковки элементарного заряда, потому что не существует никакого статически распределённого заряженного протовещества со способностью отталкивания друг от друга составляющих частей. Элементарный заряд не распределяется равномерно по поверхности или по объёму элементарной частицы. Поэтому к вращающейся элементарной частице нельзя применять макрофизическое представление, согласно которому вращение тела с зарядом на его поверхности неизбежно влечет за собой циркуляцию электрического заряда (электрический ток). Соответственно неприемлемо рассчитывать магнитный момент элементарной частицы по циркуляции электрического тока. Наличие элементарного заряда напрямую связано только с наличием в объекте двух джетов. Можно также сказать, что элементарный заряд – это количество потока гидродинамической среды, проходящего через два джета вихревого объекта в единицу времени. Такому определению больше всего соответствует определение элементарного заряда Алимановым. При взаимодействии частиц разной полярности и разного размера джеты извергаются одними частицами и поглощаются другими частицами (нечто похожее придумано в квантовой электродинамике, где элементарные частицы обмениваются γ -квантами). Именно поэтому заряд одинаков у всех частиц, независимо от их размера. Поясним еще некоторые интересные вопросы. Почему заряд квантуется? Потому что квантуется количество торцевых вихрей. Рассмотренные выше стабильные дуэтоны распространяют в пространстве сразу два торцевых вихря. Это минимально возможное количество. У таких вихревых комплексов заряд равен единице. Возможны более сложные вихревые комплексы - комбинации стабильных дуэтонов. Если, например, заряд комплекса положителен и равен четырем, то он втягивает в себя сразу восемь торцевых воронкообразных вихря. Если, например, заряд комплекса отрицателен и равен трем, то он извергает в окружающее пространство сразу шесть торцевых воронкообразных вихря.

22. Типы гидродинамических взаимодействий частиц

В гидродинамической модели существует всего три типа взаимодействий между частицами. Напомним, что классические гравитационные силы в микромире столь малы, что ими обычно пренебрегают и никогда не учитывают. На дальних расстояниях между частицами существует только электрическое взаимодействие с помощью аксиальных джетов. Если частицы имеют одинаковую полярность, то они будут отталкиваться, но не до бесконечности, как принято считать в официальной науке, а только до некоего критического расстояния, на котором существуют джеты. На больших расстояниях, где движение и вращение джетов уже полностью растворяется в гидродинамической среде микромира, электрическое взаимодействие частиц невозможно.

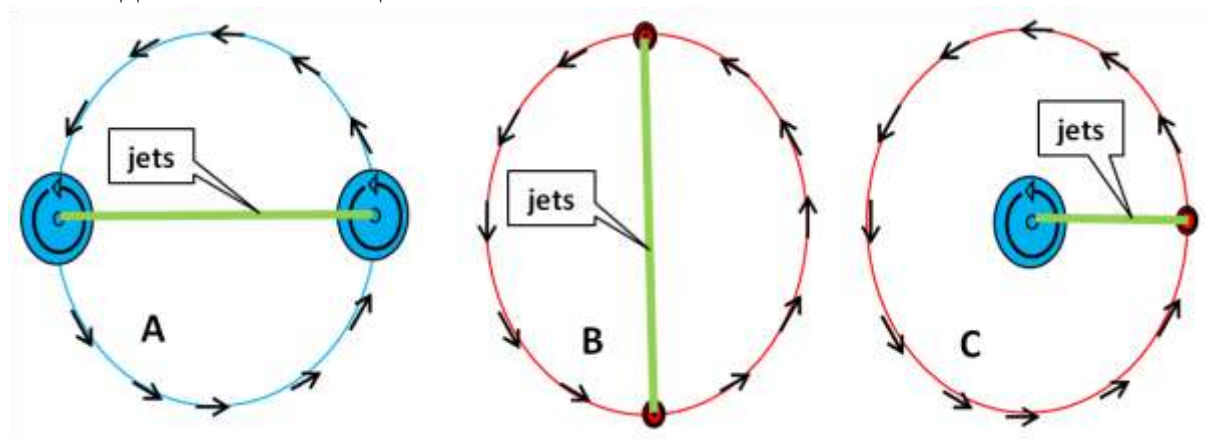


Рисунок 22-1. Вращение вокруг центра масс: С- протона и электрона или антипротона и позитрона, А-протона и антипротона, В-электрона и позитрона

Если частицы имеют разную полярность, то они начнут притягиваться друг к другу, если расстояние между ними не превышает критическое расстояние. В естественных условиях притяжение частиц редко заканчивается их столкновением. Чаще всего притяжение заканчивается вращением вокруг общего центра масс (рис. выше).

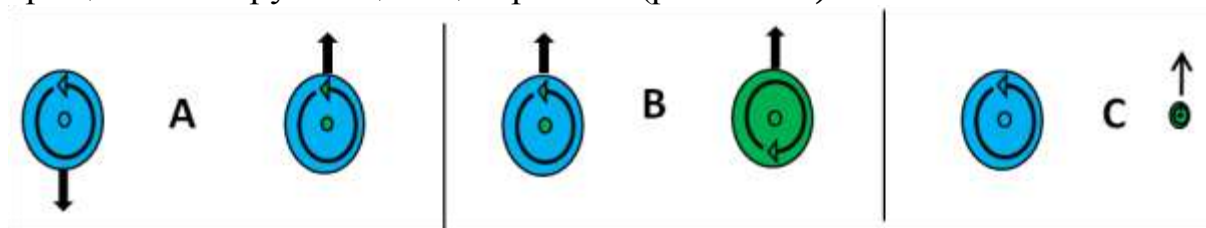


Рисунок 22-2. Спиновое взаимодействие частиц : А-при параллельных спинах, В-при антипараллельных спинах, С-при разных размерах частиц

При неких средних расстояниях спиновое взаимодействие между частицами становится соизмеримыми с электрическими силами (рис. выше). Направления спинового взаимодействия определяется по правилам взаимодействия вихрей. Если спины параллельны, то частицы толкают друг друга в противоположных направлениях, перпендикулярных линии, их соединяющей. Если спины антипараллельны, то частицы толкают друг

друга в одном направлении, перпендикулярном линии, их соединяющей. Если масса одной частицы намного больше массы другой частицы, то смещаться будет только меньшая частица, смещением большей частицы можно пренебречь.

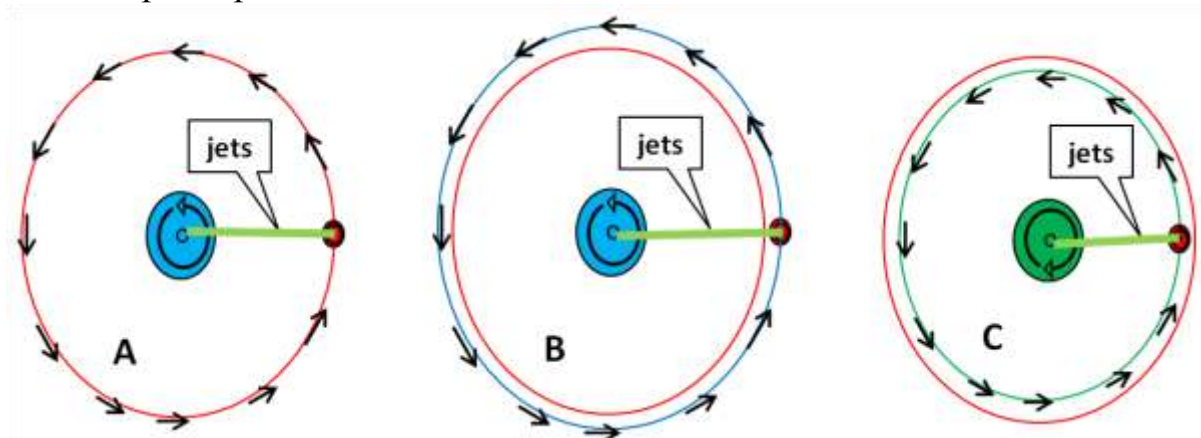


Рисунок 22-3. Спиновое влияние:
А-без влияния, В- ускоряющее, С-тормозящее

На рисунке выше показан пример спинового взаимодействия протона на орбиту вращающегося вокруг него электрона. Если направления орбитального вращения электрона и спинового вращения протона совпадают, то электрон дополнительно ускоряется и переходит на более высокую орбиту. Если направления орбитального вращения электрона и спинового вращения протона противоположны, то электрон тормозится и переходит на более низкую орбиту.

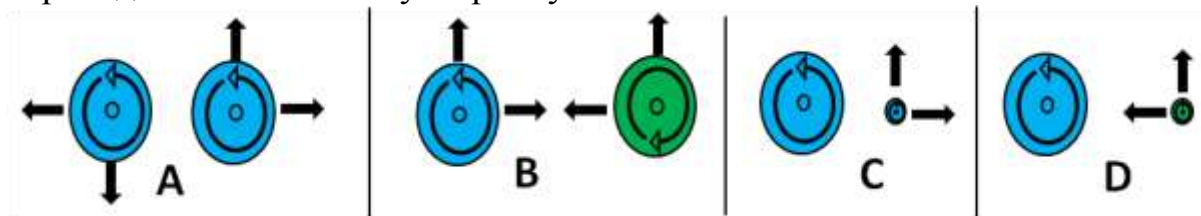


Рисунок 22-4. Принципы ядерного взаимодействия: А-спины параллельны, В-спины антипараллельны, С и D – частицы разных размеров

При неких малых расстояниях электрические силы становятся соизмеримы с ядерными силами, а на расстояниях, соизмеримых с размерами частиц, уже можно пренебречь электрическими силами, так как они на несколько порядков становятся меньше ядерных сил. На рисунке выше изображены принципы ядерного взаимодействия, соответствующие правилам взаимодействия вихрей на малых расстояниях. Спиновое взаимодействие сохраняется. Если спины параллельны, то ядерные силы отталкивают частицы друг от друга, независимо от наличия у них заряда. Если спины антипараллельны, то ядерные силы притягивают частицы друг к другу, независимо от наличия у них заряда. Если одна частица намного больше другой, то движением большой частицы можно пренебречь, двигаться будет только меньшая частица.

23. Моделирование нейтрона

Информация из “Википедия”: «**Нейтрон** - тяжёлая элементарная частица, не имеющая электрического заряда. Нейтрон является фермионом и принадлежит к классу барионов. Нейтроны и протоны являются двумя главными компонентами атомных ядер; общее название для протонов и нейтронов — нуклоны... Открытие нейтрона (1932) принадлежит физiku Джеймсу Чедвику, который объяснил результаты опытов В. Боте и Г. Беккера (1930), в которых обнаружилось, что α -частицы, вылетающие при распаде полония, воздействуя на лёгкие элементы, приводят к возникновению сильно проникающего излучения. Чедвик первый предположил, что новое проникающее излучение состоит из нейтронов и определил их массу... Античастицей нейтрона является антинейтрон, который не совпадает с самим нейтроном. Нейтрон аннигилирует с антинейтроном и другими антиадронами... Поскольку нейтрон тяжелее протона, то он может распадаться в свободном состоянии. Единственным каналом распада, разрешённым законом сохранения энергии и законами сохранения электрического заряда, барионного и лептонного квантовых чисел, является бета-распад нейтрона на протон, электрон и электронное антинейтрино.

...нейтрон является настоящим долгожителем среди элементарных частиц: его время жизни, приблизительно равное 15 минутам, примерно в миллиард раз больше времени жизни мюона — следующей за нейтроном метастабильной частице по времени жизни. Кроме того, разница масс между протоном и нейтроном, составляющая около 1,3 МэВ, невелика по меркам ядерной физики. Вследствие этого в ядрах нейтрон может находиться в более глубокой потенциальной яме, чем протон, и потому бета-распад нейтрона оказывается энергетически невыгодным. Это приводит к тому, что в ядрах нейтрон может быть стабильным. Более того, в нейтронно-дефицитных ядрах происходит бета-распад протона в нейтрон (с захватом орбитального электрона или вылетом позитрона); этот процесс энергетически запрещён для свободного протона... Внутренняя структура нейтрона впервые была экспериментально исследована Р. Хофштадтером путём изучения столкновений пучка электронов высоких энергий (2 ГэВ) с нейтронами, входящими в состав дейтрона. Нейтрон состоит из тяжёлой сердцевины (керна) радиусом $\approx 0,25 \cdot 10^{-15}$ м, с высокой плотностью массы и заряда, которая имеет общий заряд $\approx +0,35 e$, и окружающей его относительно разреженной оболочки... Нейтрон — единственная из имеющих массу покоя элементарных частиц, для которой непосредственно наблюдалось гравитационное взаимодействие — искривление в поле земного тяготения траектории хорошо коллимированного пучка ультрахолодных нейтронов. Измеренное гравитационное ускорение нейтронов в пределах точности эксперимента совпадает с гравитационным ускорением макроскопических тел».

Табличные данные:

$Q=0$ – электрический заряд нейтрона;

$S=1/2$ - спин нейтрона;

$m_n=1,674\,927\,471(21)*10^{-27}$ кг - масса покоя нейтрона;

$m_n=939.5656328$ Мэв – энергетический эквивалент массы нейтрона;

$m_n/m_e=1838.6836624$ – отношение масс нейтрона и электрона;

$m_n/m_p=1.0013784049$ - отношение масс нейтрона и протона;

$\lambda_{c_n}=1.3195911012*10^{-15}$ м - комптоновская длина волны нейтрона;

$\mu_n=0.966237074*10^{-26}$ Дж/Тл - магнитный момент нейтрона;

$\mu_n=-1,913\,042\,73(45)$ - магнитный момент в ядерных магнетонах;

$\tau=880,0 \pm 0,9$ секунд - время жизни в свободном состоянии;

$T_{1/2}=\tau \cdot \ln 2=610,0 \pm 0,6$ секунд – период полураспада;

$R_G=2,48*10^{-54}$ м – гравитационный радиус нейтрона;

$R_n=0,75*10^{-15}$ м – расстояние от центра нейтрона до максимума плотности отрицательного электрического заряда.

Механические модели нейтрона сводятся в основном к вращению электрона вокруг протона на самой низкой теоретически возможной орбите. Основанием для этого служат экспериментальные данные по распределению заряда в нейтроне. Положительный заряд полностью сосредоточен в сфере радиусом 0,7 Фм (см. рисунок ниже). Отрицательный заряд располагается дальше от центра нейтрона, на расстоянии от 0,7 Фм до 2 Фм.

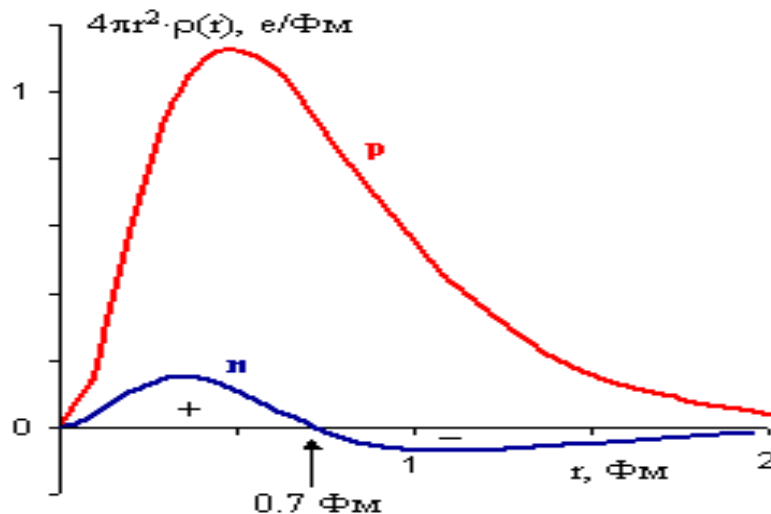


Рисунок 23-1. Распределение заряда в протоне и в нейтроне

Типичной является механическая модель нейтрона Бориса Васильева. В статье “Некоторые проблемы физики элементарных частиц и постулат Гильберта” значение радиуса нейтрона он вывел следующим образом:

«...тот факт, что нейтрон нестабилен и распадается на протон и электрон (+ антинейтрино), даёт основание относить его к неэлементарным составным частицам. Рассмотрим составную частицу, в которой вокруг протона со скоростью $v \rightarrow c$ вращается частица с массой покоя m_e и зарядом $-e$... Выберем цилиндрическую систему координат, в которой ось z совпадёт с направлением магнитного момента протона... При таком

выборе введём следующие обозначения для компонент поля и параметров вращения: $\vec{\beta} \equiv \vec{\beta}_0 = \vec{v}_0/c$; $\mathbf{H} \equiv \mathbf{H}_z$; $\mathbf{E} \equiv \mathbf{E}_r$.

Между положительно заряженным протоном и отрицательно заряженным электроном должна существовать сила кулоновского притяжения

$$\mathbf{F}_e = e\gamma^* \{ \mathbf{E} - [\vec{\beta} \times \mathbf{H}] \}, \text{ здесь } \gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$$

Кроме силы F_e на вращающийся электрон будет действовать сила Лоренца $\mathbf{F}_L = e\mathbf{E}_L$, возникающая за счёт его взаимодействия с магнитным моментом протона μ_p . Движущийся в магнитном поле H наблюдатель «видит» в своей системе электрическое поле:

$$\mathbf{E}_L = \left[\vec{\beta} \times \frac{\mathbf{H} + [\vec{\beta} \times \mathbf{E}]}{\sqrt{1-\beta^2}} \right]$$

В равновесии силы $\mathbf{F}_e$ и $\mathbf{F}_L$ будут уравновешены центробежной силой

$$\mathbf{F}_c = \frac{m_e c^2 \beta^2}{R_0 \sqrt{1-\beta^2}} \frac{\mathbf{R}_0}{R_0}.$$

и силой, создаваемой магнитным полем кольца стремящейся его разорвать

$$\mathbf{F}_b = e\beta\mu_0/(\mathbf{R}_0^3)$$

здесь μ_p и μ_0 – магнитные моменты протона и токового кольца. Таким образом, получаем уравнение, определяющее равновесие сил...

В этой системе электрическое поле направлено по радиусу

$$\mathbf{E} \equiv \mathbf{E}_r = (e/R_0^2)(\mathbf{R}_0/R_0)$$

Магнитное поле в системе создаётся магнитным моментом протона

$$\mathbf{H} = \gamma\mu_p \vec{r}/(\mathbf{R}_0^3)$$

В результате учёта этих слагаемых уравнение с неизвестными R_0 и β приобретает вид:

$$\frac{R_0}{\alpha r_c} = \left(\frac{1}{\beta^2} - 1 + 2 \frac{\mu_p}{\beta e R_0} - \frac{\mu_0}{\beta \gamma e R_0} \right).$$

здесь $\alpha = e^2/\hbar c$ – постоянная тонкой структуры, $r_c = \hbar/m_e c$ – радиус Комптона, $\mu_0 = eR_0\beta/2$ – магнитный момент токового кольца. Для того чтобы записать второе уравнение, связывающее эти параметры, используем теорему вириала. Согласно этой теореме кинетическая энергия частиц, объединённых электромагнитным взаимодействием, при их финитном движении равна половине их потенциальной энергии, взятой с обратным знаком

$$E_{kin} = -\frac{e}{2}(\varphi + \beta A) = \frac{e}{2} \left\{ \frac{e}{R_0} - \frac{\mu_0}{R_0^2} + \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{\mu_p}{R_0^2} \right\}$$

С другой стороны, согласно определению, кинетическая энергия релятивистского электрона: $E_{kin} = m_e c^2 ((1/\sqrt{1-\beta^2}) - 1)$

поэтому второе уравнение, связывающие эти параметры, приобретает вид:

$$m_e c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{e^2}{R_0} - \frac{e\mu_0}{R_0^2} + \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{e\mu_p}{R_0^2} \right\}.$$

Решая совместно уравнения, получаем

$$R_0 = 0,3808 \alpha r_c \approx 1,0732 \cdot 10^{-15} \text{ м} \text{ и } \beta \approx 0,92448 \gg$$

Не вдаваясь в тонкости вычислений, можно определить, что в данном случае автор, избрав путь механического представления строения нейтрона, остался верен старым догмам. Первая догма – скорость электрона не может быть больше скорости света. Именно поэтому автор пользуется релятивистскими формулами. В нашей механической модели скорость света является всего лишь скоростью распространения поперечных волн, наподобие скорости распространения волн от качающегося в воде поплавка. В макромире скорость распространения поперечных волн никаким пределом скорости не является. В макромире не является пределом даже скорость распространения продольных волн (скорость звука), которая на два порядка больше скорости распространения поперечных волн. Нет никаких оснований считать, что в микромире физические законы отличаются от физических законов макромира. Вторая догма – электрон не должен упасть на протон. Простите, но осмелюсь задать вопрос: «А как же он должен себя вести при полной потере кинетической энергии в результате столкновения с другим объектом?». Ведь тогда остаётся только одна кулоновская сила. Наша механическая модель позволяет дать ответ на этот вопрос. В этой модели протон и электрон являются вихревыми объектами, поэтому при тесном сближении будут просто взаимодействовать по законам взаимодействия вихрей. Падение электрона на протон завершится установлением нового баланса сил, в котором кулоновской силе будет противостоять уже не центробежная сила, а сила упругости. А скорость орбитального вращения мелкого объекта будет задаваться только параметрами вихревого взаимодействия. Получается, что если в расчетах в балансе сил находится центробежная сила, то расчёты эти яйца выеденного не стоят.

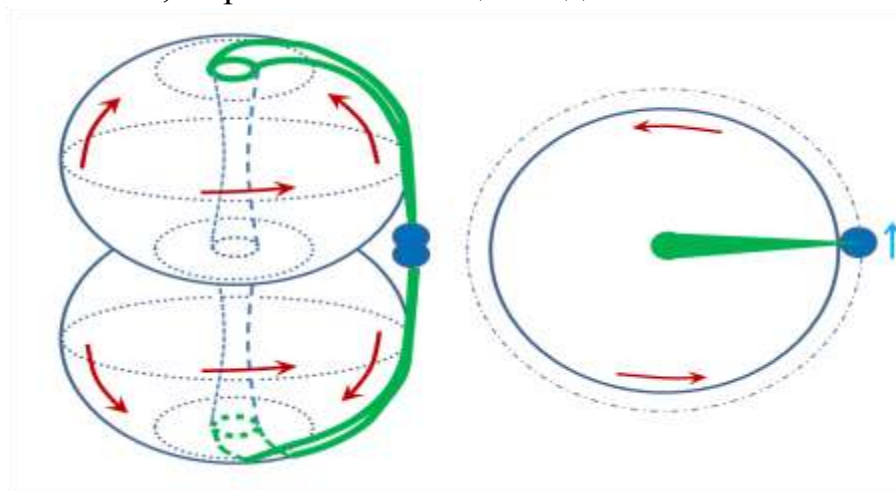


Рисунок 23-2. Дуэтонная модель нейтрона

На рисунке выше изображено в двух проекциях геометрическое строение нейтрона с точки зрения вихревой механической модели. Справа показан вид протона с полюса. Электрон по круговой орбите вращается вокруг протона в том же направлении, в каком происходит кольцевое вращение протона. Слева показан вид сбоку с небольшим наклоном. Кулоновские силы формируются двумя джетами, связывающими полюса электрона и

протона. Каждый джет тянет электрон к соответствующему полюсу протона. По этой причине положение электрона в срединной плоскости протона было бы неустойчивым, если бы протон имел простую форму. В самом деле, в этом случае при любом внешнем возмущении электрон становится ближе к какому-то одному полюсу. Тогда джет к ближнему полюсу станет короче, чем джет до дальнего полюса. Соответственно, ближний полюс станет сильнее притягивать, чем дальний полюс. Такое состояние можно назвать потенциальной вершиной. Любое смещение в сторону от вершины приводит к скатыванию с горы. Так и электрон скатился бы от срединной плоскости и втянулся в полюс протона. Но в нашей модели протон состоит из двух сферических вихрей Хилла, симметричных относительно срединной плоскости. Расстояние, на котором электрон находится от оси симметрии протона, определяется балансом сил. Кулоновскую силу формируют воронки джетов, втекающие в полюса протона. Они тянут электрон в сторону оси симметрии протона. Силу, противодействующую кулоновской силе, формирует плоский поток, начинающийся на оси симметрии протона и растекающийся в разные стороны от срединной плоскости. Он отталкивает электрон прочь от оси симметрии. Сила отталкивания имеет минимум в срединной плоскости и максимумы на экваторах сферических вихрей Хилла. Получается, что в срединной плоскости расположена уже не потенциальная вершина, а потенциальная яма. Попавший в неё электрон самостоятельно выбраться из неё уже не в состоянии. Только внешнее воздействие (столкновение с другим электроном, например) с энергией, превышающей глубину потенциальной ямы, способно вышибить электрон из срединной плоскости. То есть, нейтрон может быть стабилен только внутри ядра атома в условиях отсутствия внешних воздействий. Ни на поверхности ядра, ни за пределами ядра атома нейтрон не может быть стабильным.

В ядерных масштабах силы взаимодействия между нуклонами официальной наукой называются ядерными силами. Согласно измерениям, любыми другими силами на таких расстояниях можно пренебречь, потому что следующие по интенсивности силы (электрические) на два порядка меньше. В гидродинамической модели фактически в ядре атома непосредственно тесным контактом нуклоны взаимодействуют между собой только по законам взаимодействия вихрей – если спины параллельны, то нуклоны отталкиваются экваторами, если спины противоположны, то любые нуклоны притягиваются экваторами. **Притягиваются друг к другу любые нуклоны, даже протон к протону.** Ни в какой другой модели возможность такого взаимодействия не рассматривается. С появлением возможности притяжения между любыми нуклонами сразу отпадает проблема развала ядра по причине отталкивания протонов. Остаётся только проблема определения оптимальной упаковки нуклонов в ядре. Здесь может пригодиться опыт изучения статических конфигураций линейных вихрей.

Данная модель также проясняет причины, по которым только внутри протонно-избыточных (нейтронно-дефицитных) ядер протоны превращаются в нейтроны, а для свободных протонов такой процесс невозможен. Если под воздействием кулоновских сил электрон приблизится и притянется к протону, попавшему внутрь ядра, то в тесноте ядра он потеряет кинетическую энергию и упадёт на протон, образуя с ним нейтронную комбинацию. В рамках данной модели невозможно образование нейтрона в результате испускания протоном позитрона. Размеры электрона (на порядок меньше) позволяют ему полностью размещаться в ложбине между половинками протона. Благодаря чему в ядре атома нейтроны могут размещаться с максимальной упаковкой, ограничивающейся только геометрическими размерами протона. Структуру ядра атома можно сравнить со структурой лесного ореха. Внутренность ядра составляют исключительно только нейтроны. Внешняя оболочка ядра атома состоит исключительно из протонов. Если нейтрон случайно окажется на поверхности ядра, то внешние воздействия вышибут электрон из нейтронной ложбины, благодаря чему электрон станет составной частью электронной оболочки атома, а протон останется на поверхности ядра.

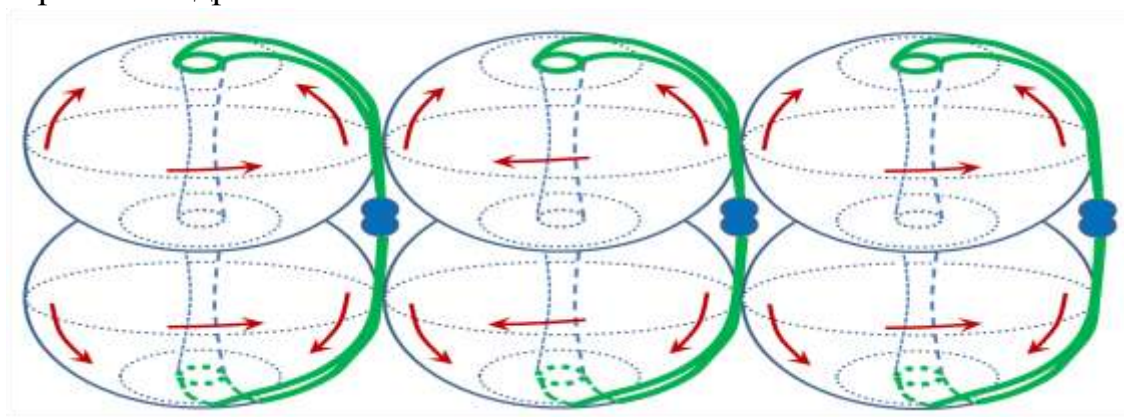


Рисунок 23-3. Принцип тесного расположения нейтронов в ядре атома

По современным научным представлениям масса эквивалентна энергии – энергия может превращаться в массу, а масса может превращаться в энергию. В механической модели микромира взаимопревращение массы и энергии невозможно. Если объект теряет массу, то это означает, что часть массы объекта рассеялась в окружающей среде. Если масса объекта увеличивается, то это означает, что соответствующее количество частиц среды с эквивалентной суммарной массой присоединилось к массе объекта. Электрон и протон в готовом виде уже находятся внутри нейтрона, а не формируются в процессе его распада. Аналогично протоны и нейтроны в готовом виде находятся внутри ядра атома, а не формируются в процессе испускания ядром нейтронов, протонов или α -частиц. Масса ядра атома меньше суммарной массы всех его нуклонов. Дефицит массы ядра приравнивается к энергии связи составляющих ядро нуклонов. А в нейтроне всё наоборот - масса нейтрона больше суммы масс протона и электрона.

$m_p = 1,672621898 \cdot 10^{-27}$ кг – масса покоя протона;
 $m_e = 9,10938356 \cdot 10^{-31}$ кг – масса покоя электрона;
 $m_n = 1,6749274712 \cdot 10^{-27}$ кг – масса покоя нейтрона;
 $m_p + m_e - m_n = -13,94634844 \cdot 10^{-31}$ кг ($> m_e$) – недостаток массы.

В нашей механической модели распад нейтрона осуществляется только в результате внешнего воздействия. Именно поэтому вылетающий электрон имеет разную кинетическую энергию – чем сильнее внешнее воздействие, тем больше кинетическая энергия электрона, вылетевшего из нейтрона. Кроме протона и электрона в нейтроне имеются ещё и джеты, соединяющие электрон и протон. То есть, в результате внешнего воздействия нейтрон распадается на протон, электрон и джеты. Часть энергии и момента вращения уносят обрывки джетов, образованные при внешнем воздействии на электрон внутри нейтрона. Отсюда же следует, что масса нейтрона состоит из массы протона, массы электрона и массы джетов. Соответственно формула распада нейтрона в данной модели принимает следующий вид:

$$n \rightarrow p + e + j; \quad m_n = m_p + m_e + m_j; \quad m_j = 13,94634844 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

где j – обрывки джетов, m_j – масса обрывков джетов.

Если сопоставить с официальной интерпретацией распада нейтрона, то можно сделать предположение, что в гидродинамической модели роль нейтрино могут выполнять обрывки джетов. Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то возможно построить внутренне непротиворечивую механическую модель нейтрона.

Обрывки джетов могут быть стабильными только в том случае, если скорость кольцевого вращения соответствует пику стабильности. Самостоятельного движителя они не имеют, поэтому могут двигаться только по инерции со скоростью, полученной при распаде нейтрона. Заряда они не имеют, поэтому слабо взаимодействуют с веществом.

24. Моделирование мюона

Информация из Википедии: «Мюон в стандартной модели физики элементарных частиц — неустойчивая элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом и спином $\frac{1}{2}$. Вместе с электроном, тау- лептоном и нейтрино классифицируется как часть лептонного семейства фермионов. Так же как они, мюон, по-видимому, бесструктурен и не состоит из каких-то более мелких частиц. Как и все фундаментальные фермионы, мюон имеет античастицу с квантовыми числами (в том числе зарядом) противоположного знака, но с равной массой и спином: **антимюон** (чаще частицу и античастицу называют соответственно отрицательным и положительным мюоном). Мюонами называют также мюоны и антимюоны в совокупности... По историческим причинам, мюоны иногда называют **мю-мезонами**, хотя они не являются мезонами в современном представлении физики элементарных частиц. Масса мюона в 207 раз больше массы электрона; по этой причине мюон можно рассматривать как чрезвычайно тяжёлый электрон. Мюоны обозначаются как μ^- , а антимюоны как μ^+ . На Земле мюоны регистрируются в космических лучах, они возникают в результате распада заряженных пионов. Пионы создаются в верхних слоях атмосферы первичными космическими лучами и имеют очень короткое время распада — несколько наносекунд. Время жизни мюонов достаточно мало — 2,2 микросекунды, тем не менее эта элементарная частица рекордсмен по времени жизни и дольше её не распадается только свободный нейтрон... Положительный мюон, остановленный в обычной материи, может связать электрон и сформировать *мюоний* (Mu) — атом, в котором мюон действует как ядро. Приведенная масса мюония и, следовательно, его боровский радиус близки к соответствующим величинам для водорода, вследствие чего этот короткоживущий атом в первом приближении ведет себя в химических реакциях как сверхлёгкий изотоп водорода».

Табличные данные:

$m_\mu = 1.883532711 \cdot 10^{-28}$ кг — масса мюона;

$m_\mu = 105.65838934$ Мэв — энергетический эквивалент массы;

$m_\mu/m_e = 206.7682623$ — отношение массы мюона к массе электрона;

$\mu_\mu = 4.490451415 \cdot 10^{-26}$ Дж/Тл — магнитный момент мюона;

$\mu_\mu/m_n = 8.890598113 \cdot 10^{-3}$ магнитный момент в ядерных магнетонах;

$\mu_\mu/\mu_p = 3.1833454747$ * отношение магнитных моментов мюона и протона.

$\mu_\mu/m_b = 4.84197$ * - магнитный момент в магнетонах Бора;

Широко распространены модели элементарных частиц, в которых авторы математическими методами пытаются подогнать результаты расчётов под значения экспериментальных данных. Типичной является модель мюона Шульмана. В качестве подгоночного объекта он использует некий протомюон с подгоночными физическими параметрами. Затем предполагает, что вращение по орбите строго определённого радиуса

является естественным состоянием этого объекта. Вот выдержка из его статьи: «По аналогии с вышеописанной моделью электрона представим себе мюон в виде протомюона - сферы, вращающейся по орбите комптоновского радиуса мюона. Соответственно радиус протомюона:

$$r_{p\mu} = \frac{1}{2} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \frac{1}{2} m_\mu c^2} = 1.362849858 \cdot 10^{-17} \text{ м.}$$

Комптоновский радиус мюона:

$$R_{c\mu} = \frac{\hbar}{m_\mu c} = 1.867594789 \cdot 10^{-15} \text{ м.}$$

Отношение радиуса протомюона к радиусу его орбиты:

$$\frac{r_{p\mu}}{R_{c\mu}} = 7.297353308 \cdot 10^{-3} = \frac{1}{137.0359895} = \alpha.$$

Магнетон мюона:

$$\mu_\mu = \frac{ecR_{c\mu}}{2} = \frac{e\hbar}{2m_\mu} = 4.485222007 \cdot 10^{-26} \text{ Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}.$$

Эквивалентный кольцевой ток:

$$I_\mu = \frac{ec}{2\pi R_{c\mu}} = 4093.254658954 \text{ А.}$$

Магнитная энергия мюона:

$$E_{m\mu} = \frac{\mu_0 \cdot \pi R_{c\mu}^2}{2r_{p\mu}} \cdot \frac{I^2}{2} = 4.232086822 \cdot 10^{-12} \text{ Дж} = 26.414596746 \text{ МэВ.}$$

Магнитная масса мюона:

$$m_{m\mu} = 0.470890515 \cdot 10^{-28} \text{ кг} \approx \frac{1}{4} m_\mu.$$

Расхождения в 5 знаке связаны с накоплением погрешностей входящих в вычисление величин. Кинетическая энергия мюона:

$$E_{k\mu} = \frac{P_{p\mu} \cdot c}{2} = \frac{m_\mu \cdot c^2}{2} = \frac{1}{4} m_\mu \cdot c^2.$$

Понятно, что часть массы мюона, связанная с кинетической энергией вращения протомюона по орбите, также равна четверти полной массы»

Механические модели мюона сводятся в большинстве случаев к геометрическому суммированию механических моделей продуктов основных каналов распада согласно официальной интерпретации. Такие модели развиваются в двух направлениях. В моделях первого направления продукты будущего распада находятся в тесном соприкосновении друг с другом, а в моделях второго направления они вращаются по одной орбите, не соприкасаясь. Типичной для первого направления является механическая модель мюона Пакулина. В статье “Структура материи” мюон он изображает следующим образом:

«О структуре частиц мы можем судить по продуктам их распада... Распад мюонов наиболее вероятен по такой схеме

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu} + \nu_{\mu},$$

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

... 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, в момент образования мюона.

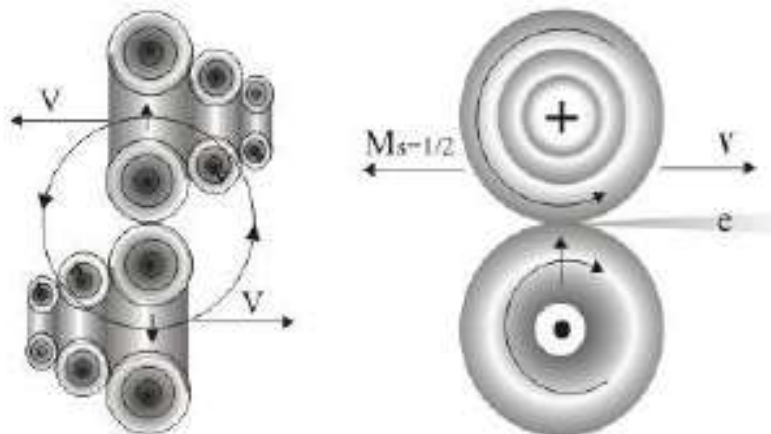


Рисунок 24-1. Структура мюона по Пакулину

Тогда представляется возможной связка из трёх частиц – продуктов распада структуры, изображённой на рисунке».

Типичной для второго направления является механическая модель мюона Коновалова. Он изображает мюон таким образом: «Из строения мюонов видно, что не может существовать нейтральный мюон.

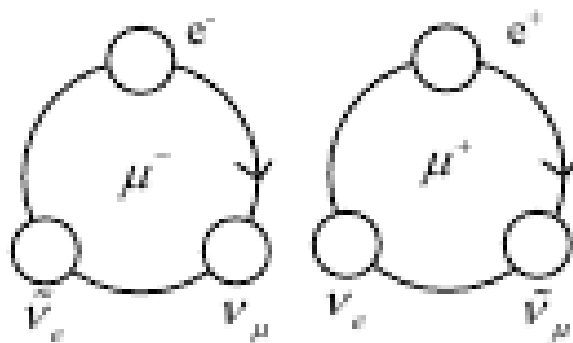


Рисунок 24-2. Структура мюона по Коновалову

Хотя официальная физика и считает мюон “тяжелым” электроном непонятно для чего предназначенным, их строение совершенно разное, поэтому электрон не может быть исходной частицей для спектра масс лептонов (τ-лептон и еще не открытые тяжелые лептоны), а таковой является мюон. “Но мюоны не укладываются в схему элементарных частиц, как мы ее себе представляем (по представлениям ортодоксов любая частица - переносчик взаимодействия - В.К.) в настоящее время: создается впечатление, что мюоны вообще не нужны. Когда мюоны были открыты, надеялись, что они окажутся частицами, ответственными

за ядерные силы (т.е. переносчиками сильного взаимодействия). ... оказалось... что именно пионы, которые сильно взаимодействуют с нуклонами, а не слабо взаимодействующие мюоны, являются частицами, определяющими нуклон-нуклонные силы. Мюоны же оказались без дела и остаются “безработными” до сих пор. ...электроны прекрасно справляются со своей ролью в природе, им не требуется никакой помощи от мюонов. Возможно, мюоны - это электроны-гиганты, случайно созданные природой”. Дж. Б. Мэрион, Физика и физический мир, “Мир”, М., 1975, стр. 611. »

С точки зрения автора мюоны создаются природой не случайно, а закономерно. Так как мюоны являются самыми долгоживущими из всех нестабильных элементарных частиц, то должен быть какой-то секрет такого долгожительства. Согласно системе классификации вихрей, созданной автором, возможно всего четыре типа калиброванных вихрей, обладающих одновременно двумя пиками стабильности. Два типа (ZZ и YY) были использованы для построения моделей стабильных элементарных частиц. Два другие типа пока для моделирования не использовались совсем. Пора присмотреться и к ним. При взаимодействии калиброванных вихрей группы YZ может образоваться линейная самодвижущаяся пара, движущаяся перпендикулярно плоскости слипания. У такого вихревого комплекса вид с торца имеет форму восьмёрки, а кольцевые вращения слипшихся линейных вихрей имеют разные направления. Такие вихри могут быть моделью квантов света с линейной поляризацией и в данном случае нам не подходят. Другое дело, вихри типа ZY. При слипании таких вихрей образующиеся вихревые комплексы уже никуда не спешат. У отрицательного комплекса тороидальные вращения колец создают совместный поток, направленный в пространство между вихревыми кольцами. У положительного комплекса тороидальные вращения колец создают совместный поток, вытекающий из пространства между вихревыми кольцами.

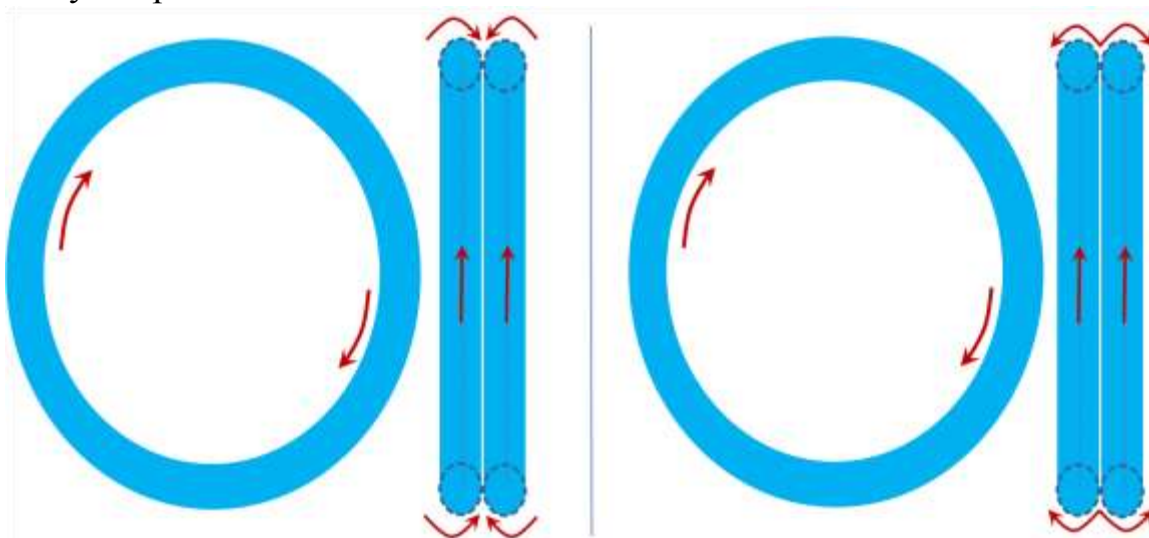


Рисунок 24-3. Слева - дуэтонная модель отрицательного мюона, справа – дуэтонная модель положительного мюона

Линейная скорость стенок при тороидальном вращении соответствует второму пику стабильности (скорость продольных волн), поэтому и диаметр тела кольца должен быть равен диаметру модели электрона. Линейная скорость стенок при кольцевом вращении соответствует первому пику стабильности (скорость поперечных волн), поэтому и диаметр большого кольца должен быть равен диаметру большого кольца модели протона. Масса протона на три порядка больше массы электрона, поэтому линейные размеры протона, по крайней мере, на порядок больше линейных размеров электрона. Соответственно и в модели мюона диаметр большого кольца должен быть на порядок больше диаметра тела кольца. Поэтому грубо (с точностью 10%) мы можем оценить радиус большого кольца из классической формулы для момента вращения. При возвращении спину электрона, протона и мюона его первоначального смысла момента вращения получаем формулу для грубого расчета $M \cdot V \cdot R = S \Rightarrow R = S / (M \cdot V)$, где

R – искомый радиус модели мюона и протона;

$V = 2,99792458 \cdot 10^{+8}$ м/сек – скорость света (скорость поперечных волн);

$M = 1,883532711 \cdot 10^{-28}$ кг – масса мюона;

$h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж*с - постоянная Планка;

$S = (h/4\pi) = 0,527285863235 \cdot 10^{-34}$ Дж*с - спин протона;

$M \cdot V = 5,64668901154 \cdot 10^{-20}$ кг*м/сек;

$R = S / (M \cdot V) = \mathbf{0,93 \cdot 10^{-15} \text{ м}}$ – вычисленный радиус модели мюона и протона.

Эксперименты Хофштадтера по рассеянию электронов на протоне показали, что протон состоит из тяжёлой сердцевины (керна) радиусом $\approx 0,25 \cdot 10^{-15}$ м, с высокой плотностью массы заряда, несущей $\approx 35\%$ электрического заряда протона и окружающей его относительно разреженной оболочки. На расстоянии от $\approx 0,25 \cdot 10^{-15}$ м до $\approx 1,4 \cdot 10^{-15}$ м эта оболочка несёт $\approx 50\%$ электрического заряда протона, затем до расстояния $\approx 2,5 \cdot 10^{-15}$ м простирается оболочка, несущая $\approx 15\%$ электрического заряда протона. Расстояние от центра протона до максимума плотности электрического заряда $\approx 0,75 \cdot 10^{-15}$ м.

Видим, что наши расчётные данные не противоречат экспериментальным данным. Таким образом, наши логические исследования привели к выводу, что если существует заполняющая всё пространство гидродинамическая среда микромира подобная идеальному одноатомному газу, то возможно построить внутренне непротиворечивую механическую модель мюонов.

25. Принципы образования нестабильных частиц

Число нестабильных частиц превысило уже четыре сотни. История развития физики элементарных частиц такова, что их общее количество растёт скачкообразно каждый раз после ввода в эксплуатацию нового ускорителя. Потому что энергия разгона заряженных частиц на каждом новом ускорителе как минимум на порядок превышает энергию разгона частиц на старом ускорителе. А чем больше энергия разгона, тем больше энергия возбуждения сталкивающихся частиц. Если в ускорителе на встречных пучках сталкиваются две заряженные частицы, то энергию возбуждения получает каждая из них. В зависимости от скорости соприкосновения и от параметров сближения возможно множество различных вариантов реакции на столкновение. Если сталкивающиеся частицы одной полярности, то между ними существует кулоновское отталкивание, которое тормозит летящие навстречу друг другу частицы. Поэтому можно так подобрать скорость первоначального разгона, чтобы суммарная скорость соприкосновения была близка к нулю. В этом случае на расстояниях, соизмеримых с размерами частиц, электрическими силами можно пренебречь, потому что начнут действовать гравидинамические силы (которые в ядрах атомов называются ядерными силами), на несколько порядков превышающие электрические силы. Рассмотрим сначала только случаи взаимодействия объектов микромира одного размера.

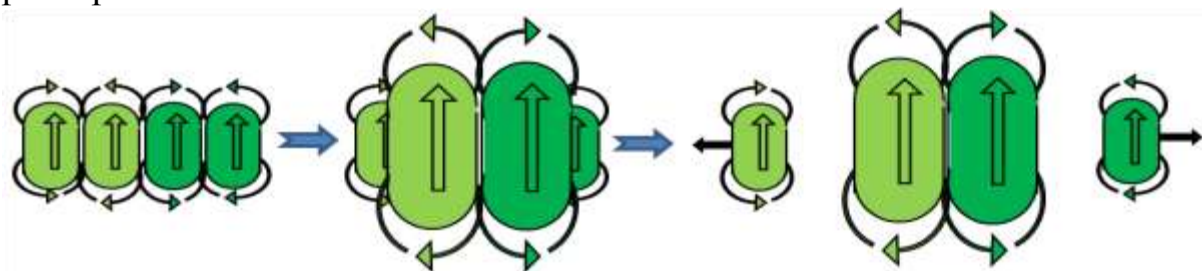


Рисунок 25-1. Последствия слипания электронов торцами

Если в результате гравидинамического взаимодействия электроны слипнутся торцами, то образуется нестабильное образование с удвоенной массой электрона и единичным зарядом электрона (рис. выше). В условиях внешних воздействий два срединных торсиона при получении энергии возбуждения могут увеличиться в размерах и оторваться от крайних торсионов, образуя нестабильную промежуточную частицу. Направление собственного движения крайних торсионов направлено прочь, поэтому они должны разлетаться в противоположные стороны играя роль электронных γ -квантов. В такой интерпретации γ -квант является частицей и не имеет никакого отношения к классическим электромагнитным волнам типа радиоволн, имеющих линейную периодичность в пространстве. Но так как он обладает волновыми свойствами, то его можно также назвать одиночной волной или солитоном. Увеличение размеров оставшейся нестабильной частицы сопровождается увеличением массы путём

присоединения окружающей гидродинамической среды микромира. В зависимости от полученной энергии возбуждения в конечном итоге из пары срединных торсионов сформируется либо позитрон (при малой энергии возбуждения), либо протон (при большой энергии возбуждения). Если масса промежуточной нестабильной частицы больше массы протона, то лишняя масса скидывается обратно в среду до тех пор, пока не сформируется протон с двумя пиками стабильности.

Итоговая формула реакции: $e^- + e^- \rightarrow \gamma_e + p^+ + \gamma_e$.

Если масса промежуточной нестабильной частицы меньше массы протона, то лишняя масса скидывается обратно в среду до тех пор, пока не сформируется позитрон с двумя пиками стабильности. Итоговая формула реакции: $e^- + e^- \rightarrow \gamma_e + e^+ + \gamma_e$. Из результатов данной реакции можно сделать вывод, что в нашей модели нет места закону сохранения заряда – до реакции было два отрицательных заряда, а после реакции остался один положительный заряд. Ещё один вывод: в нашей модели нет места законам сохранения барионного и лептонного числа – до реакции было два лептона, а в конечном итоге образуется либо один лептон, либо один барион.

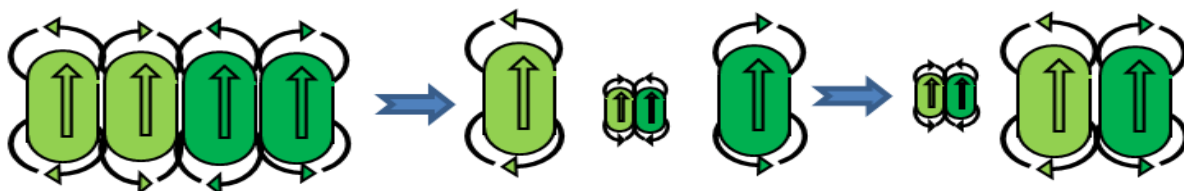


Рисунок 25-2. Последствия слияния протонов торцами

Если в результате гравидинамического взаимодействия протоны слипнутся торцами, то образуется нестабильное образование с удвоенной массой протона и единичным зарядом протона (рис. сверху). В условиях внешних воздействий два срединных торсиона при получении энергии возбуждения могут уменьшиться в размерах и оторваться от крайних торсионов, образуя нестабильную промежуточную частицу. Затем лишняя масса скидывается в среду до тех пор, пока не сформируется электрон с двумя пиками стабильности. Направление собственного движения крайних торсионов направлено навстречу друг другу, поэтому они должны слипнуться в протон. В конечном итоге должны сформироваться электрон и протон, каждый из которых составлен из половинок обоих первичных протонов. Итоговая формула реакции: $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + e^-$.

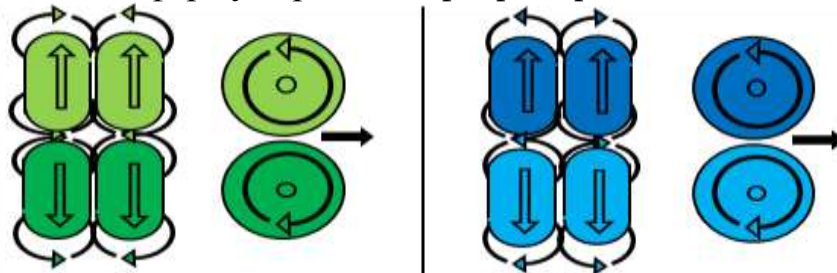


Рисунок 25-3. Слипание рёбрами электронов (слева) и протонов (справа)

Если в результате гравидинамического взаимодействия электроны слипнутся рёбрами, то образуется самодвижущаяся промежуточная нестабильная частица с удвоенной массой электрона и удвоенным зарядом электрона (рис. сверху). Если в результате гравидинамического взаимодействия протоны слипнутся рёбрами, то образуется самодвижущееся промежуточное нестабильное образование с удвоенной массой протона и удвоенным зарядом протона. При столкновении с другими частицами эти образования неминуемо опять распадутся на исходные составные части.

Итоговые формулы реакций: $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$; $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+$.

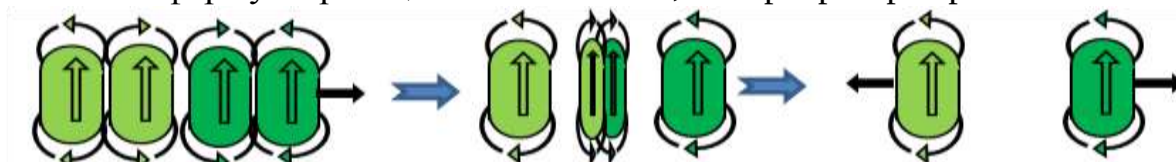


Рисунок 25-4. Первый вариант слияния торцами частицы и античастицы

Частицы с разной полярностью притягиваются друг к другу, поэтому для создания условий гравидинамического взаимодействия ускорители не нужны. При небольшой скорости соприкосновения возможно простое слияние частицы и античастицы с образованием самодвижущейся промежуточной нестабильной частицы из четырёх торсионов с суммарной массой частицы и античастицы. В новой частице направления тороидального вращения таковы, что образуют встречные течения в промежутке между торсионными. При таком соотношении возможно два варианта развития событий. В первом варианте (рис. сверху) срединные торсионные взаимно уничтожают друг друга, а на краях остаются одинокие торсионные. Направление собственного движения крайних торсионных направлено прочь, поэтому они должны разлетаться в противоположные стороны играя роль протонных или электронных γ -квантов.

Итоговые формулы реакций: $p^+ + p^- \rightarrow \gamma_p + \gamma_p$; $e^+ + e^- \rightarrow \gamma_e + \gamma_e$.

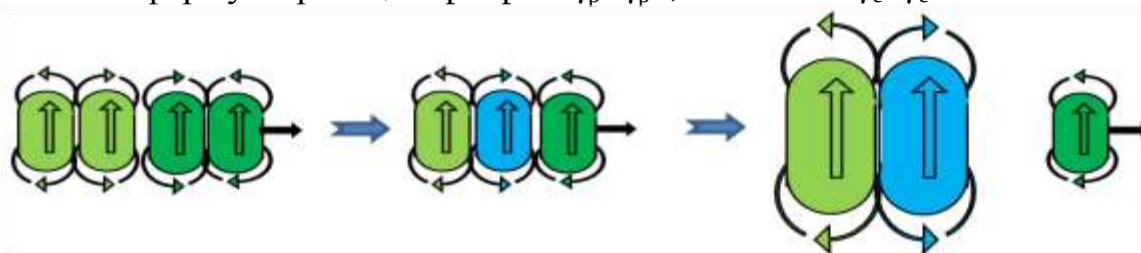


Рисунок 25-5. Второй вариант слияния торцами частицы и античастицы

Во втором варианте (рис. сверху) срединные торсионные объединяются в один торсион. Тогда формируется самодвижущаяся промежуточная нестабильная частица из трёх торсионных. При столкновении с другими частицами наиболее вероятен процесс одновременного увеличения размеров тех соседних торсионных, направление тороидального вращения которых направлено на расширение друг друга. Итоговые формулы:

$e^+ + e^- \rightarrow e^+ + \gamma_e$; $e^+ + e^- \rightarrow p^+ + \gamma_e$; $p^+ + p^- \rightarrow p^+ + \gamma_p$;

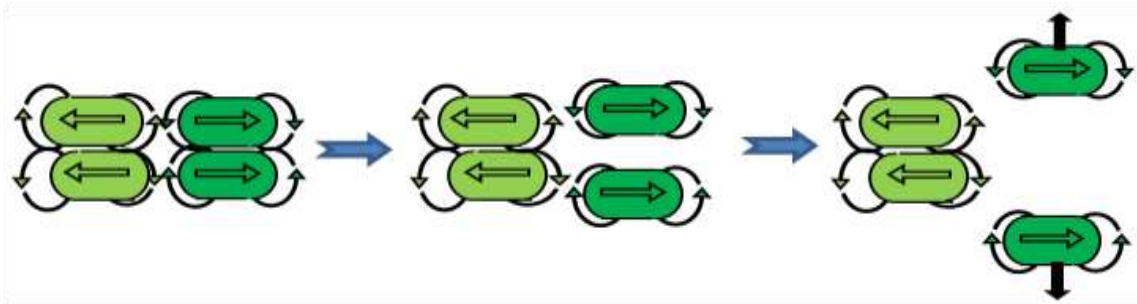


Рисунок 25-6. Первый вариант слипания рёбрами частицы и античастицы

Если в результате гравидинамического взаимодействия античастица и частица слипнутся рёбрами, то сформируется самодвижущаяся промежуточная нестабильная частица – комплекс частицы и античастицы. В новой частице направления тороидального вращения таковы, что образуют встречные течения в промежутке между торсионными. При таком соотношении возможно четыре варианта развития событий. В первом варианте (рис. сверху) тороидальное вращение положительной частицы комплекса раздвигает друг от друга торсионы отрицательной частицы. Направление собственного движения крайних торсионов направлено прочь, поэтому они должны разлетаться в противоположные стороны перпендикулярно линии слипания, играя роль γ -квантов. Итоговые формулы реакций: $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + 2\gamma_e$; $p^+ + p^- \rightarrow p^+ + 2\gamma_p$.

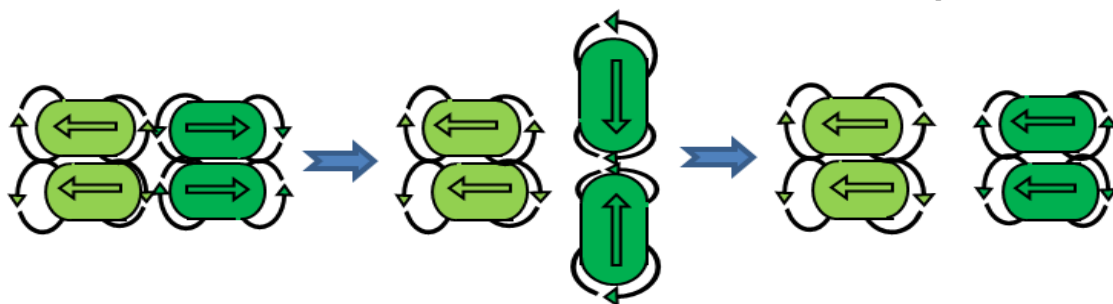


Рисунок 25-7. Второй вариант слипания рёбрами частицы и античастицы

Во втором варианте раздвинутые торсионы не успевают улететь, потому что случайным образом притягиваются друг к другу рёбрами, а затем переворачиваются и слипаются другими торцами. Итоговые формулы реакций: $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^+$; $p^+ + p^- \rightarrow p^+ + p^+$.

В третьем варианте при столкновении с другими частицами комплекс распадается на исходные частицы. В четвёртом варианте тороидальному вращению положительной частицы комплекса не удаётся отодвинуть друг от друга торсионы отрицательной частицы. В этом случае частица и античастица уничтожат друг друга и рассеются в окружающей среде.

Официальная наука такую реакцию описала бы следующими формулами:

$$e^+ + e^- \rightarrow \nu_e; \quad p^+ + p^- \rightarrow \nu_p.$$

А в нашей модели нет место нейтрино. Роль нейтрино играют процессы присоединения окружающей среды к массе частиц или процессы релаксации в окружающую среду массы частиц.

Выше были рассмотрены варианты гравитационного взаимодействия в условиях минимальной скорости сближения, при которой происходит слипание, но не происходит разрушение или деформация сталкивающихся частиц. Далее будем рассматривать варианты взаимодействия при более высоких скоростях сближения. Рассмотрим сначала случаи такого взаимодействия, при котором частицы способны образовать устойчивый комплекс двух частиц, вращающихся вокруг центра масс.

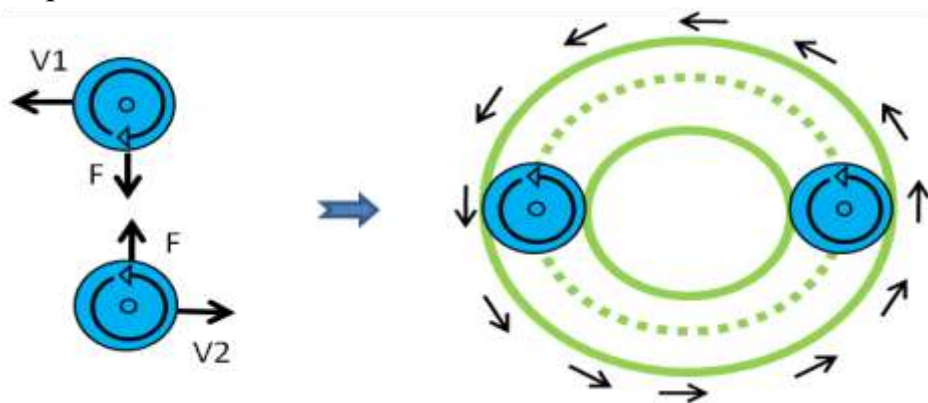


Рисунок 25-8. Образование частиц второго порядка

На рисунке выше показан вид с торца процесса создания подобного комплекса из двух частиц с одинаковой массой. Летящие навстречу частицы пролетают мимо друг друга. Если они имеют противоположные направления кольцевого вращения, то по правилам взаимодействия вихрей начнут притягиваться друг к другу. Процесс взаимодействия завершается вращением частиц вокруг центра тяжести. Сформированный комплекс можно назвать частицей второго порядка. Такие комплексы могут быть стабильными при отсутствии взаимодействия с другими частицами. Если сталкивающиеся частицы одной полярности, то такие комплексы будут обладать двойным зарядом и смогут иметь только малые размеры, соизмеримые с размерами частиц. Максимальным пределом является круговая орбита с расстоянием между частицами, на котором гравитационные (ядерные) силы равны электрическим. Ядерные силы являются самыми мощными, поэтому для сохранения баланса сил скорость орбитального вращения частиц должна быть очень высокой. В таких условиях вращающиеся частицы должны увлекать во вращение окружающую среду, формируя присоединённую массу. Поэтому суммарная масса комплекса может быть много больше арифметической суммы масс взаимодействующих частиц. При разных скоростях сближения исходных частиц могут образовываться комплексы с одиноковым внутренним строением, но с разной суммарной массой. Если сталкивающиеся частицы разной полярности, то такие комплексы будут обладать нулевым зарядом и смогут иметь любые размеры (в зависимости от скорости сближения), потому что на дальних расстояниях притяжение частиц гравитационными силами заменяется притяжением электрическими силами.

Теперь рассмотрим случаи прямого столкновения частиц с большой скоростью сближения.

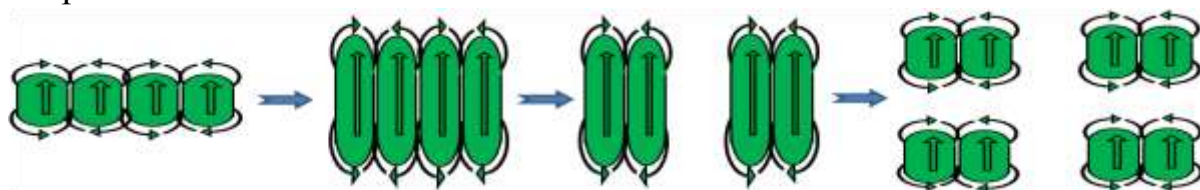


Рисунок 25-9. Столкновение электронов торцами

На рисунке выше изображён самый простейший вариант результатов столкновения электронов торцами. В результате столкновения электроны сплюсываются по оси симметрии и растягиваются вдоль плоскости симметрии. Затем, под действием сил упругости, электроны, увеличенные в размерах и в массе, отталкиваются друг от друга. Добавочная масса присоединяется за счёт увлечения во вращение окружающей гидродинамической среды. Сформированные промежуточные нестабильные частицы долго не живут и спустя некоторое время либо вновь превращаются в электроны ($M < 2m_e$), либо делятся, если хватает массы ($M > 2m_e$). На рисунке выше массы хватило, поэтому каждая промежуточная частица поделилась на два электрона. Лишняя масса рассеялась в окружающей среде. Итоговая формула реакции:

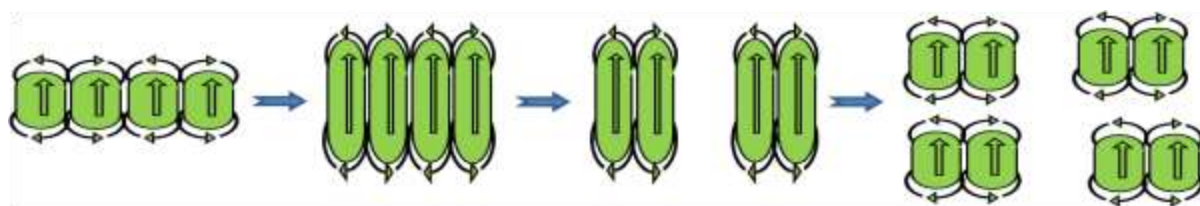
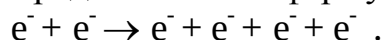


Рисунок 25-10. Столкновение протонов торцами

Аналогичные процессы должны происходить при столкновении протонов торцами (рис. выше). Итоговая формула: $p^+ + p^+ \rightarrow p^+ + p^+ + p^+ + p^+.$

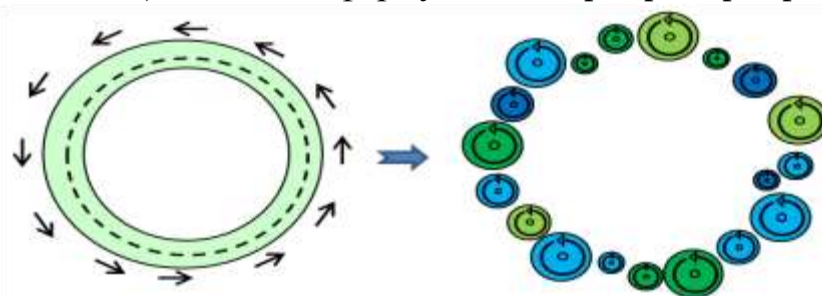


Рисунок 25-11. Сильное лобовое столкновение любых частиц торцами

При высокоэнергетичном лобовом столкновении любых частиц с одинаковой массой результат столкновения будет кардинально другим (рис. выше). В результате столкновения обе частицы сплюсываются по оси симметрии, растягиваются вдоль плоскости симметрии, набирая массу из окружающей среды и симметрично разбрызгиваются вдоль плоскости симметрии на осколки разного размера. Осколки тут же начинают сворачиваться в вихревые тороидальные кольца и взаимодействовать друг

с другим случайным образом разными торцами, формируя и положительные и отрицательные и нейтральные промежуточные нестабильные частицы. Если масса любой частицы меньше массы электрона, то такая частица постепенно рассеивается в окружающей среде. Если масса временной частицы больше массы электрона и меньше массы протона, то в зависимости от полярности в конечном итоге формируется электрон или позитрон. Если масса временной частицы больше массы протона, то в зависимости от полярности в конечном итоге формируется протон или антипротон. Если какое-либо тороидальное кольцо не взаимодействует с другим кольцом, то под действием собственного движителя покинет область столкновения и разлёта.



Рисунок 25-12. Сильное касательное столкновение частиц

Если торцевое столкновение частиц произойдёт не в лобовую, а по касательной (рис. выше), то частицы успеют оттолкнуться друг от друга. Только после этого они будут растягиваться и разбрызгиваться двумя пучками в противоположных направлениях, а не равномерно вдоль плоскости, как в предыдущем случае.

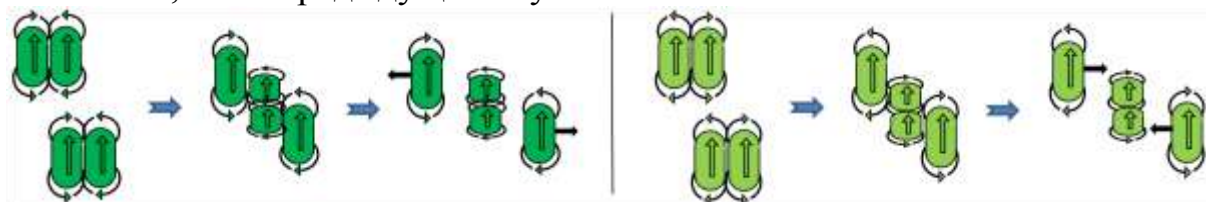


Рисунок 25-13. Вид с боку касательного бокового соударения электронов (слева) и протонов (справа)

При сильном касательном боковом соударении частиц должны образоваться два противоположных пучка частиц, подобных пучкам в предыдущем случае и два γ -кванта, улетающих в противоположных направлениях, перпендикулярных пучкам частиц.

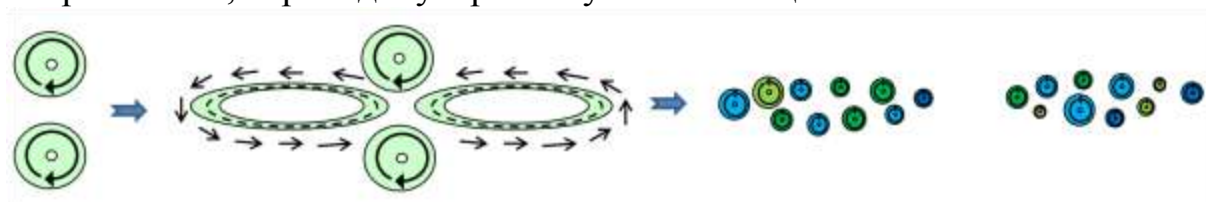


Рисунок 25-14. Вид с торцов касательного бокового соударения частиц

Чем больше энергия столкновения частиц на новых ускорителях, тем больше размеры и масса первоначальных осколков, тем больше 'открывается' новых частиц. Большие осколки делятся до тех пор, пока не станут близки к массе стабильных частиц. Пример распадов:

$B^+ \rightarrow D^+ + D^+ + p + K^+ + \mu^+$; $D^+ \rightarrow p + K^+ + \pi^+ + \pi^+$; $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^+$; $\pi^+ \rightarrow \mu^+$; $\mu^+ \rightarrow e^+$.

26. Взаимодействие γ -квантов с веществом

Как было выше показано, в гидродинамической модели роль γ -квантов играют торсионы – свободные самодвижущиеся половинки электронов (электронные γ -кванты) или протонов (протонные γ -кванты). Такого рода кванты имеют всего два состояния. Они либо движутся с постоянной скоростью, либо разгоняются до этой скорости от момента образования.

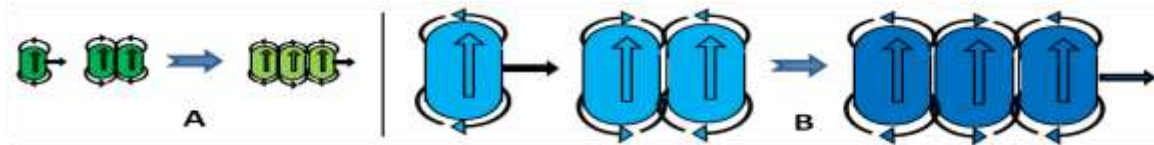


Рисунок 26-1. Слипание γ -квантов с отрицательными частицами:
А - квант+электрон, В - квант+антипротон

Поэтому они могут иметь разную скорость столкновения с частицами – от нулевой скорости (в момент образования) до максимальной скорости (после момента завершения разгона). При малой скорости столкновения по законам взаимодействия вихрей кванты способны слипаться с торцами частиц одинакового размера. Если квант слипается с частицей отрицательной полярности такого же размера, то никаких конфликтов нет, и в результате образуется квант с утроенной массой (рис. выше).

Итоговые формулы реакций: $\gamma_e + e^- \rightarrow \gamma_{3e}$; $\gamma_p + p^- \rightarrow \gamma_{3p}$.

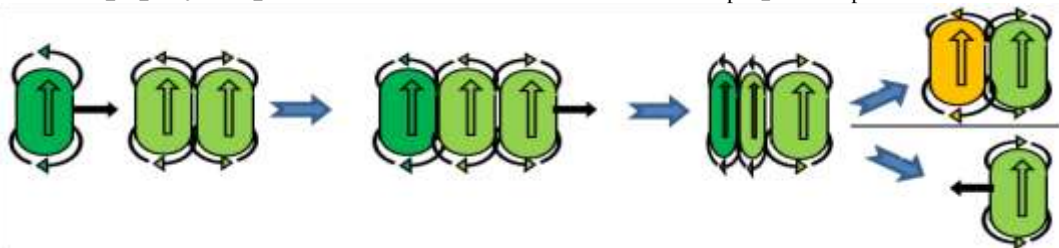


Рисунок 26-2. Слипание γ -квантов с положительными частицами

Если квант слипается с частицей положительной полярности такого же размера, то опять образуется квант с утроенной массой (рис. выше). Но временно, потому что возникает конфликт тороидальных вращений. Конфликт может закончиться либо объединением кванта и крайнего торсиона частицы (вновь формируется положительная частица), либо их взаимным уничтожением (вновь формируется квант). Поэтому в общем результате взаимодействия либо исчезает квант, либо исчезает частица.

Итоговые формулы реакций: $\gamma_e + e^+ \rightarrow e^+$; $\gamma_e + e^+ \rightarrow \gamma_e$; $\gamma_p + p^+ \rightarrow p^+$; $\gamma_p + p^+ \rightarrow \gamma_p$.

Если с протоном или антипротоном встречается электронный γ -квант (намного меньших размеров), то он пролетает сквозь отверстие частицы без всяких последствий (рис. ниже).

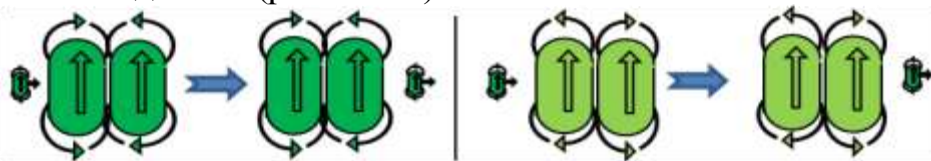


Рисунок 26-3. Пролёт малого кванта сквозь большую частицу

Если с электроном или позитроном встречается протонный γ -квант (намного больших размеров), то он тоже пролетает сквозь частицу без всяких последствий, пропуская частицу через своё отверстие (рис. ниже).

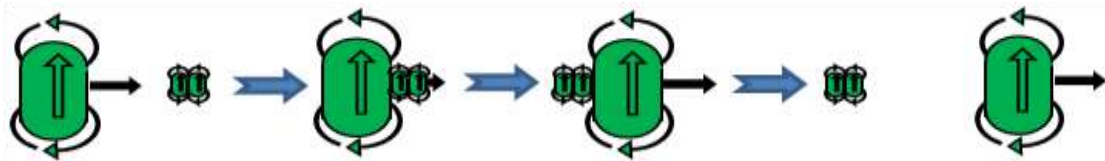


Рисунок 26-4. Пролёт большого кванта сквозь малую частицу

Если скорость столкновения γ -кванта и частицы превышает некую граничную величину, то комбинация из трёх торсионов перестает формироваться, так как удар откидывает от комбинации крайний торсион.

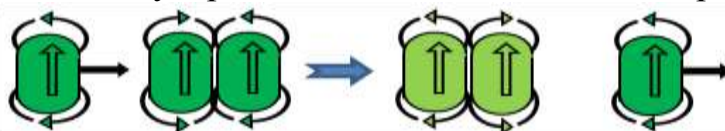


Рисунок 26-5. Передача импульса кванта крайнему торсиону частицы

На рисунке выше удар γ -кванта по торцу отрицательной частицы вышибает торсион с противоположной стороны частицы. В результате столкновения образуется положительная частица и новый γ -квант. Итоговые формулы реакций переполюсовки: $\gamma_e + e^- \rightarrow e^+ + \gamma_e$; $\gamma_p + p^- \rightarrow p^+ + \gamma_p$.

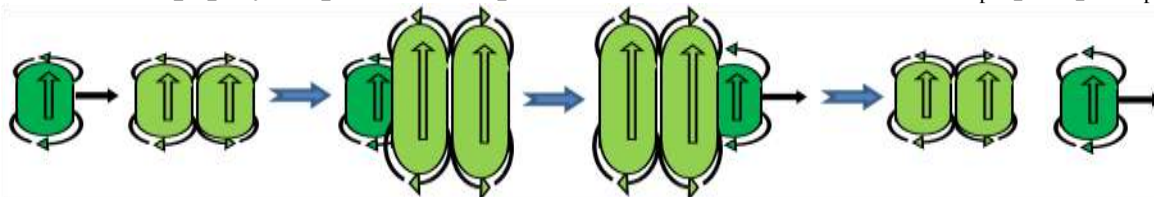


Рисунок 26-6. Удар увеличивает размеры положительной частицы

Удар с такой же силой по торцу положительной частицы скорее всего увеличит размеры частицы (рис. выше), вследствие чего без всяких последствий γ -квант пройдет сквозь отверстие положительной частицы.

Итоговые формулы реакций: $\gamma_e + e^+ \rightarrow e^+ + \gamma_e$; $\gamma_p + p^+ \rightarrow p^+ + \gamma_p$.

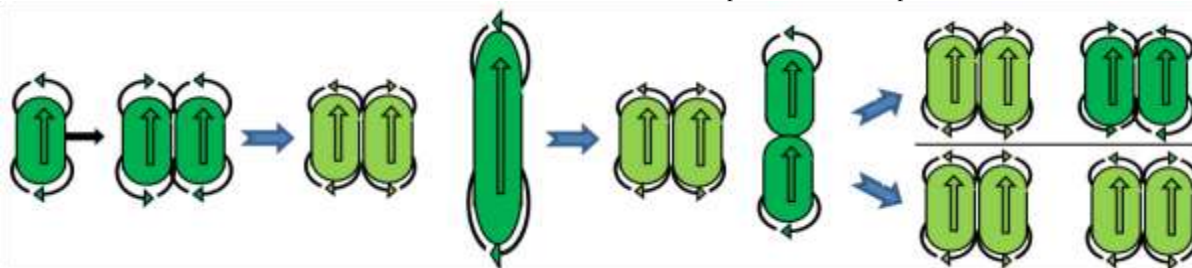


Рисунок 26-7. Деление отрицательной частицы при столкновении с γ -квантом

Полностью разогнанный γ -квант способен создать новый торсион такой же массы. При ударе по торцу отрицательной частицы новый торсион может возникнуть при делении торсиона, отскочившего при ударе от частицы и увеличившегося в размерах (рис. выше). Итоговые формулы реакций:

$$\gamma_e + e^- \rightarrow e^+ + e^-; \quad \gamma_e + e^- \rightarrow e^+ + e^+; \quad \gamma_p + p^- \rightarrow p^+ + p^-; \quad \gamma_p + p^- \rightarrow p^+ + p^+.$$

При ударе по торцу положительной частицы новый торсион может возникнуть при делении переднего торсиона частицы, увеличившегося в размерах (рис. ниже). Тогда γ -квант может проникнуть сквозь его отверстие и слипнуться с оставшимся торсионом. Итоговые формулы реакций: $\gamma_e + e^+ \rightarrow e^+ + e^-$; $\gamma_e + e^- \rightarrow e^+ + e^+$; $\gamma_p + p^+ \rightarrow p^+ + p^-$; $\gamma_p + p^- \rightarrow p^+ + p^+$.

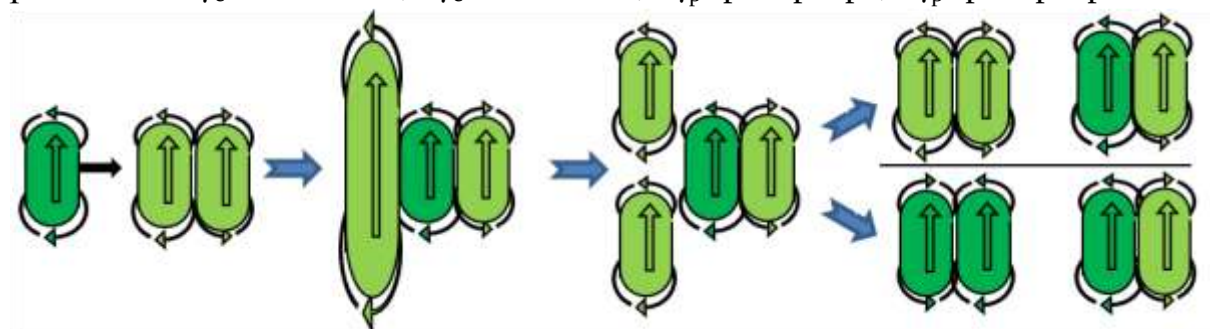


Рисунок 26-8. Деление положительной частицы при столкновении с γ -квантом

Столкновение γ -квантов друг с другом тоже возможно. В самом простом случае при малой скорости сближения они просто слипаются друг с другом, образуя положительную частицу (рис. ниже).

Итоговые формулы реакций: $\gamma_e + \gamma_e \rightarrow e^+$; $\gamma_p + \gamma_p \rightarrow p^+$.

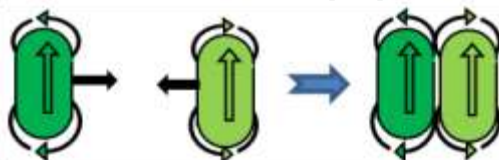


Рисунок 26-9. Слипание одинаковых γ -квантов при малой скорости сближения

При максимальной скорости столкновения γ -кванты увеличиваются в размерах и делятся. В зависимости от параметров деления возможно несколько разных случаев слипания осколков деления. Наиболее вероятны случаи образования либо двух положительных частиц, либо двух отрицательных частиц (рис. ниже).

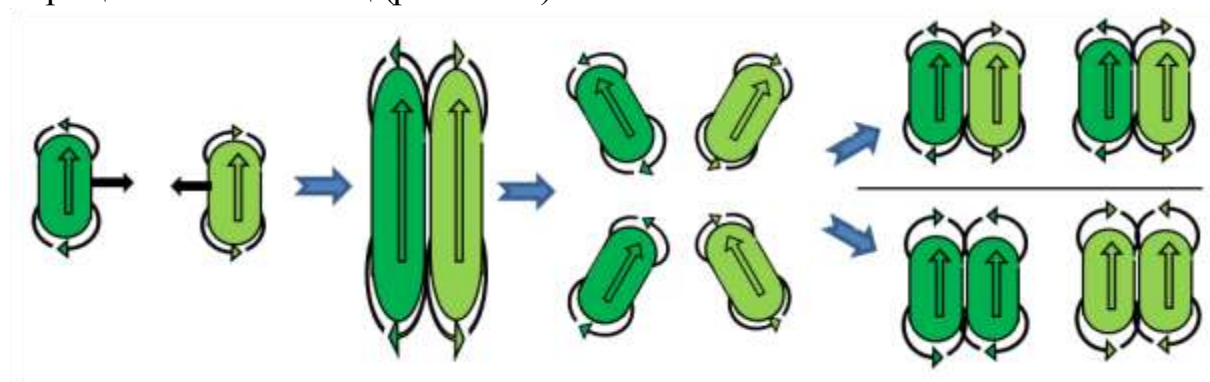


Рисунок 26-10. Столкновение одинаковых γ -квантов

Итоговые формулы реакций:

$$\gamma_e + \gamma_e \rightarrow e^- + e^-; \quad \gamma_e + \gamma_e \rightarrow e^+ + e^+; \quad \gamma_p + \gamma_p \rightarrow p^+ + p^+; \quad \gamma_p + \gamma_p \rightarrow p^- + p^-.$$

27. Основные положения гидродинамической модели

В заключении сведём воедино основные положения новой гидродинамической модели элементарных частиц.

01. Законы макромира продолжают действовать и в микромире.

02. Основой микромира является всепроникающая газоподобная среда, являющаяся аналогом идеального одноатомного газа - гидродинамической среды макромира. Законы гидродинамики полностью применимы к газоподобной среде микромира.

03. Элементарные частицы являются вихревыми объектами газоподобной (гидродинамической) среды микромира.

04. В гидродинамической среде микромира никаких ограничений скорости не существует. Скорость света является лишь первой характерной скоростью – скоростью распространения поперечных волн.

05. Вторая характерная скорость в микромире – скорость распространения продольных волн, которая на несколько порядков выше скорости света и полным аналогом которой является скорость звука в макромире.

06. Вихри микромира, в которых поступательная скорость вращения стенок равна одной из двух характерных скоростей гидродинамической среды микромира, обладают пиком стабильности (наиболее устойчивы).

07. Вихревые объекты микромира диффундируют и растворяются в окружающей гидродинамической среде при невозможности достижения пика стабильности.

08. Основным каналом возникновения новых вихревых объектов являются неравновесные процессы в гидродинамической среде микромира, сопровождавшиеся направленным перемещением этой среды в пространстве.

09. Дополнительным каналом возникновения новых вихревых объектов микромира является столкновение уже существующих вихревых объектов.

10. Первичными элементарными вихрями должны быть линейные вихри типа ‘смерч’, обладающие одним из двух пиков стабильности.

11. Линейные вихри, свёрнутые в кольцо, являются вторичными элементарными вихрями.

12. Вихревые кольца способны самостоятельно перемещаться в пространстве. Это физические модели γ -квантов - разновидность одиночных поперечных волн.

13. При внешних возмущениях вихревые кольца способны делиться.

14. Параллельные линейные вихри с противоположным направлением вращения по законам гидродинамики способны формировать спаренные самодвижущиеся линейные вихри. Такие комплексы самостоятельно перемещаются в пространстве и являются разновидностью одиночных поперечных волн.

15. По законам гидродинамики линейные вихри способны расслаиваться на элементарные звенья в виде тороидальных вихревых колец.

- 16.** Самодвижущиеся вихревые объекты способны вышибать из линейных вихрей элементарные звенья в виде тороидальных вихревых колец.
- 17.** Тороидальные вихревые кольца, обладающие двумя пиками стабильности, являются калиброванными и называются торсионными.
- 18.** Тороидальные вихревые кольца микромира могут взаимодействовать друг с другом по законам гидродинамики.
- 19.** По законам гидродинамики тороидальные вихревые кольца способны слипаться друг с другом полюсами и образовывать устойчивые двухкольцевые вихревые комплексы.
- 20.** Гидродинамические силы притяжения или отталкивания, действующие при взаимодействии вихрей микромира на расстояниях, соизмеримых с размерами вихрей, являются физической моделью ядерных сил.
- 21.** Силы притяжения между вихрями микромира смещают баланс сил в каждом вихре, в результате чего уменьшаются диаметр и масса каждого вихря. Этим объясняется экспериментально измеренный дефект масс при росте количества нуклонов в ядре атома. Недостающая масса в каждом вихре диффундирует и растворяется в окружающей среде микромира.
- 22.** На расстояниях, более чем на порядок превышающих размеры вихрей, ядерные силы притяжения или отталкивания перерастают в гидродинамические силы смещения, возникающие благодаря увлечению во вращение окружающей гидродинамической среды микромира.
- 23.** Двухкольцевые вихревые комплексы микромира, которые благодаря тороидальному вращению всасывают окружающую среду микромира в свои полюса, являются моделями положительных элементарных частиц.
- 24.** Двухкольцевые вихревые комплексы микромира, которые благодаря тороидальному вращению выбрасывают среду микромира из своих полюсов, являются моделями отрицательных элементарных частиц.
- 25.** Благодаря влиянию кольцевого вращения вихревых комплексов из движущейся на полюсах среды формируются линейные вихри – джеты.
- 26.** Взаимодействие джетов по законам гидродинамики является физической моделью электрического взаимодействия заряженных частиц.
- 27.** Не существует никакой заряженной субстанции внутри или на поверхности заряженных элементарных частиц. Эффект существования элементарного заряда создаёт процесс взаимодействия джетов.
- 28.** В данной модели нет места закону сохранения заряда. С одной стороны, при соответствующих условиях заряженная частица может диффундировать и раствориться в окружающей среде микромира. С другой стороны, возбуждённая заряженная частица может поделиться.
- 29.** Двухкольцевые вихревые комплексы микромира, состоящие из калиброванных вихревых колец (торсионных), называются дуэтонами.
- 30.** Положительные дуэтоны, обладающие двумя первыми пиками стабильности (поступательная скорость вращения стенок вихрей равна скорости света), являются физическими моделями протонов.
- 31.** Положительные дуэтоны, обладающие двумя вторыми пиками стабильности (поступательная скорость стенок вихрей равна скорости

распространения продольных волн), являются физическими моделями позитронов.

32. Отрицательные дуэтоны, обладающие двумя первыми пиками стабильности, являются физическими моделями антипротонов.

33. Отрицательные дуэтоны, обладающие двумя вторыми пиками стабильности, являются физическими моделями электронов.

34. При столкновении элементарных частиц выполняются законы сохранения, действующие в макром мире: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения момента вращения.

35. Кинетическая энергия столкновения тратится на увеличение размеров и массы сталкивающихся элементарных частиц за счёт увлечения во вращение окружающей среды микромира. После столкновения образуются нестабильные частицы, существующие либо до процесса деления, либо до формирования стабильных частиц с двумя пиками стабильности.

36. Промежуточные нестабильные частицы, сформированные при столкновении, имеют тенденцию к делению на множество осколков.

37. Если масса осколка меньше массы электрона, то осколок диффундирует и растворяется в окружающей среде микромира.

38. Если масса осколка больше массы электрона, но меньше массы протона, то осколок превращается в электрон или позитрон (в зависимости от полярности). Лишняя масса диффундирует и растворяется в окружающей гидродинамической среде микромира.

39. Если масса осколка больше массы протона, то осколок превращается в протон или антипротон (в зависимости от полярности). Лишняя масса диффундирует и растворяется в окружающей гидродинамической среде.

40. В положительном дуэтоне тороидальное вращение каждого торсиона направлено на расширение изнутри своего соседа. В добавок к кинетической энергии столкновения всегда будет возникать дополнительная сила расширения. Поэтому наиболее вероятное состояние положительного дуэтона – протон. Этим объясняется абсолютное доминирование количества протонов над количеством позитронов.

41. В отрицательном дуэтоне тороидальное вращение каждого торсиона направлено на сжатие снаружи своего соседа., всегда будет возникать противоборствующая сила, препятствующая расширению электрона. А при возникновении в антипротоне колебательных процессов достаточной энергии наиболее вероятно его превращение в электрон. Поэтому наиболее вероятное состояние отрицательного дуэтона – электрон. Этим объясняется наблюдаемое в окружающем нас мире абсолютное доминирование количества электронов над количеством антипротонов.

42. В данной модели нет места законам сохранения лептонного или барионного числа. При соответствующих условиях могут взаимно превращаться друг в друга протон и позитрон или электрон и антипротон.

28. Оценка скорости продольных волн в микромире

Грубо структуру протона можно представить как две сферы, соединённые полюсами.

$M=1,672621898 \cdot 10^{-27}$ кг – масса протона;

$R=0,93 \cdot 10^{-15}$ м вычисленный ранее радиус протона;

$\pi = 3,141592653589793238462643$;

$O_{\text{сф}}$ - объём одной сферы радиусом R ;

M_1 -масса одной сферы, половина массы протона. Зная общую массу и радиус сфер можно вычислить среднюю плотность.

$2 \cdot O_{\text{сф}} = (8/3) \cdot \pi \cdot (R/2)^3 = (\pi/3) \cdot R^3 = 0,84232 \cdot 10^{-45} \text{ м}^3$;

$\rho = M_1 / O_{\text{сф}} = M / (2 \cdot O_{\text{сф}}) \approx 2 \cdot 10^{+18} \text{ кг/м}^3$ - средняя плотность протона, одновременно нижняя граница плотности окружающей протон среды (плотность окружающей среды не может быть ниже плотности стенок протона, иначе протон расплывётся в пространстве).

Несколько сложнее провести расчеты для электрона. Геометрические характеристики электрона до сих пор не выявлены. Измерить радиус электрона до сих пор никому не удалось, а математические расчеты дают противоречивые результаты. Например, в любом справочнике можно найти так называемый «классический радиус электрона», также известный как радиус Лоренца или длина томсоновского рассеяния. Его величина $2,8 \cdot 10^{-15}$ м, что явно больше размеров протона и противоречит экспериментам Хофштадтера. Величина эта взялась из приравнивания величины энергии электрона mc^2 и энергии электростатического поля $e^2/4\pi\epsilon_0 r$. Физики посчитали, что именно заряд электрона должен быть обладателем внутренней энергии электрона, базируясь на классической релятивистской модели электрона, в которой вся масса электрона имеет электромагнитную природу. При этом электрон представляется полый сферой с определённым радиусом, на которой распределён весь заряд. Все величины (кроме r), входящие в эти формулы, являются константами. Приравнивание выражений энергии и подстановка численных значений величин дает результат $r=2,8179380$ Фм. Классический радиус электрона рассматривается как классический предел для размеров электрона, который используется при рассмотрении нерелятивистского рассеяния Томсона, а также в релятивистской формуле Клейна-Нишины. Классический радиус электрона является представителем тройки фундаментальных длин, таких как боровский радиус и комптоновская длина волны электрона. Существование этой постоянной не означает, что это настоящий радиус электрона. На таких расстояниях действуют законы квантовой механики, в которой электрон рассматривается как точечная частица. В квантовой физике у квантовых объектов нет такого параметра как размер - частицы размазаны по пространству и их можно обнаружить лишь приблизительно, с определенной вероятностью, с погрешностью, подчиняющейся соотношению неопределенности Гейзенберга. Проблема размера электрона в классической физике осталась не решенной. Нужны

эксперименты, подобные экспериментам Хофштадтера, по рассеянию на электронах ещё более мелких частиц (или волн).

Попробуем оценить радиус дуэтонной модели электрона из допущения полного подобия геометрического строения электрона и протона и одинаковой их средней плотности. Допущение одинаковой плотности ничем не обосновано, но у нас нет выбора. Пока не существует другого пути для оценки хотя бы порядка скорости продольных волн. Составим уравнение пропорции, для подобных тел масса пропорциональна кубу радиуса - $M/m=R^3/r^3$, где

M и m – массы протона и электрона, R и r – их радиусы.

По экспериментальным данным $m=9,10938356 \cdot 10^{-31}$ кг, тогда

$$M/m=1,672621898 \cdot 10^{-27} / (9,10938356 \cdot 10^{-31}) = 1836,15267376$$

$$R=0,93 \cdot 10^{-15} \text{ м} \Rightarrow R^3=0,8 \cdot 10^{-45} \text{ м}^3$$

$$r^3=0,8 \cdot 10^{-45} / 1836,15267376 = 0,438 \cdot 10^{-48} \Rightarrow r=0,076 \cdot 10^{-15} \text{ м}$$

$R/r=0,93/0,076=12,24$; Получилось, что при одинаковой плотности радиус электрона в 12,24 раза меньше радиуса протона.

Теперь мы можем уточнить радиус модели протона и мюона

$$R=0,93 \cdot 10^{-15} + 0,076 \cdot 10^{-15} = \mathbf{1,006 \cdot 10^{-15} \text{ (м)}}$$
 - уточнённый радиус протона.

Возвращаемся к вычислениям радиуса нейтрона Бориса Васильева:

$$R_0 = 0,3808 a r_c \approx 1,0732 \cdot 10^{-15} \text{ м}$$

По нашей модели радиусы протона и нейтрона совпадают, так как в нейтроне электрон расположен во впадине между половинками протона. Делаем вывод, что у Васильева неплохой результат расчётов, отличается от нашего расчёта на 6,7%.

Теперь делаем уточнение радиуса электрона

$$R^3=1,018 \cdot 10^{-45} \text{ м}^3; r^3=1,018 \cdot 10^{-45} / 1836,15267376 = 0,554 \cdot 10^{-48}$$

$$\mathbf{r=0,082 \cdot 10^{-15} \text{ м}}$$
 – уточнённый радиус электрона

Для оценки суммарной скорости вращения стенок электрона опять используем формулу $S=m \cdot V_e \cdot R_{це} \Rightarrow V_e=S/(m \cdot R_{це})$

Теперь для грубой оценки допустим, что вся масса электрона находится в стенках цилиндра $R_{це} = r/2$. Тогда $V_e=2S/(m \cdot r)$

$$S=(h/4\pi)=0,527285863235 \cdot 10^{-34} \text{ дж} \cdot \text{с}$$

$$m \cdot r=9,10938356 \cdot 10^{-31} \cdot 0,082 \cdot 10^{-15} = 0,75 \cdot 10^{-46}$$

$$V_e=2 \cdot 0,527285863235 \cdot 10^{-34} / 0,75 \cdot 10^{-46} = \mathbf{1,4 \cdot 10^{+12} \text{ (м/сек)}}$$

То есть, по оценкам дуэтонной модели, продольная скорость волн в микромире, являющаяся аналогом продольных волн в атмосфере Земли (скорости звука), на четыре порядка больше скорости света. Такая большая величина одновременно и пугает и радует. Пугает тех, кто привык считать, что скоростей больших скорости света не существует. Радует тем, что с помощью технологии, использующей для связи продольные волны эфира, можно будет создать космическую дальнюю связь (например, осуществлять мгновенную связь с колонией на Марсе).

Литература

1. Ацюковский В.А. Общая эфиродинамика. М.: Энергоиздат. 2003. С.127-164.
2. Барков Ю.А., Вотинов Г.Н., Зверев О.М., Перминов А.В. Краткий курс общей физики – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 407 с.
3. Белонучкин В.Е., Зайкин Д.А., Ципенюк Ю.М., Основы физики. Курс общей физики: Учебник в 2 т. Т. 2. Квантовая и статистическая физика / Под ред. Ю.М. Ципенюка. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 504 с.
4. Гришаев А.А. Разноимённые электрические заряды, как противофазные квантовые пульсации.
5. Жуковский Н.Е. Гидродинамика. Собрание сочинений. Т.2. М.-Л. 1949. С.689-696 (Заметка о движении вихревых колец).
6. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. М.: 2001. - 272 с
7. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра: Учебник. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. -584с.
8. Канарёв Ф.М. Теоретические основы физхимии микромира. 2012.
9. Кастерин Н.П. Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики. Доклад на особом совещании при Академии Наук СССР 9 декабря 1936 года. Москва. 1937.
10. Ключин Я. Г. Электричество, гравитация, теплота - другой взгляд. 2-е изд., испр., доп.и перераб. – СПб:Международный клуб ученых, 2015. – 235 с.: ил.
11. Кожевников Д.Н. Кольцевые модели молекул. Журнал физической химии, 1996г., т.70, №6, с.1134-1137.
12. Коновалов В.Г. Основы новой физики и картины мироздания. 2013
13. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики: Учеб, пособие в 3 т. / Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. — 12-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 656 с
14. Ойр Дж. Физика: учебник/ пер. с англ. и научная редакция Ю. Г. Рудого и А.В.Беркова. М. : КДУ, 2010. 752 с.
15. Пакулин В.Н. Структура материи. Вихревая модель микромира. Спб, НТФ «Истра», 2012.
16. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. — 11-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 560 с
17. Цапурин Л.М. Элементарная электрически заряженная частица – физическая сущность.
18. Черноуцан А.И. Краткий курс физики. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 320 с.
19. Шабанов С, Шубин В. О вихревых кольцах. Библиотечка «КВАНТ» выпуск 4. М., Наука, Гл. ред. Физ-мат. лит.,1981г. Стр. 18.
20. Шпильман А.А. Что такое дуализм?
21. Шульман М.Е. О структуре электрона и других заряженных лептонов.
22. Экстрем Ф., Вайнлэнд Д., Физика наших дней. Изолированный электрон, УФН, 1981г., август, том 134, вып.4.
23. Юлианов О.А. Атом и вещество.
24. Яковлев В.В. Особенности вращения. Часть 1. Исторический обзор представлений об особенностях явлений гидродинамики. Пенза. 2017.
25. Яковлев В.В. Особенности вращения. Часть 2. Взгляд независимого аналитика на вращение и на гидродинамические явления. Пенза. 2017.
26. Яковлев В.В. Особенности вращения. Часть 3. Модель электромагнитных волн на основе новых представлений о гидродинамических явлениях. Пенза. 2018.