

Волновая геометрия микромира: единая модель заряда, массы и взаимодействий на гиперповерхности 4D-капли

Оглавление

Аннотация	3
Раздел 1. Кризис наглядности в современной физике: от математики к геометрии	3
1.1. Триумф и тупик Стандартной модели	3
1.2. Метафизика Стандартной модели: постулирование сущностей	4
1.3. Кризис физической наглядности: что такое заряд и масса на самом деле? ..	5
1.4. Цена отсутствия наглядности: технологический застой.....	5
1.5. Необходимость возврата к физической геометрии	6
Раздел 2. Геометрическая 4D-модель Вселенной как единый язык физики	7
2.1. Первичная реальность: 4D-среда и её агрегатные состояния	7
2.2. Рост Вселенной как процесс конденсации	7
2.3. Гиперповерхность и её динамика: происхождение сил.....	8
2.4. Фотон-солитон: первичное волновое возмущение	9
2.5. Зацикленный фотон: рождение массы и заряда.....	12
2.6. Иерархия искривлений: два типа поля	13
Раздел 3. Электромагнетизм и сильное взаимодействие как разные типы интерференции спиралей Архимеда	13
3.1. Спираль Архимеда как основа электромагнетизма.....	13
3.2. Закон Кулона как асимптотика интерференции спиралей	15
3.3. Границы применимости закона Кулона: фазовый критерий отталкивания ..	17
3.4. Критика СМ: заряд как постулированная сущность	20
3.5. Сильное взаимодействие как вложенные спирали	20

Раздел 4. Как наша модель через взаимодействие антигравитационных спиралей Архимеда микрочастиц объясняет устройство нейтрона, атомного ядра и протона.	22
4.1. Нейтрон, как система из протона и электрона вокруг протона.	23
4.2. Атомное ядро, как система из протонов в центре и нейтронных электронов вокруг этого центра на непарных энергетических уровнях.	23
4.3. Внутренняя структура протона. Кварки, как зацикленные частично наложенные друг на друга фотоны.	26
4.4. Резюме: электромагнетизм и сильное взаимодействие — это разные уровни одной геометрии.	28
Раздел 5. Нейтрино, как адаптивная структура из двух зацикленных фотонов противоположного заряда, существующая благодаря балансу сил кулоновского притяжения и магнитного отталкивания.	29
Раздел 6. Элементарные частицы в рамках нашей модели.	30
Заключение	31
Обзор литературы	34
1. Базисные работы по 4D-модели (В.П. Скоробогатов)	34
2. Развитие 4D-модели (работы автора)	34
3. Альтернативные модели и экспериментальные работы.	35
4. Классические работы и экспериментальные данные.	35

道生一，一生二，二生三，三生万物。 Dào shēng yī, yī shēng èr, èr shēng sān, sān shēng wànwù.

«Дао рождает одно, одно рождает два, два рождает три, три рождает десять тысяч вещей [всё сущее].»

Аннотация

В работе предлагается геометрическая модель, сводящая всё многообразие элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий (кроме гравитации) к единому принципу — волновым структурам на гиперповерхности 4D-капли. Показано, что наш трёхмерный мир является границей раздела между двумя фазами первичной четырёхмерной материи (4D-жидкостью и 4D-газом). Все частицы рассматриваются как различные топологические состояния фотона-солитона: свободный фотон, зацикленный фотон (кварк/лептон), дипольная структура из двух зацикленных фотонов (нейтрино) и их комбинации (адроны, ядра). Электрический заряд интерпретируется как антигравитационная спираль Архимеда, расходящаяся от зацикленного фотона. На основе геометрии взаимодействия этих спиралей дано единое объяснение закону Кулона, природе сильного взаимодействия (как эффекта центрирования вложенных спиралей), структуре нейтрона, протона и атомных ядер, а также адаптивной природе нейтрино и его каталитической роли в бета-распаде. Модель не требует введения новых сущностей (глюонов, виртуальных частиц, поля Хиггса) и возвращает физике наглядность и причинность, открывая путь к новым технологиям управления веществом на фундаментальном уровне.

Раздел 1. Кризис наглядности в современной физике: от математики к геометрии

1.1. Триумф и тупик Стандартной модели

Современная фундаментальная физика находится в парадоксальной ситуации. Она обладает двумя невероятно успешными теориями, составляющими основу нашего понимания мира:

- **Квантовая теория поля (КТП)**, и особенно её ядро — Стандартная модель (СМ), с беспрецедентной точностью описывает электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия. Предсказания СМ

подтверждаются в экспериментах с точностью до 10^{-12} , что является абсолютным рекордом в истории науки.

- **Общая теория относительности (ОТО)** с огромной точностью описывает гравитацию как геометрию пространства-времени на космических масштабах, объясняя движение планет, чёрных дыр и эволюцию Вселенной.

Однако этот триумф математики обернулся кризисом физической картины мира. Эти две теории фундаментально несовместимы. Они описывают одну и ту же реальность на принципиально разных языках:

КТП говорит на языке дискретных, точечных частиц-переносчиков (фотонов, глюонов, $W^\pm$ - и Z^0 -бозонов) и вероятностных квантовых полей.

ОТО говорит на языке гладкого, непрерывного и детерминированного пространства-времени.

В результате мы имеем не единую картину мира, а набор разрозненных, хотя и эффективных, описаний. Физика вернулась к положению, существовавшему до Ньютона: есть отдельные правила для Земли (квантовая механика) и отдельные правила для небес (ОТО). Но причина этого разрыва глубже, чем математическая несовместимость. Она лежит в онтологической плоскости.

1.2. Метафизика Стандартной модели: постулирование сущностей

Главная проблема СМ не в её математической сложности, а в её метафизике. Модель описывает мир через набор постулированных сущностей:

- **Кварки** — частицы с дробными электрическими зарядами, которые никогда не наблюдались в свободном состоянии. Их существование постулируется для объяснения структуры адронов, но они не имеют физической наглядности. Это не «частицы» в классическом смысле, а математические объекты, которые «заперты» внутри протонов.
- **Глюоны** — переносчики сильного взаимодействия, которые также никогда не наблюдались свободными. Они служат для «склеивания» кварков, но их существование постулируется только для согласования теории.
- **$W^\pm$ - и Z^0 -бозоны** — переносчики слабого взаимодействия, которые имеют массу, но их происхождение (механизм Хиггса) также является постулатом, вводящим ещё одну сущность — поле Хиггса.
- **Гравитон** — гипотетический переносчик гравитации, который не обнаружен и не вписывается в квантовую картину мира.

Каждый новый эксперимент требует введения новой сущности. Это напоминает эпициклы Птолемея: теория усложняется, но не приближается к пониманию природы. **СМ — это не физика, а филология**: она описывает символы, но не объясняет, что они означают на самом деле.

1.3. Кризис физической наглядности: что такое заряд и масса на самом деле?

В СМ остаются без ответа фундаментальные вопросы:

- **Что такое электрический заряд?** В СМ заряд — это врождённое свойство частиц, которое не выводится из более глубоких принципов. Он постулируется, как и его квантование. Почему заряд всегда кратен e ? Почему у кварков он дробный? Ответа нет.
- **Что такое масса?** В СМ масса частиц объясняется через взаимодействие с полем Хиггса, но само поле Хиггса — это тоже постулат. Почему массы имеют именно такие значения? Почему протон тяжелее электрона в 1836 раз? СМ не даёт на это ответа — она лишь фиксирует эти числа экспериментально.
- **Что такое сильное взаимодействие?** В СМ это обмен глюонами между кварками, но кварки и глюоны никогда не наблюдались. Это математическая конструкция, а не физический механизм.
- **Почему гравитация не квантуется?** Все попытки создать квантовую теорию гравитации потерпели неудачу. Это указывает на то, что гравитация — не «сила» в том же смысле, что и другие взаимодействия, а нечто принципиально иное.

Этот разрыв между математикой и физической интуицией является главным тормозом на пути к новым технологиям. Мы можем **вычислять** взаимодействия, но не можем **понять** их природу. А без понимания невозможно создавать принципиально новые устройства, потому что мы не знаем, как управлять процессами на фундаментальном уровне.

1.4. Цена отсутствия наглядности: технологический застой

Отказ от физической наглядности имеет далеко идущие последствия:

- **Новые технологии тормозятся.** Мы используем свойства материи, но не можем их менять, потому что не понимаем их внутренней структуры. Например, управляемый термоядерный синтез остаётся недостижимым, потому что мы не знаем, как эффективно управлять ядерными процессами.

- **Фундаментальная физика зашла в тупик.** Теория струн, петлевая квантовая гравитация и другие попытки «спасти» ситуацию лишь усложняют математику, не приближая к пониманию. Они не дают проверяемых предсказаний, превращая физику в раздел математики.
- **Потеря философского фундамента.** Физика перестала отвечать на вопрос «что такое материя?» и сосредоточилась на вопросе «как она взаимодействует?». Это позволило создать блестящий математический аппарат, но оставило без ответа фундаментальные вопросы о природе реальности.

1.5. Необходимость возврата к физической геометрии

Выход из этого кризиса лежит в возврате к физической наглядности — к поиску **геометрического чертежа** природы, а не её математической тени. Великие прорывы в физике всегда были связаны с геометрической интуицией:

Демокрит — атомы как геометрические тела.

Эвклид — оптика как геометрия лучей.

Ньютон — гравитация как геометрия орбит.

Максвелл — электромагнетизм как геометрия полей.

Эйнштейн — гравитация как геометрия пространства-времени.

Все эти открытия были сделаны людьми, которые могли **представить** физический процесс, а не просто описать его уравнениями. Современная физика потеряла это искусство.

Наша модель предлагает вернуть физике её геометрическую основу. Мы показываем, что **все взаимодействия — это разные типы искривлений одной и той же 4D-гиперповерхности**, а все частицы — это различные формы волн на этой поверхности. Это позволяет объяснить всё многообразие природы из единого источника, не постулируя новых сущностей.

В следующих разделах мы последовательно развернём эту картину, показывая, как из простой геометрии 4D-капли возникают гравитация, электромагнетизм, сильное и слабое взаимодействия, а также структура протона и нейтрино. Мы вернём физике наглядность, причинность и, как следствие, возможность инженерного применения.

Раздел 2. Геометрическая 4D-модель Вселенной как единый язык физики

В этом разделе мы закладываем фундамент, на котором будут построены все последующие рассуждения. Мы показываем, что наш трёхмерный мир не является самостоятельной сущностью, а представляет собой лишь гиперповерхность в пространстве более высокой размерности. Это позволяет с единых позиций описать гравитацию, электромагнетизм, сильное и слабое взаимодействия, а также структуру вещества.

2.1. Первичная реальность: 4D-среда и её агрегатные состояния

Основной постулат нашей модели заключается в существовании первичной четырёхмерной материи, состоящей из мельчайших частиц — **айперонов** (от греч. ἀπείρων — бесконечный, безграничный) [1/1]. Эта материя может находиться в двух агрегатных состояниях, аналогично тому, как вода может быть паром или жидкостью:

- **4D-пар** — разреженное, высокоэнтропийное состояние, в котором айпероны движутся хаотически и слабо взаимодействуют друг с другом.
- **4D-жидкость** — конденсированное, низкоэнтропийное состояние, в котором айпероны связаны друг с другом, образуя структуру с сильным поверхностным натяжением (аналогом поверхностного натяжения в 3D-мире).

Наш трёхмерный мир (все наблюдаемые звёзды, планеты, галактики, а также мы сами) является **гиперповерхностью раздела** между этими двумя фазами. Всё многообразие наблюдаемых явлений — частицы, поля, силы — есть вихри, волны и деформации на этой границе и в самой 4D-среде.

Ключевая идея: Пространство не является «пустым контейнером» или абстрактным математическим многообразием. Это физическая среда, обладающая свойствами упругости, поверхностного натяжения и способностью к фазовым переходам.

2.2. Рост Вселенной как процесс конденсации

Вселенная не статична. Она непрерывно растёт за счёт конденсации 4D-пара на поверхность 4D-капли, превращая его в 4D-жидкость [2/1]. Этот фундаментальный процесс:

- **Задаёт абсолютное время.** Каждый акт конденсации — это «тик» вселенских часов. Время не является четвёртым измерением

пространства (как в ОТО), а представляет собой параметр, связанный с ростом капли.

- **Определяет направленность всех процессов.** Стрела времени возникает не из термодинамической стрелы энтропии, а из непрерывного роста Вселенной. Будущее — это область, куда капля ещё не доросла.
- **Идёт с постоянной скоростью**, которая в проекции на наш трёхмерный мир воспринимается **как скорость света c** . Скорость света перестаёт быть эмпирической константой и становится скоростью роста самой Вселенной.

Важно: Вселенная — это **открытая система**. Она не замкнута в себе, а постоянно получает энергию и вещество из 4D-пара. Это снимает главное ограничение классической термодинамики (второй закон) и позволяет локально уменьшать энтропию, создавая сложные структуры — от атомов до галактик и жизни.

2.3. Гиперповерхность и её динамика: происхождение сил

Все физические явления в нашем трёхмерном мире — вещество, поля, излучение — являются следствием образования и взаимодействия локальных неровностей гиперповерхности. Эти неровности представляют собой **впадины** (отрицательная кривизна) и **горбы** (положительная кривизна). Они возникают, исчезают или поддерживаются в результате действия двух универсальных процессов:

1. **Давление конденсации (ДК):** Неравномерность конденсации 4D-пара на гиперповерхность создаёт эффект давления, которое стремится продавить гиперповерхность вглубь 4D-капли. Этот процесс порождает локальные впадины (отрицательную кривизну). Величина ДК тем больше, чем сильнее локальная кривизна отличается от средней кривизны гиперповерхности.
2. **Поверхностное натяжение (ПН):** 4D-жидкость, как и любая жидкость, обладает поверхностным натяжением, которое стремится минимизировать площадь гиперповерхности и «выпрямить» любые деформации. Сила ПН направлена против искривления: она сопротивляется как продавливанию впадин, так и росту горбов. В 4D-пространстве эта сила пропорциональна квадрату локальной кривизны.

Именно баланс этих двух сил определяет все стабильные структуры в нашем мире. Все известные частицы и поля — это не «сущности», а **устойчивые состояния этого динамического равновесия.**

2.4. Фотон-солитон: первичное волновое возмущение

Из хаотических флуктуаций гиперповерхности баланс ДК и ПН выделяет особую, устойчивую структуру — **солитон огибающей**, который математически описывается функцией [2/6, 2/7]:

$$f(x) = A \cdot \operatorname{sech}\left(\frac{x}{w}\right) \cdot \sin(kx)$$

Где:

- $\operatorname{sech}(x)$ — гиперболический секанс, создающий «колоколообразный» профиль амплитуды, который экспоненциально спадает до нуля на бесконечности.
- $\sin(kx)$ — описывает внутреннюю волновую структуру («рябь» на поверхности), которая несёт энергию.

Ниже на рисунках 1-4 наглядно показано, как фотон-солитон выглядит в случае условно 2-х мерной поверхности и 3-х мерной Вселенной-капли.

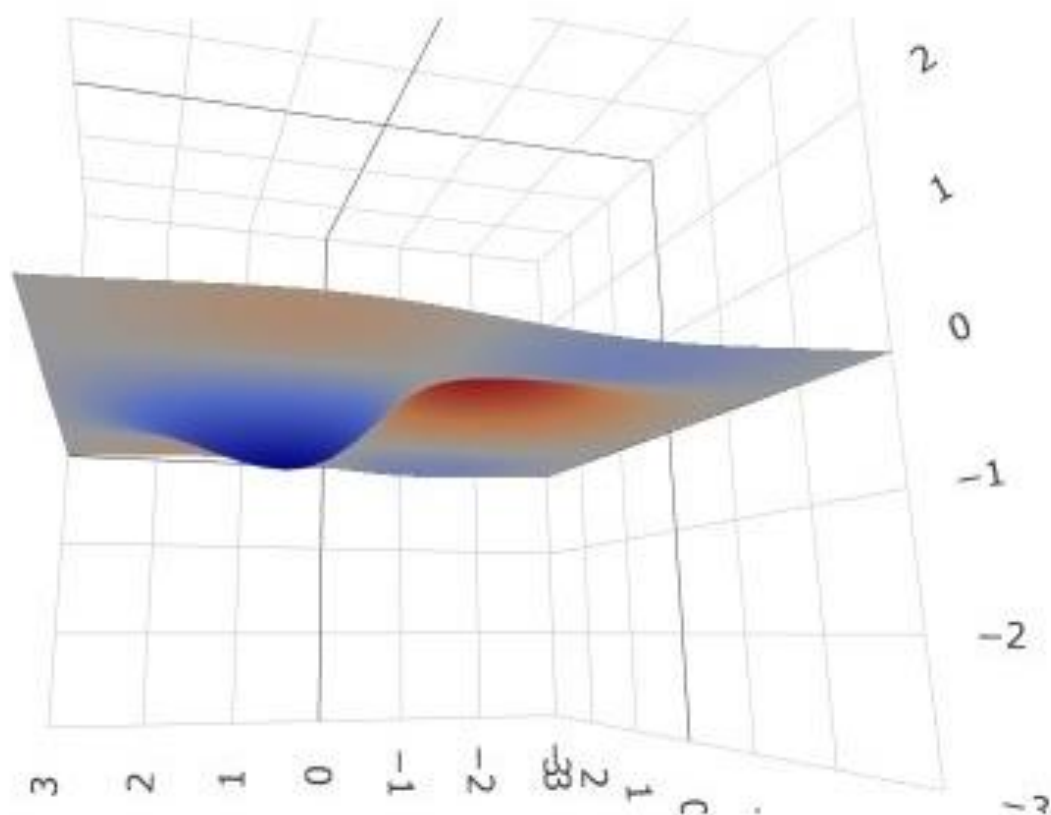


Рисунок 1. Фотон-солитон, вид сбоку снизу.

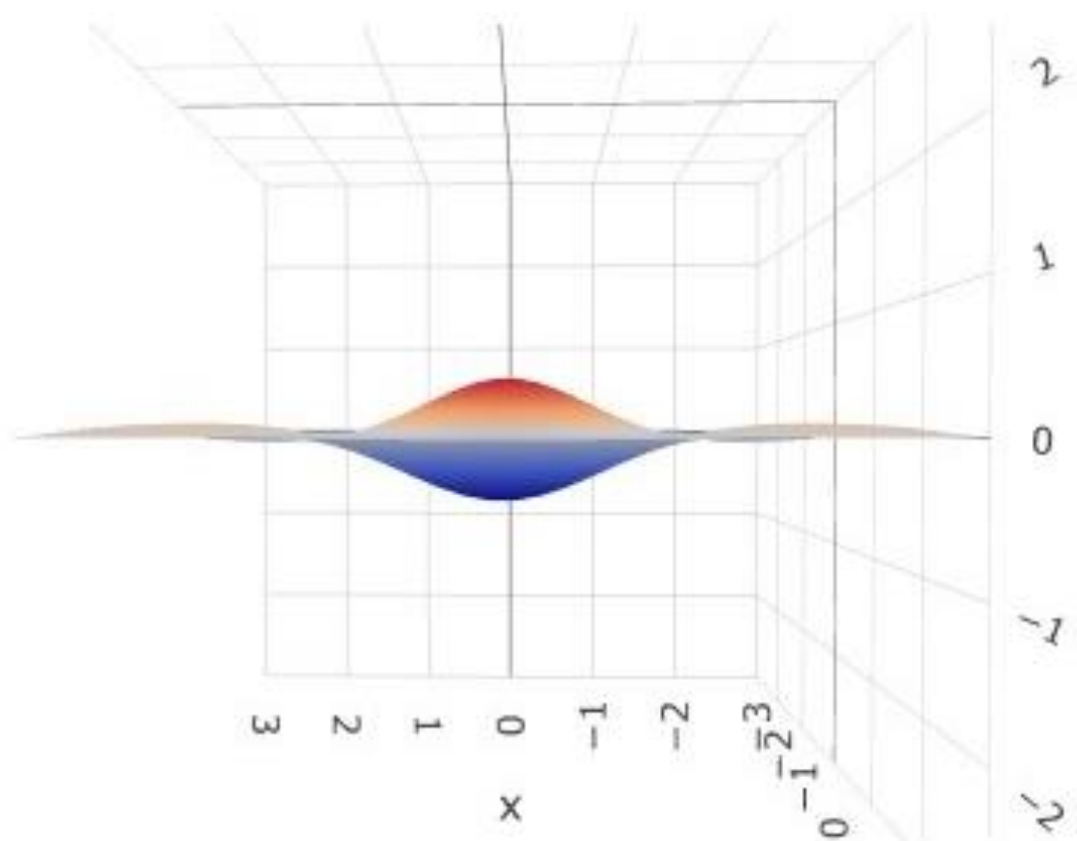


Рисунок 2. Фотон-солитон, вид со стороны оси X .

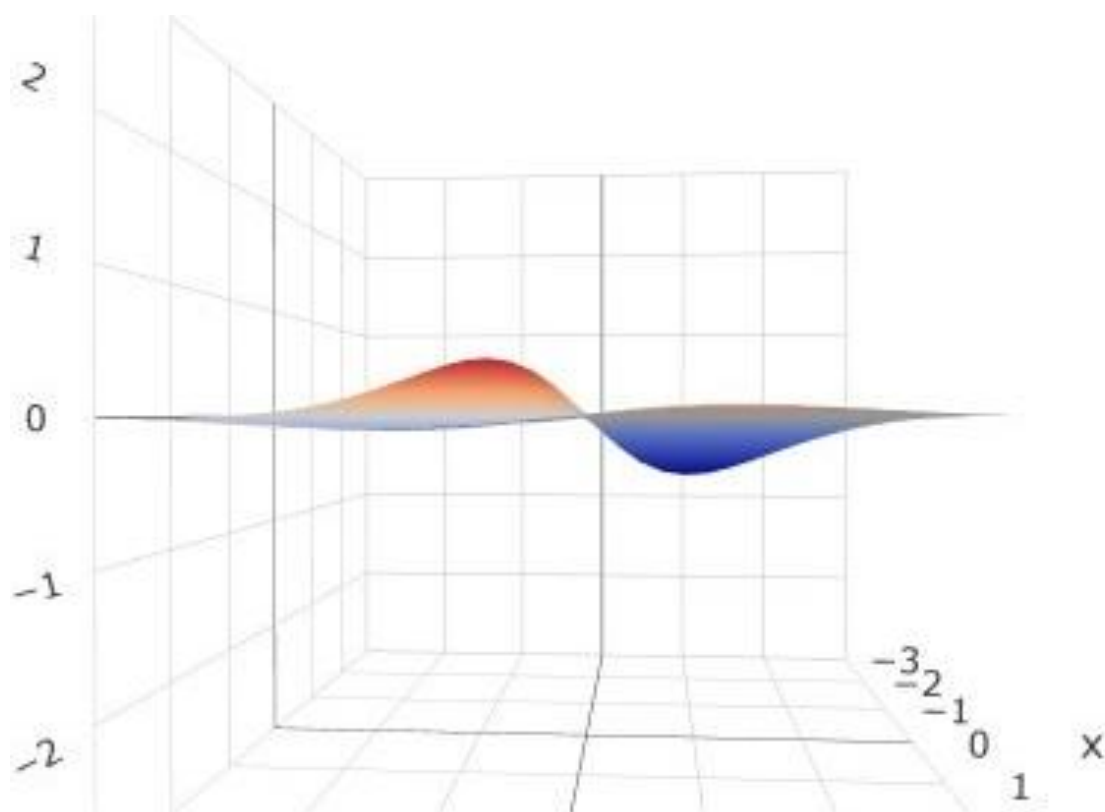


Рисунок 3. Фотон-солитон, вид с оси Y сбоку.

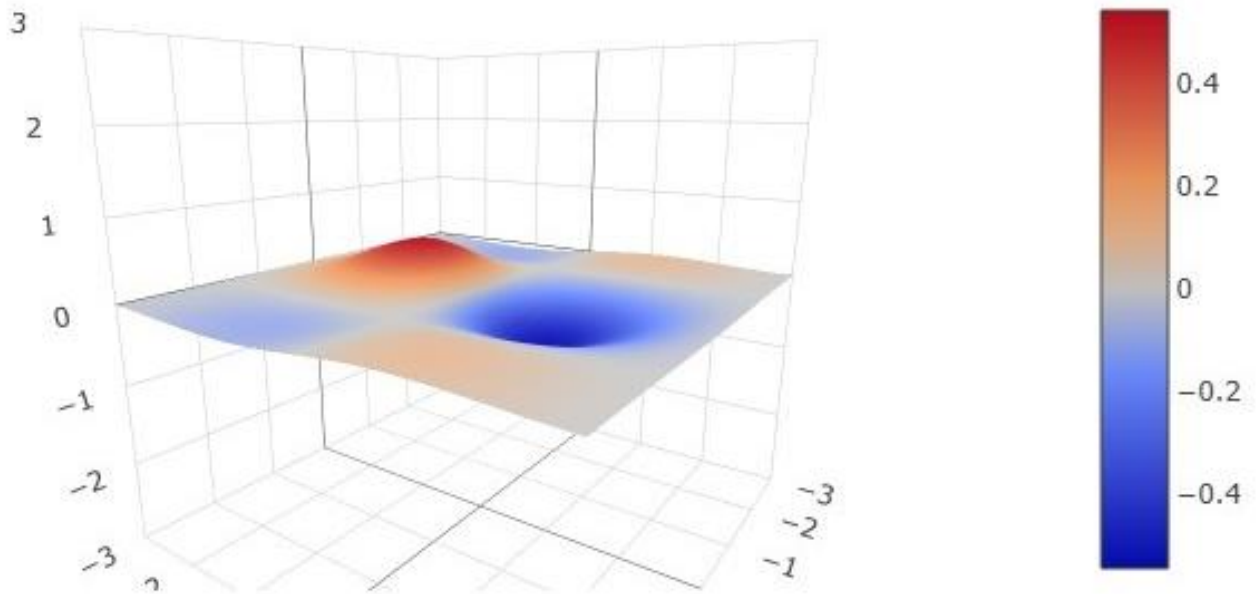


Рисунок 4. Фотон-солитон, вид сверху сбоку.

Этот солитон, движущийся по гиперповерхности со скоростью света c , и есть **фотон**. Его профиль содержит две неразрывно связанные области:

- **Впадина** (отрицательная кривизна) — гравитационная компонента, локальное «сжатие» пространства.
- **Горб** (положительная кривизна) — антигравитационная компонента, локальное «растяжение» пространства.

Благодаря своему движению, фотон «убегает» от собственного гравитационного воздействия (динамический гравитационный эффект). Его впадина не успевает углубиться, поэтому **свободный фотон не имеет массы покоя**. Это объясняет, почему свет всегда движется с предельной скоростью: это не постулат, а условие стабильности самого солитона.

Математически солитон огибающей описывается функцией $f(x) = A \cdot \operatorname{sech}\left(\frac{x}{w}\right) \cdot \sin(kx)$, которая формально простирается до бесконечности. Однако физически, благодаря движению со скоростью света c , передний фронт солитона обрывается, так как возмущение не может распространяться быстрее c . Это делает фотон локализованным объектом в направлении движения, поэтому приведённая формула является лишь первым приближением к реальности, и для её уточнения требуются дальнейшие теоретические исследования. В качестве одного из направлений таких

исследований может быть выбрано применение уравнения КдФ (Кортевега-де Фриза), которое описывает распространение уединенной волны в жидкости.

Другим перспективным направлением теоретических исследований является отождествление расходящихся от движущегося фотона-солитона хвостов возмущений гиперповерхности со световым конусом пространства-времени, описываемым в ОТО. Это позволяет рассматривать световой конус не как абстрактную геометрическую конструкцию, а как реальное физическое поле — экспоненциально затухающий хвост солитона, который ограничивает скорость распространения информации и задаёт причинную структуру нашего 3D-мира. Данный подход открывает возможность описания гравитационного взаимодействия света с массивными телами без привлечения постулатов ОТО, а как результат взаимодействия хвостов солитонов с искривлённой гиперповерхностью 4D-капли.

2.5. Зацикленный фотон: рождение массы и заряда

Когда фотон-солитон попадает в достаточно глубокую гравитационную воронку (или его траектория замыкается под действием собственного поля), его динамика кардинально меняется. Линейное движение прекращается, и структура вырождается. Фотон-солитон начинает вращаться вокруг оси, идущей в 4-е радиальное измерение:

- **Впадина (гравитация)** становится **статической гравитационной воронкой**. Её глубина определяет массу покоя частицы. Чем глубже воронка, тем больше масса.
- **Горб (антигравитация)** не может оставаться на месте. Он выталкивается из воронки и начинает расходиться от радиуса зацикливания в виде **сферической спирали Архимеда**, движущейся со скоростью света в радиальном направлении. Эту расходящуюся спираль мы и воспринимаем как электрический заряд.

Направление закрутки спирали (по часовой стрелке или против) определяет знак заряда. Таким образом, масса и заряд — это не два независимых свойства, а две проекции одной структуры: зацикленного фотона-солитона.

Энергия зацикленного фотона (масса частицы) определяется его радиусом r :

$$E = h_{bar} \frac{c}{r}$$

Для электрона $r = r_e = \frac{h_{bar}}{m_e \cdot c}$. Для протона, как мы покажем в следующих

разделах, структура сложнее: это три взаимодействующих зацикленных фотона.

2.6. Иерархия искривлений: два типа поля

В рамках нашей модели всё многообразие искривлений гиперповерхности делится на два принципиально разных типа:

Монотонное искривление: Статическое, направленное вглубь 4D-капли, убывающее как $\frac{1}{r}$. Пример: гравитационная воронка (масса). Связь с взаимодействием: Гравитация.

Волновое искривление: Динамическое, распространяющееся вдоль гиперповерхности. Пример: фотон-солитон, спираль Архимеда. Связь с взаимодействием: электромагнитное, сильное, слабое.

Это различие объясняет, почему гравитация не квантуется (она монотонна), а все остальные взаимодействия — квантованы (они волновые и их частота/период дискретны из-за замкнутости траекторий порождающего их фотона-солитона).

В следующих разделах мы покажем, как различные комбинации и взаимодействия спиралей Архимеда (волновых искривлений) порождают всё многообразие частиц и сил, которые традиционная физика описывает как самостоятельные сущности. Мы увидим, что электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия — это не отдельные силы, а различные геометрические режимы интерференции спиралей.

Раздел 3. Электромагнетизм и сильное взаимодействие как разные типы интерференции спиралей Архимеда

В предыдущем разделе мы установили, что заряд — это не самостоятельная сущность, а расходящаяся спираль Архимеда (СА), порождаемая зацикленным фотоном-солитоном. Теперь мы покажем, что все известные взаимодействия (кроме гравитации) — это различные геометрические режимы взаимодействия этих спиралей.

3.1. Спираль Архимеда как основа электромагнетизма

Когда фотон-солитон замыкается, его антигравитационная компонента (горб) не может оставаться на месте. Она выталкивается из гравитационной воронки и начинает расходиться от радиуса зацикливания в виде **сферической спирали Архимеда** (для упрощения понимания мы рассматриваем систему в двух координатах нашего 3-х мерного Мира x и y):

1. В полярных координатах:

$$r(\theta) = r_0 + a \cdot \theta$$

где:

r_0 — начальный радиус (зарядовый радиус частицы),

a — шаг спирали,

θ — полярный угол.

2. Или в декартовых координатах:

$$x = (t + 1) \cdot \cos(t); y = (t + 1) \cdot \sin(t)$$

Ниже на рисунке 5 показана схематично такая кривая вместе с круговым радиусом заикливания фотона, который физика называет зарядовым радиусом частицы.

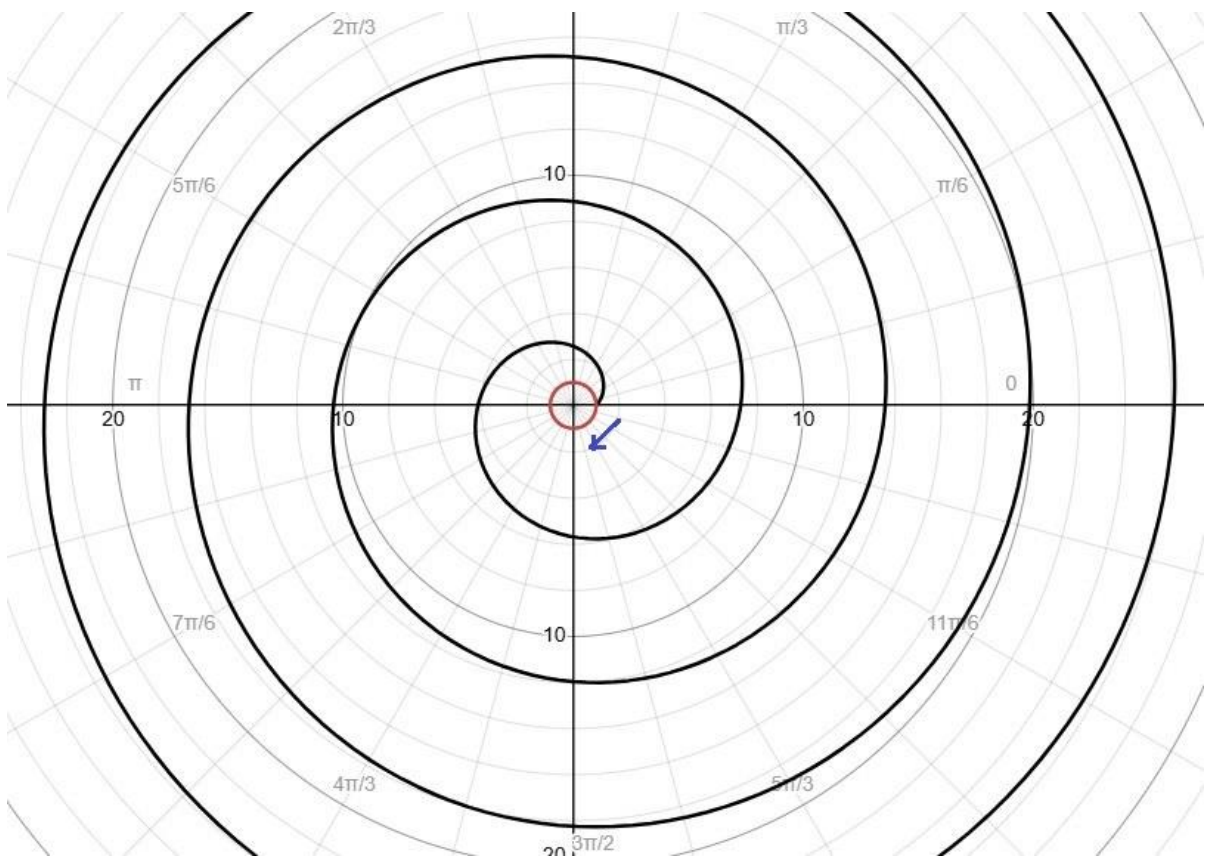


Рисунок 5. Спираль Архимеда, как волновое возмущение, передающее силовое взаимодействие между микрочастицами.

Синей стрелкой показано направление закрутки спирали в данной случае, совпадающее с направлением вращения зацикленного фотона-солитона.

Направление закрутки спирали (по часовой стрелке или против) определяет знак заряда. Частица с положительным зарядом имеет спираль, закрученную в одну сторону, с отрицательным — в противоположную.

Скорость распространения спирали вдоль радиуса равна скорости света c , что объясняет, почему электрическое поле не является мгновенным — оно распространяется с конечной скоростью, как и любое возмущение в 4D-среде. Эта радиальная скорость распространения определяет шаг СА, равный $2\pi r_0$ для любой микрочастицы, порождающей спиральную волну в рамках нашей модели.

Очень важно то, что описанная **спиральная волна является неотъемлемой частью микрочастицы**, на каком бы макроскопическом радиусе мы её не рассматривали. Фактически, точно так же, как от движущегося фотона-солитона расходятся хвосты колебаний гиперповерхности, являющиеся его неразрывной частью, от зацикленного фотона-солитона расходит волна в виде СА. Это означает, что электрическое поле — это не "облако" вокруг частицы, а сама частица, продолженная в пространство в виде спирали.

3.2. Закон Кулона как асимптотика интерференции спиралей

Взаимодействие двух спиральных волн, порождаемых двумя элементарными частицами, является взаимодействием антигравитационных компонент зацикленных в эти частицы фотонов-солитонов, т.е. данный тип взаимодействия относится к столкновению вихревых потоков.

При этом, результирующая сила определяется направлением вращения СА.

Одноимённые заряды — спирали вращаются в одну сторону. При встрече их волновые фронты интерферируют деструктивно, создавая область разрежения — эффект отталкивания.

Разноимённые заряды — спирали вращаются в противоположные стороны. Их фронты интерферируют конструктивно, создавая область сгущения — эффект притяжения.

На больших расстояниях касательная к СА в точке пересечения СА отрезка, соединяющего центры взаимодействующих микрочастиц, практически совпадает с нормалью к нему, и тогда интерференция двух СА даёт классический закон Кулона:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

где q_1 и q_2 — элементарные квантованные заряды микрочастиц, связанные в общем случае с топологическими характеристиками спиралей (шагом СА, направлением вращения СА, скоростью вращения СА), но поскольку наша модель жёстко привязывает шаг спирали к её скорости вращения, а скорость вращения на радиусе r_0 всегда c , то изменяющимся параметром для СА, порождаемой одним фотоном-солитоном может быть только дискретное значение направления вращения спирали.

На рис. 6, 7 показаны случаи дальнего взаимодействия микрочастиц при одинаковом направлении вращения их СА (одинаковые заряды частиц) и противоположном направлении вращения СА (разные знаки зарядов). Стрелками показаны направления вращения.

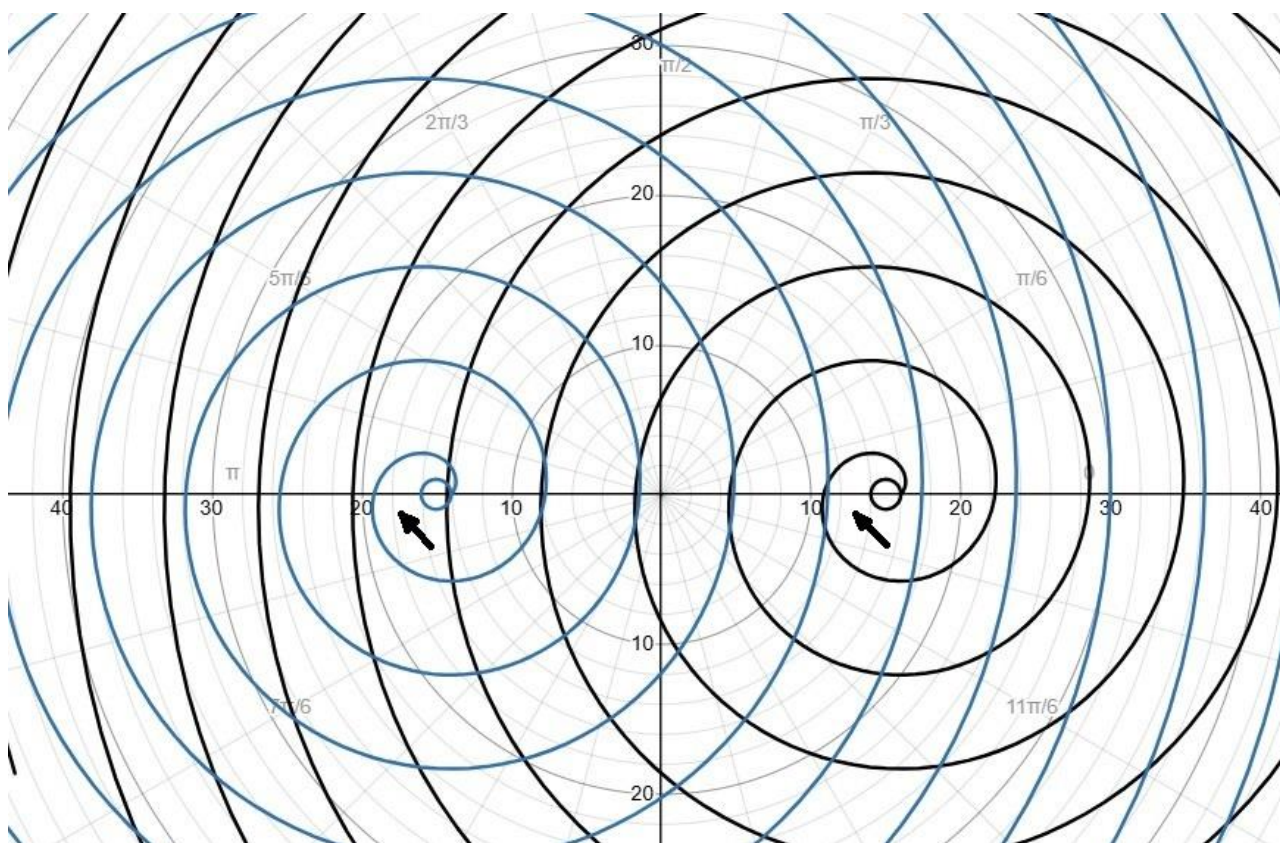


Рисунок 6. Взаимодействие спиральных волн одноимённо заряженных частиц.

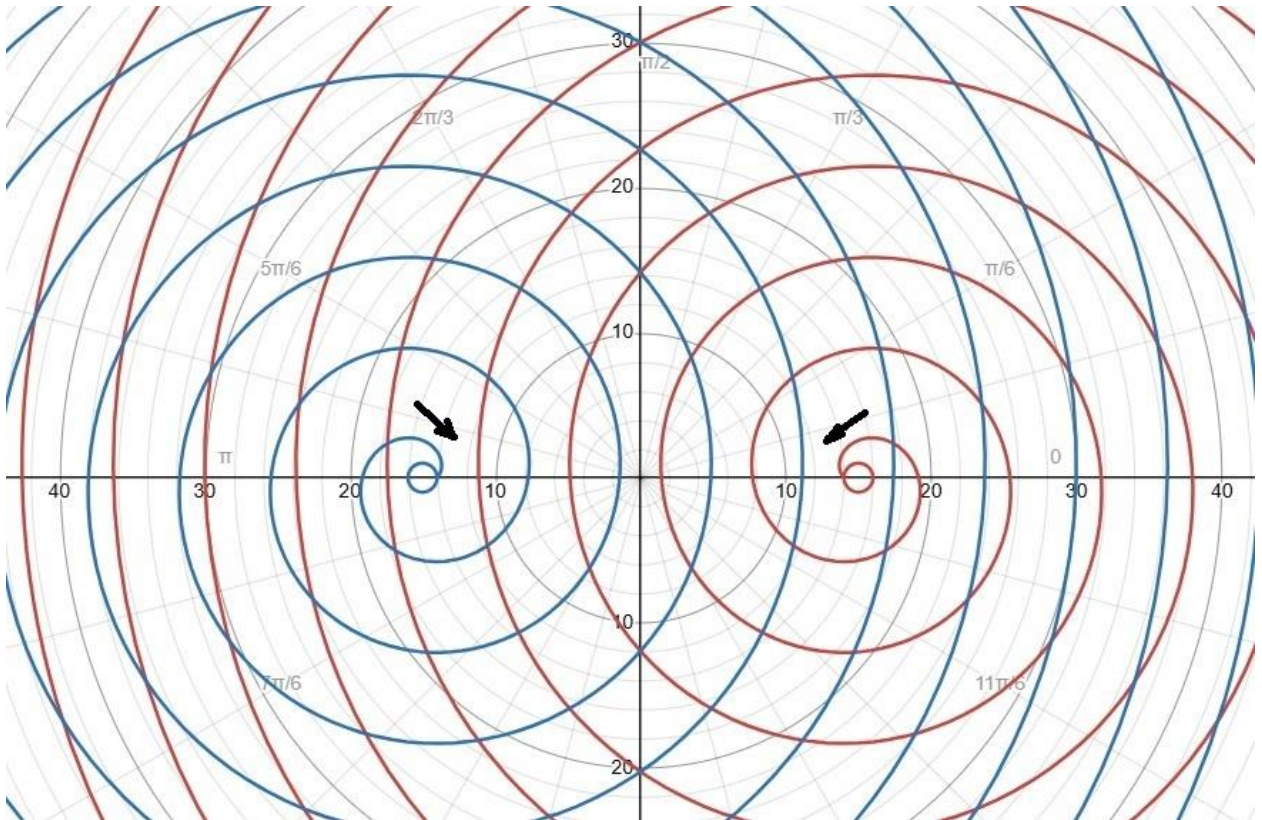


Рисунок 7. Взаимодействие спиральных волно частиц с разными знаками заряда.

3.3. Границы применимости закона Кулона: фазовый критерий отталкивания

Закон Кулона, как мы показали в 3.2, является асимптотикой взаимодействия двух спиралей Архимеда на больших расстояниях. Однако на малых расстояниях, сравнимых с зарядовыми радиусами частиц, геометрия спиралей приводит к существенным отклонениям от закона $\frac{1}{r^2}$.

Ключевым фактором, определяющим силу взаимодействия, является не просто расстояние, а **относительное движение спиралей Архимеда (СА) на отрезке, соединяющем центры частиц**. Если СА движутся навстречу друг другу, их интерференция создаёт область разрежения — отталкивание. Если СА движутся в одном направлении, отталкивание ослабевает или исчезает.

Для иллюстрации этого утверждения посмотрим на взаимное положение СА двух одинаковых по зарядовому радиусу r_0 микрочастиц при различном расстоянии между ними (рисунки 8, 9, 10). Стрелками показано направление движения СА.

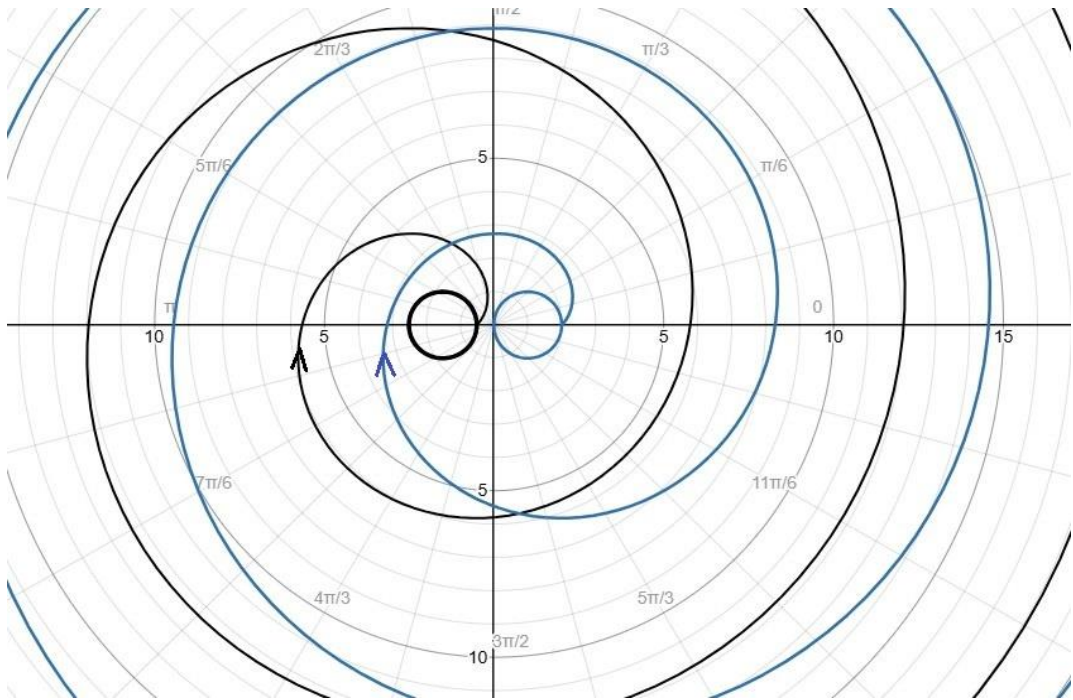


Рисунок 8. Взаимодействие одинаково заряженных микрочастиц при расстоянии между ними меньше полувитка СА.

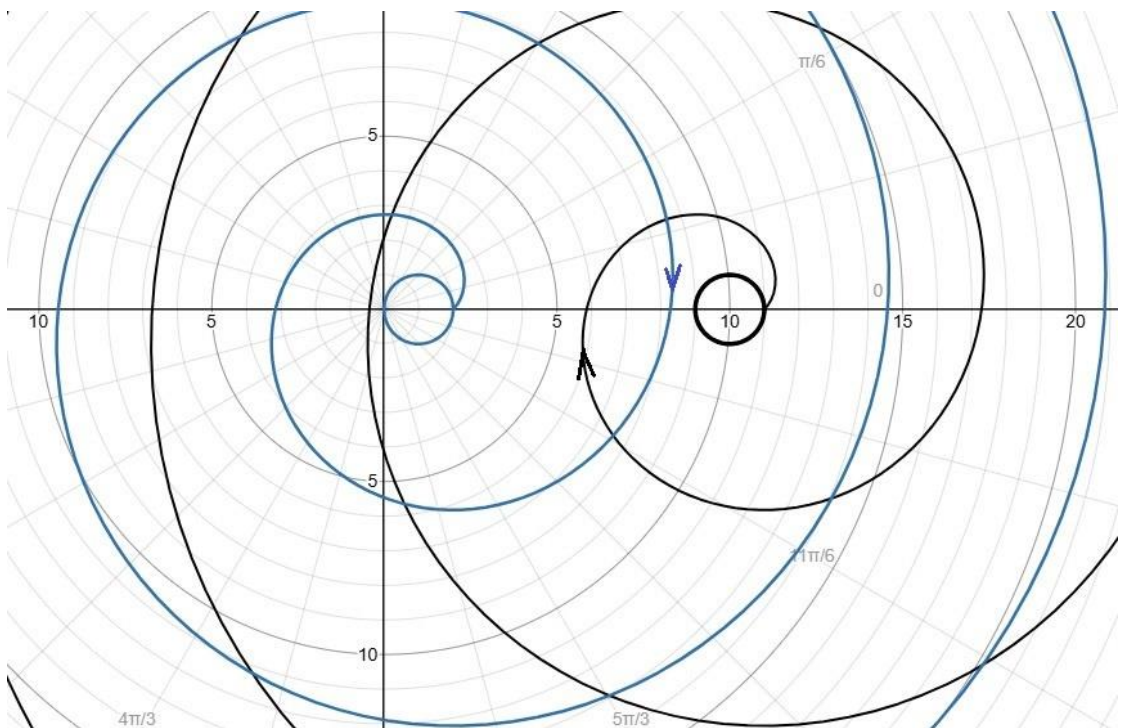


Рисунок 9. Взаимодействие одинаково заряженных микрочастиц при расстоянии между ними меньше витка СА.

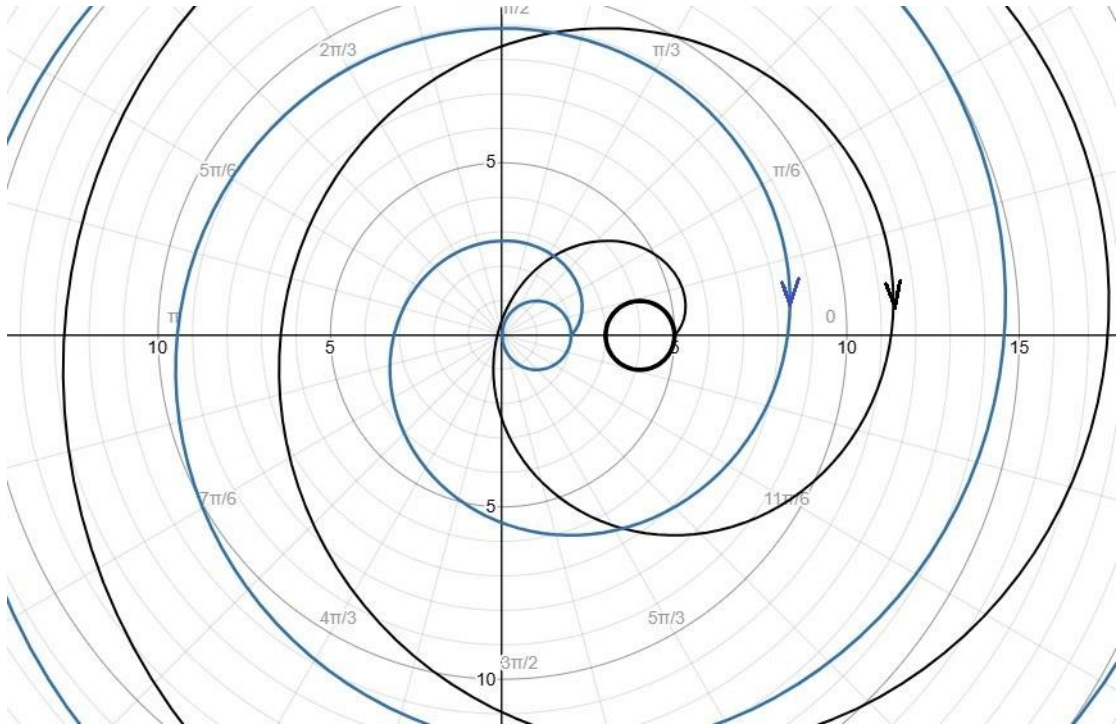


Рисунок.10. Взаимодействие одинаково заряженных микрочастиц при расстоянии между ними больше витка СА

Критерий гарантированного встречного движения СА логично выводится из приведённой на рисунке геометрии:

Для двух частиц с зарядовым радиусом r_0 расстояние d между их центрами должно удовлетворять условию:

$$d > 4\pi \cdot r_0$$

При этом расстоянии между частицами помещается как минимум два полных витка СА, и при любой фазе их взаимного вращения СА гарантированно движутся навстречу друг другу на соединяющем их отрезке.

Аналитическая поправка (приближение):

Ранее мы вывели поправочный коэффициент $K(r)$, основанный на угле ψ между касательной к СА и радиус-вектором:

$$K(r) = \frac{(\tan^2(\psi) - 1)}{(\tan^2(\psi) + 1)}$$

Однако это выражение является приближением, справедливым для усреднённых фазовых соотношений. Более точное описание требует учёта динамики вращения СА и их взаимной ориентации в каждый момент времени.

Наиболее надёжным критерием для отталкивания остаётся геометрическое условие $d > 4\pi r_0$.

Следствие для ядерной физики:

Для протонов ($r_0 \approx 0.84$ фм) условие $4\pi r_0 \approx 10.5$ фм. Это означает, что на расстояниях порядка нескольких фемтометров, характерных для ядра, электромагнитное отталкивание оказывается существенно меньше предсказанного законом Кулона (вплоть до нуля), что позволяет протонам находиться в ядре, не разлетаясь.

3.4. Критика СМ: заряд как постулированная сущность

В Стандартной модели заряд — это фундаментальное, необъяснимое свойство частиц. Он постулируется, а его квантование ($e, e\frac{2}{3}, -e\frac{1}{3}$) просто фиксируется экспериментально.

В нашей модели заряд не является самостоятельной сущностью. Это **проекция динамической структуры** — спирали Архимеда. Его квантование возникает естественно, потому что:

- Число витков спирали определяется геометрией зацикленного фотона.
- Шаг спирали фиксирован условием замкнутости.
- Дробные заряды кварков — это кажущийся эффект, возникающий из-за того, что внешний зонд (например, электрон) «видит» лишь часть спирали (как мы покажем в Разделе 4).

Таким образом, заряд перестаёт быть «даром природы» и становится **вычислимой геометрической характеристикой**.

3.5. Сильное взаимодействие как вложенные спирали

В п.3.3. мы качественно рассмотрели снижение кулоновского отталкивания одинаково заряженных частиц в рамках нашей модели полевого взаимодействия посредством волновых спиралей Архимеда при сближении микрочастиц на расстояние меньше $4\pi \cdot r_0$.

Но особенности взаимодействия микрочастиц через их СА на этом не заканчиваются. Более удивительное взаимодействие происходит, если одна условно малая микрочастица помещена внутрь зарядового радиуса другой условно большей микрочастицы в случае, если эти частицы имеют заряд разного знака, т.е. их СА крутятся в противоположном направлении. На рисунке 11 показана такая конструкция.

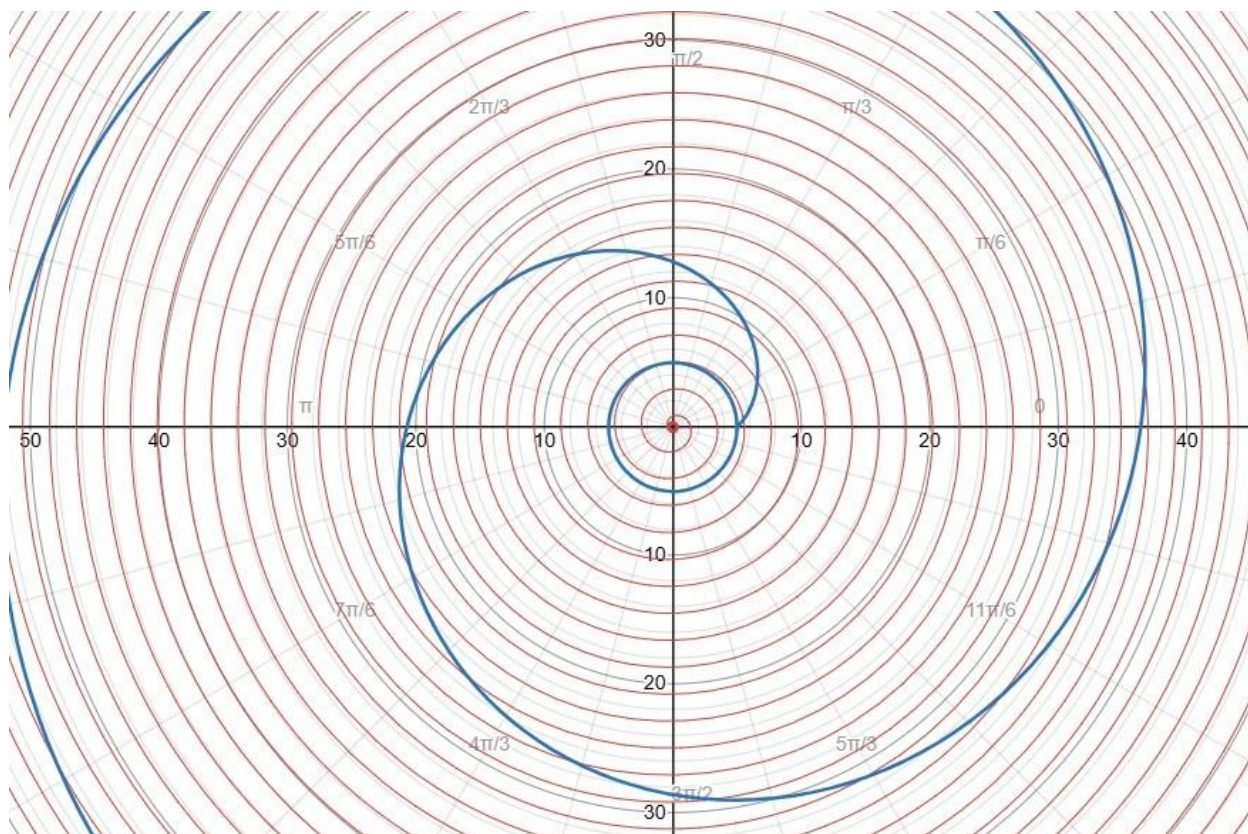


Рисунок 11. Положительная микрочастица находится в центре зарядового радиуса отрицательной микрочастицы.

Интерференционный результат взаимодействия СА таких микрочастиц сводится к тому, что они взаимодействуют частями своих СА, расположенных за зарядовым радиусом большей частицы. И такое взаимодействие приводит к тому, что минимальная энергия системы оказывается в случае, когда центр микрочастиц совпадает.

На рисунке 12 показан случай нарушения центровки таких вложенных одна в другую микрочастиц. Цветными стрелками показаны направления действия силы, действующей на каждую микрочастицу.

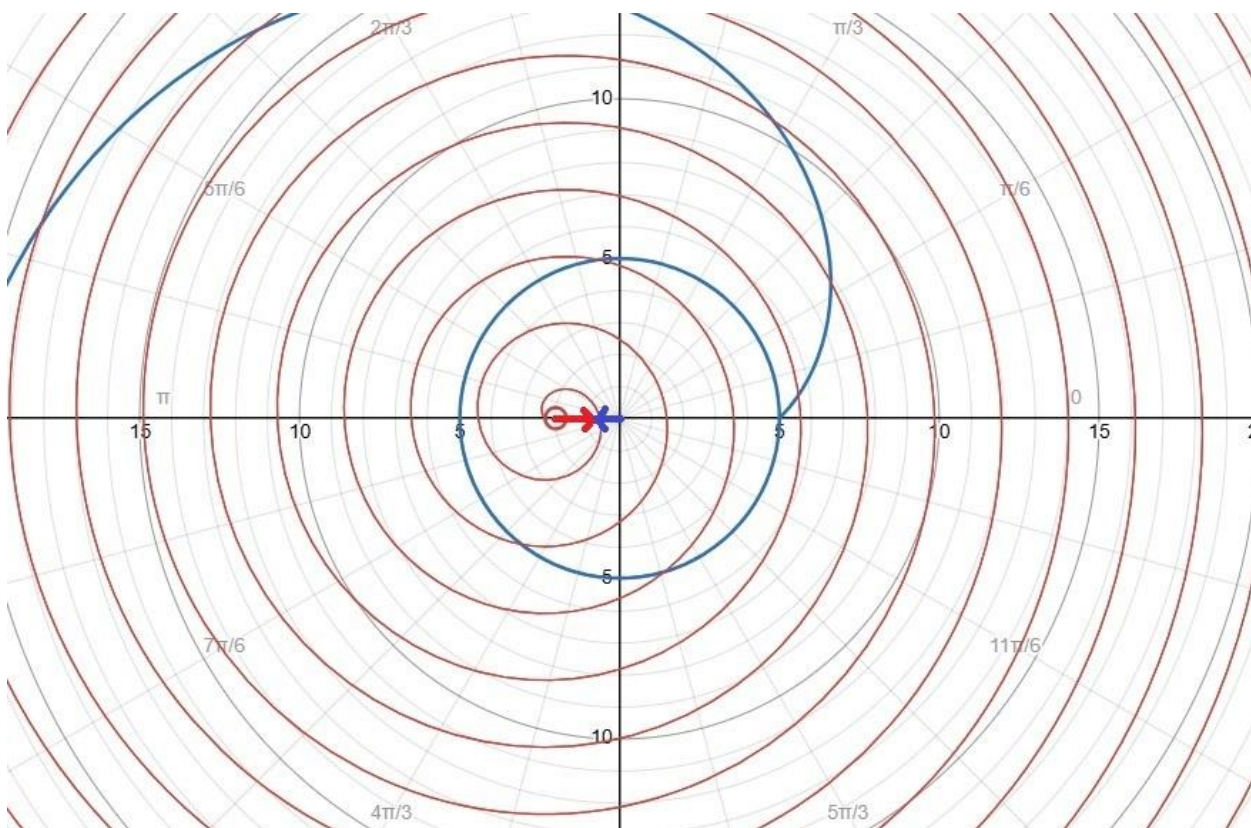


Рисунок 12. Направление сил, которые возникают в случае смещения микрочастиц из единого центра.

Возможны и варианты, когда микрочастица погружена в другую лишь частично. Тогда величина центрирующей силы будет снижаться пропорционально взаимному накрытию одной частицы другой.

В разделе 4 на примере моделей нейтрона, атомного ядра и протона мы покажем, как описанное выше взаимодействие СА вложенных друг в друга частиц заменяет т.н. сильное взаимодействие из Стандартной Модели традиционной физики.

Раздел 4. Как наша модель через взаимодействие антигравитационных спиралей Архимеда микрочастиц объясняет устройство нейтрона, атомного ядра и протона.

В разделе 3 мы показали, что волновая антигравитационная спираль Архимеда, порождаемая любой истинно элементарной частицей (являющейся

зацикленным фотоном-солитоном с тем или иным зарядовым радиусом), имеет широкий набор свойств в зависимости от конфигурации системы микрочастиц, что объясняет природу и электромагнитного, и сильного взаимодействия.

4.1. Нейтрон, как система из протона и электрона вокруг протона.

Нейтрон был открыт менее 100 лет назад в 1932 году английским физиком Джеймсом Чедвиком. Это открытие было результатом накопления опытных и расчётных данных многими ведущими физиками того времени. Нейтрон по своей массе был всего на 1,2933328443 МэВ тяжелее протона (масса протона = 938,2719881462 МэВ, масса нейтрона = 939,5653209905 МэВ). Как раз то, что разница масс нейтрона и протона оказалась существенно больше массы свободного неподвижного электрона (примерно 0,511 МэВ), первоначальное предположение, что нейтрон является составной частицей и состоит из протона и электрона физиками было отвергнуто. В рамках нашей модели электрон, как зацикленный фотон, в составе систем таких зацикленных фотонов может иметь как меньшую, так и большую массу, чем масса покоя, за счёт изменения радиуса зацикливания. Наша модель принципиально отличается от моделей атома Бора (с вращающимся вокруг ядра точечным электроном), которой пользовались во времена открытия нейтрона, пытаясь её применить для нейтрон=протон+электрон, тем, что в ней элементарные частицы являются волновыми образованиями в виде зацикленных фотонов, и это позволяет более малым по размеру микрочастицам размещаться внутри более больших.

Расчёт показывает, что для электрона, находящегося вокруг протона, необходим радиус около 152,511 фм для того, чтобы система протон+электрон стала иметь массу равную массе нейтрона.

С учётом того, что электроны вокруг протона должны занимать энергетические уровни, которые определяются шагом СА протона [8], расчёты показывают, что нейтронный электрон (мы введём такой термин для отличия этого электрона от "химических" электронов атома) должен находиться примерно на 38 орбитали. Эти оценки справедливы для свободного нейтрона. В составе атома положение нейтронных электронов зависит от общего числа протонов в системе и даже от количества "химических" электронов.

4.2. Атомное ядро, как система из протонов в центре и нейтронных электронов вокруг этого центра на непарных энергетических уровнях.

Принцип центровки малых по размеру положительно заряженных частиц при помощи больших по размеру отрицательно заряженных частиц, изложенный в

интерферируя превращаются в единую систему энергетических ям для "нейтронных" электронов.

На рисунке 14 наглядно показано расположение нейтронных электронов относительно системы протонов в ядре гелия. Наглядно видна разница в масштабах расстояний, что неудивительно. Ведь плотно упакованные (один к одному) протоны в ядре гелия занимают радиус примерно 1,7 фм, а радиус нейтронных электронов для обеспечения наблюдаемой массы ядра должен составлять порядка 156-160 фм. Т.е. различие составляют примерно 2 порядка величины.

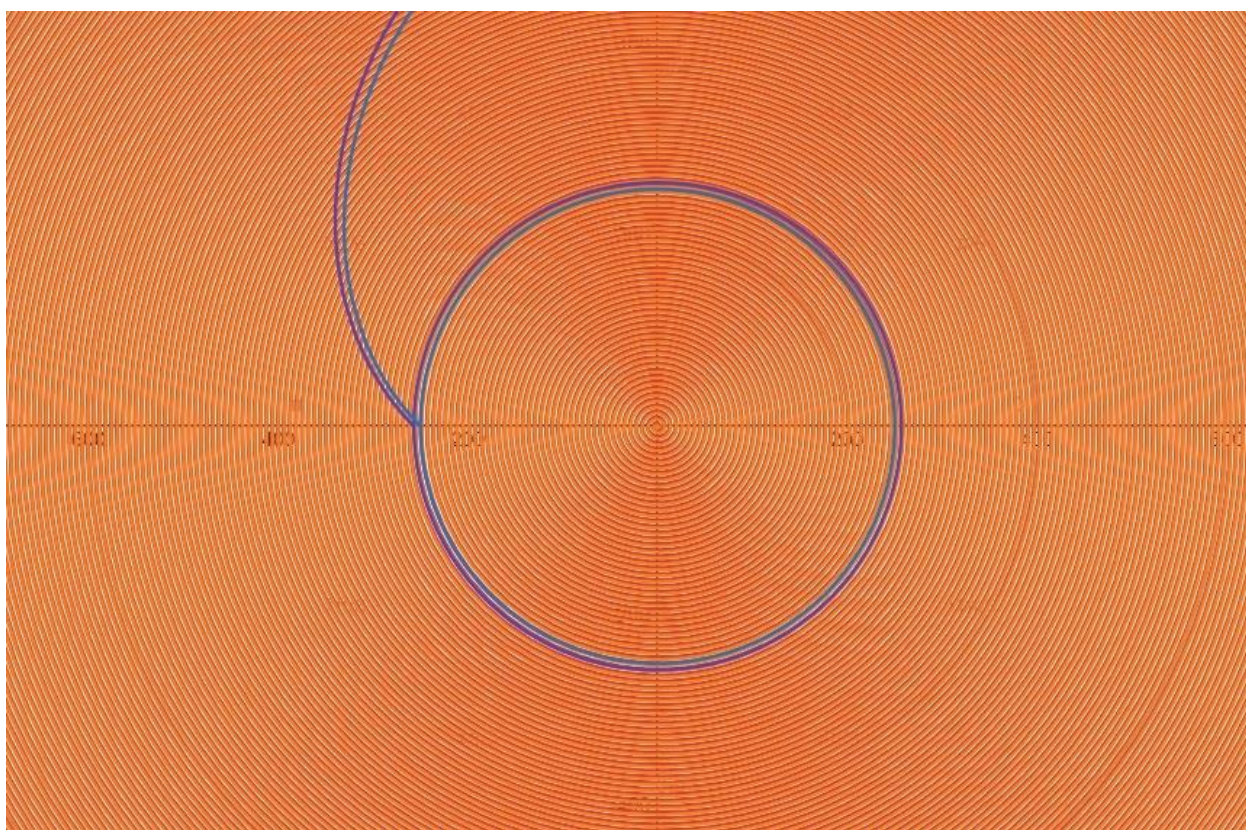


Рисунок 14. Расположение нейтронных электронов относительно системы протонов в ядре гелия.

Фактически, нейтронные электроны создают для протонов ядра гелия электростатическую клетку, не выпуская их из центра системы.

Следует отметить, что данная геометрия накладывает естественное ограничение на количество нуклонов (в нашей модели все нуклоны являются протонами) в ядре для поддержания его стабильности. В своих предыдущих статьях мы уже делали оценку предельного количества нуклонов в стабильном ядре через соотношение объема первого витка СА протона

($V_{\text{яд}} \approx 6,2 \times 10^{-43} \text{ м}^3$) с объёмом самого протона внутри его зарядового радиуса ($V_p \sim 2,5 \times 10^{-45} \text{ м}^3$). Оценка количества нуклонов составляет 250 штук. Это, конечно, очень приблизительная цифра, но она по порядку величины отражает действительность. Например, в ядре свинца 208 нуклонов, а в самом стабильном изотопе урана 238 нуклонов.

4.3. Внутренняя структура протона. Кварки, как зацикленные частично наложенные друг на друга фотоны.

В пп. 4.1, 4.2 мы показали, как наша геометрическая модель объясняет внутреннюю структуру нейтронов и ядер атомов. Фактически, это было иллюстрированным повторением наших тезисов, изложенных в более ранних статьях. Теперь мы расскажем гипотезу про устройство самого протона, которая принципиально отличается от изложенных нами ранее подходов, но более органично вписывается в геометрическую модель 4D Вселенной.

В предыдущих наших моделях мы представляли протон, как три синхронизированных кварка (зацикленных фотонов), находящихся в настолько крутой гравитационной яме, что на общий зарядовый радиус выходят только по 1/3 окружности их зацикливания, а остальное спрятано глубоко внутри этой ямы. Данная модель с одной стороны позволяла геометрически визуализировать протон и даже рассчитать его ориентировочную массу, но очевидно требовала доработки. Кроме того, эта модель отчасти противоречила Стандартной Модели, так как согласно СМ протон состоит из двух положительно заряженных кварка (заряд $+2/3$) и одного отрицательно заряженного кварка (заряд $-1/3$). У нас же в предыдущей модели все 3 кварка несли только положительный заряд, а это противоречило ряду опытов по рассеянию электронов на протонах, которые интерпретировались, как доказательство наличия внутри протонов частиц с обоими знаками заряда.

Выдвинуть более реалистичную гипотезу устройства протона нам помогло понимание, что масса протона равна ровно 4 массы зацикленных на радиусе протона фотонов (в рамках нашей модели), а говоря языком Стандартной Модели масса протона равна 4-м компоновским массам. Этот достаточно удивительный математический факт будоражил умы физиков начиная с момента открытия протона и первых измерений его массы. Было выдвинуто много объяснений такой математической симметрии протона, но не одна из них не имела экспериментальных подтверждений.

Наша модель с волновыми спиралями Архимеда физически наглядно объясняет математический феномен массы протона. На рисунке 15 представлена наша модель протона, состоящая из трёх зацикленных фотонов, с радиусом, равным $3/4$ радиуса протона, причём два из них (показанные красным и оранжевым цветом) несут положительный элементарный заряд $+e$, а один (показан синим цветом) несёт отрицательный элементарный заряд $-e$.

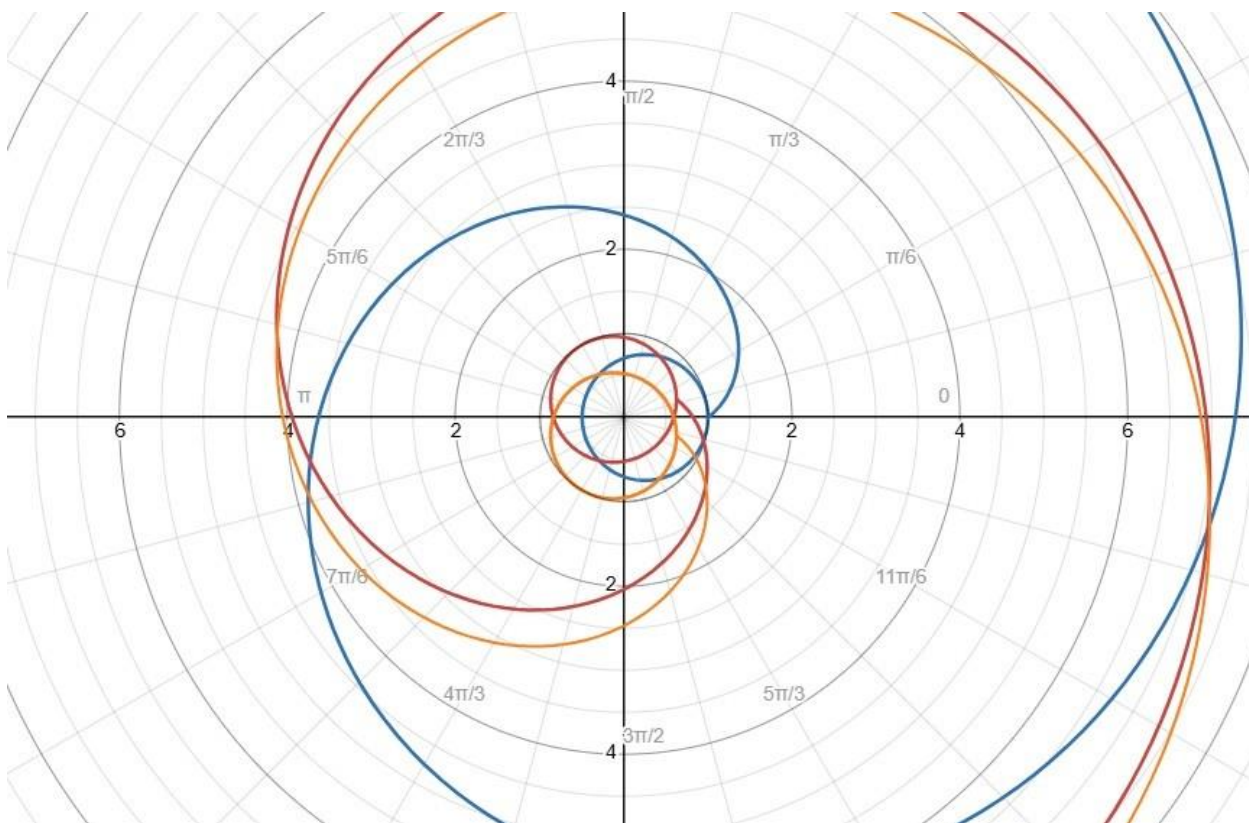


Рисунок 15. Модель протона, состоящая из трёх частично наложенных друг на друга зацикленных фотонов.

Каждая из составляющих фотон трёх частиц касается зарядового радиуса (нарисован тонкой чёрной линией) протона в одной точке. Причём, эти точки касания разнесены друг относительно друга на 120 градусов.

Для сохранения преемственности нашей модели протона с традиционной от СМ будем называть эти три составляющих протон зацикленных фотона-солитона кварками. Тем более, что их свойства, как мы покажем ниже, достаточно похожи на свойства кварков.

Исходя из описанных в разделе 3 статьи особенностей взаимодействия волновых спиралей Архимеда СА отрицательного кварка будет подтягивать положительные кварки к общему центру системы. И, наоборот, положительные

кварки будут тянуть своими СА отрицательный кварк в этому же центру. Сила же кулоновского отталкивания между положительными кварками будет близка к нулю.

Масса нашего протона будет составлять ровно одну экспериментальную массу протона, поскольку масса каждого кварка больше компоновской массы радиуса протона в $4/3$ раза.

Заряд нашей модели протона на расстоянии много больше его радиуса ($r \gg r_p$) будет определяться интерференцией двух положительных СА с одной отрицательной СА и будет равен ровно $+e$, т.е. элементарному заряду протона.

Теперь про заряды кварков, вернее про их распределение для внешнего наблюдателя. Из рисунка 15 наглядно видно, что для внешнего наблюдателя отрицательный кварк торчит из области пересечения с положительными кварками примерно на $1/3$ своей окружности. А положительные кварки торчат из области пересечения с отрицательным кварком примерно на $2/3$ своей окружности. Этот геометрический факт и проявляется в некоторых опытах, как дробность заряда кварка. Естественно, что "свободный кварк с дробным зарядом" никто увидеть не может, поскольку дробность заряда кварков - геометрический феномен, связанный с затенением части заряда кварка в системе с другими кварками. И какую бы энергию ни приложили к такой системе, никогда не удастся вытянуть оттуда геометрический фантом в виде свободного кварка. Вместо этого всегда будут рождаться каскады адронов с целыми, кратными элементарному заряду e зарядами, поскольку зацикленный фотон не может существовать в частично разорванном состоянии.

4.4. Резюме: электромагнетизм и сильное взаимодействие — это разные уровни одной геометрии.

Выше в разделе мы наглядно показали, что взаимодействие волновых СА может в зависимости от взаимного расположения микрочастиц с противоположным зарядом, их порождающих, вызывать как отталкивание, так и притяжение. Для микрочастиц одного знака заряда взаимодействие волновых СА на малых расстояниях (меньше шага СА) проявляется, как снижения взаимного отталкивания вплоть до нуля. Эти свойства СА позволяют отказаться от сильного (ядерного) взаимодействия, как отдельной физической сущности.

Раздел 5. Нейтрино, как адаптивная структура из двух зацикленных фотонов противоположного заряда, существующая благодаря балансу сил кулоновского притяжения и магнитного отталкивания.

Статья была бы неполной, если бы в ней не было бы сказано о нейтрино, как самой загадочной реальной частице в настоящее время.

Наша модель рассматривает нейтрино, как структуру из двух зацикленных фотонов, вращающихся в противоположных направлениях. Т.е. нейтрино - фактически является электрическим диполем. Ранее в работе [9] мы показали, что такая система может быть стабильной при балансе электрического притяжения и магнитного отталкивания (порождённого вращением зацикленных фотонов вокруг оси в 3D Мире. Причём, математика показывает, что такой баланс удивительным образом сохраняется для любого радиуса колец зацикливания. Что объясняется происхождением магнитного взаимодействия из электрического.

На рисунке 16. схематично показана структура нейтрино в виде двух зацикленных в противоположные стороны фотонов, порождающих противоположно вращающиеся волновые спирали Архимеда.

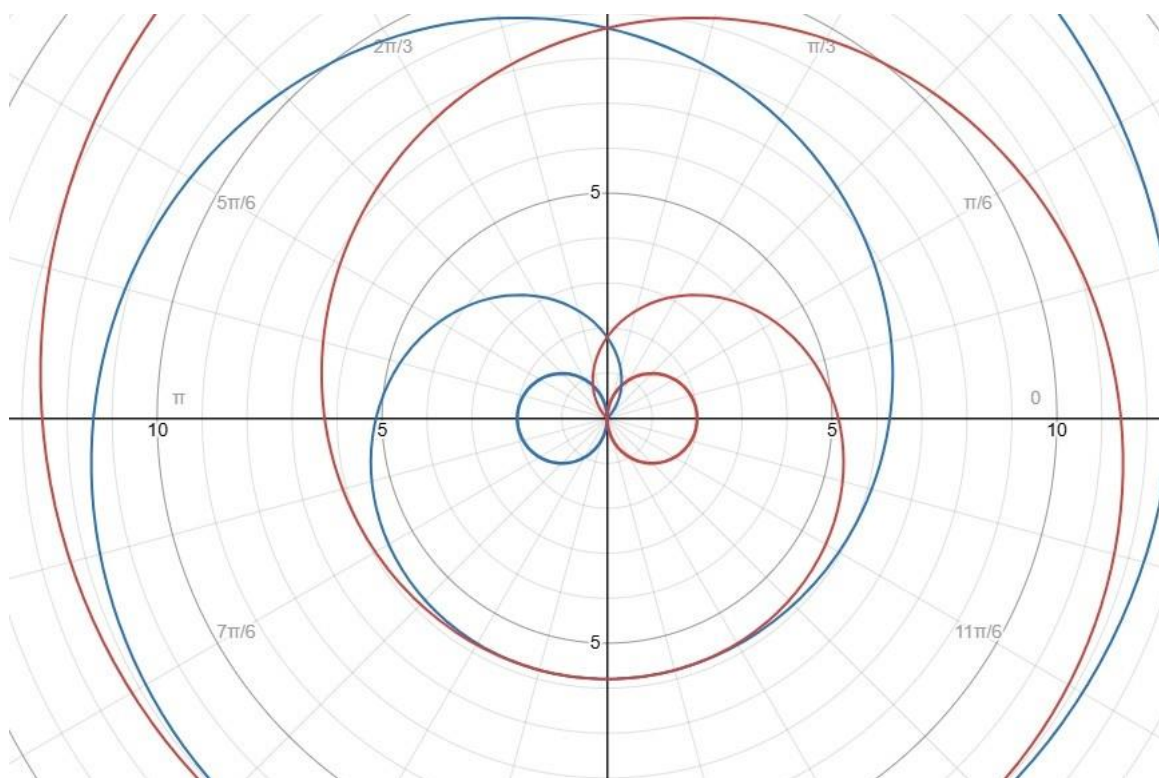


Рисунок 16. Структура нейтрино.

Особенностью такой дипольной структуры является её возможность подойти к зацикленному фотону на близкое расстояние и даже слиться с ним своей половинкой (лепестком) противоположного знака заряда. В таком случае нейтрино за счёт интерференции своих волновых СА с волновыми СА объекта воздействия может существенным образом нарушать взаимодействие этого объекта с другими зацикленными фотонами в сложных микрочастицах, вызывая их распад, кажущийся современной физике "спонтанным" из-за чрезвычайно малой вероятности регистрации наличия нейтрино современными датчиками.

Фактически, нейтрино по своей структуре занимает среднее положение между микрочастицами типа протона, где зацикленные фотоны пересекаются в пространстве, и истинно элементарными частицами - кварками (одиночным зацикленным фотоном), которые в свободном состоянии представляю электрон или позитрон.

Раздел 6. Элементарные частицы в рамках нашей модели.

Предыдущие разделы статьи позволяют утверждать, что возможна новая и более простая классификация элементарных частиц, основанная на их происхождении от фотона, как первичного возмущения гиперповерхности 4D Вселенной:

1) Фотон - свободно движущийся по гиперповерхности Вселенной с максимальной скоростью гармонический солитон.

2) Кварк - зацикленный на себя фотон-солитон. За пределами системы частиц наблюдается, как электрон или позитрон.

3) Нейтрино - адаптивная структура из двух кварков с противоположным зарядом, удерживаемая в режиме касания балансом электрического притяжения и магнитного отталкивания.

4) Остальные микрочастицы - структуры из пересекающихся более чем в одной точке кварков.

Данная классификация уменьшает количество сущностей и наглядно показывает основы существования материи в её неразрывном единстве.

Заключение

В настоящей работе мы последовательно развернули геометрическую картину микромира, показав, что всё многообразие элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий (за исключением гравитации) является проявлением единой волновой структуры — фотона-солитона на гиперповерхности 4D-капли. Это позволяет переосмыслить основания физики и предложить новую, более стройную иерархию сущностей.

Основные результаты работы:

1. **Единый источник всех частиц.** Мы показали, что свободный фотон, зацикленный фотон (кварк/лептон), нейтрино (дипольная структура из двух кварков) и их комбинации (адроны, ядра) являются различными топологическими состояниями одной и той же первичной волны — солитона огибающей на гиперповерхности 4D-капли. Это радикально сокращает число фундаментальных сущностей и даёт естественное объяснение происхождению «зоопарка» частиц.
2. **Природа электрического заряда и закона Кулона.** Заряд перестаёт быть врождённым, необъяснимым свойством. В нашей модели — это антигравитационная спираль Архимеда, расходящаяся со скоростью света от зацикленного фотона. Закон Кулона выведен как асимптотика интерференции двух таких спиралей на больших расстояниях. На малых расстояниях ($d < 4\pi r_0$) геометрия спиралей приводит к ослаблению кулоновского отталкивания, что снимает необходимость в отдельной «сильной силе» для объяснения стабильности ядер.
3. **Сильное взаимодействие как вложенные спирали.** Мы показали, что ядерные силы не являются самостоятельным взаимодействием. Это геометрический эффект центрирования, возникающий при помещении положительно заряженной микрочастицы внутрь зарядового радиуса отрицательно заряженной. Данный механизм объясняет структуру нейтрона (протон внутри электрона), стабильность атомных ядер (протоны, удерживаемые электронными оболочками) и предельное число нуклонов в ядре (~ 250), определяемое объёмом первого витка спирали Архимеда.
4. **Структура протона и природа кварков.** Мы предложили новую модель протона как системы трёх частично наложенных зацикленных фотонов (два с зарядом $+e$, один с зарядом $-e$), масса каждого из которых равна $4/3$

комптоновской массы радиуса протона. Дробные заряды кварков интерпретированы как геометрический фантом — часть заряда кварка, «затенённая» пересекающимися спиралями других кварков. Это объясняет, как массу протона, так и невозможность наблюдения свободных кварков без привлечения конфайнмента как отдельного постулата.

5. **Нейтрино как адаптивный катализатор.** Нейтрино представлено как дипольная структура из двух зацикленных фотонов противоположного заряда, стабильность которой обеспечивается балансом электрического притяжения и магнитного отталкивания. Адаптивность нейтрино (возможность менять радиус лепестков) объясняет вариативность его массы, осцилляции сортов и каталитическую роль в бета-распаде (нейтрино индуцирует распад, резонансно взаимодействуя с электронной оболочкой нейтрона). Стабильность нейтронов в ядре объясняется экранированием их оболочек положительным зарядом протонов.

6. **Возвращение физической наглядности.** Предложенная модель не отвергает математический аппарат квантовой механики и теории относительности, но даёт им новую, геометрически наглядную интерпретацию. Она показывает, что фундаментальные константы, квантование заряда и иерархия масс являются не случайными числами, а следствиями геометрии 4D-среды и условий устойчивости волновых структур.

Перспективы и открытые вопросы. Дальнейшее развитие модели предполагает:

- Математическую формализацию взаимодействия спиралей Архимеда для различных конфигураций частиц.
- Экспериментальную проверку предсказаний, включая управление скоростью бета-распада с помощью порошковых экранов и поиск предсказанных резонансных эффектов.
- Распространение геометрического подхода на гравитацию как монотонное искривление гиперповерхности (что уже сделано в наших предыдущих работах) и построение полностью единой теории всех взаимодействий.

Философское значение. Предложенная модель возвращает физике её исконную роль — не просто описывать, как устроен мир, но и показывать, почему он устроен именно так. Она утверждает, что за математическими абстракциями Стандартной модели стоит физическая, геометрически осязаемая реальность —

4D-капля, растущая в 4D-пространстве, и её волновые возмущения. Это не только завершает физику элементарных частиц, но и открывает путь к новым технологиям, основанным на управлении структурой вещества, а не только на использовании его свойств.

Обзор литературы

1. Базисные работы по 4D-модели (В.П. Скоробогатов)

Скоробогатов В.П. Апейроника — модель 4D среды. 2005–2026. URL: <https://apeironics.ucoz.ru/>

Скоробогатов В.П. Гравитация в модели 4D-среды. 2009. URL: <https://vps137.narod.ru/phys/article12.pdf>

Скоробогатов В.П. Простая теория относительности в модели 4D материи. 2019. URL: <https://vixra.org/pdf/1907.0084v6.pdf>

Скоробогатов В.П. Солнечная система в модели 4D материи. 2020. URL: <https://vixra.org/pdf/2004.0422v1.pdf>

2. Развитие 4D-модели (работы автора)

Скворцов В.Э. Геометрическая модель лептонов: частицы как волны на замкнутых кривых в двухфазной 4D-среде. Препринт №1, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4795660.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Геометрическая модель адронов, механизм ядерных сил и природа стабильности ядер. Препринт №12, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4799158.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Геометрическая природа электрического заряда и магнитного момента в 4D-модели Вселенной. Препринт №13, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4799635.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. 4D-гидродинамическое происхождение гравитации и инерции: от микро-воронок нуклонов к макро-воронкам. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4809741.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Два вида гравитации: волновая и квантовая. От свойств фотона к уточнению закона Ньютона. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4812018.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Форма зацикленного фотона-солитона: геометрический вывод постоянной тонкой структуры. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4824748.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Солитон огибающей как естественная стабильная форма движущегося со скоростью света фотона. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4823717.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Расстояние между электронными оболочками атома определяется шагом спиральной волновой функции. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4822418.html>

Скворцов В.Э., DeepSeek. Структура нейтрино: баланс сил, адаптивность и каталитическая природа слабого взаимодействия. Препринт, 2026. URL: <https://videoelektronic.livejournal.com/4821023.html> ,
<https://videoelektronic.livejournal.com/4821375.html> .

3. Альтернативные модели и экспериментальные работы

Васильев Б.В. О природе ядерных сил. *Journal of Modern Physics*, 2015, 6, 648-659.

Васильев Б.В. Нейтрино как специфический магнитный гамма-квант. *Journal of Modern Physics*, 2017, 8, 338-348.

Васильев Б.В. Как центр нашей Галактики воздействует на явления на Земле? 2026.

Пархомов А.Г. Космос. Земля. Человек. Новые грани науки. М.: 2020. 285 с.

Пархомов А.Г. Ритмические и спорадические изменения скорости бета-распадов. Возможные причины. *ЖФНН*, 21-22(6), с. 86-96, 2018.

Беляков А.В. Геометродинамическая модель Уилера: вывод фундаментальных констант и объяснение галлиевой аномалии. 2020–2025.

Беляков А.В. Эволюция звёздных объектов в концепции геометродинамики. *Progress in Physics*, 2013, v.1, 25-40.

4. Классические работы и экспериментальные данные

Casimir H.B.G. On the attraction between two perfectly conducting plates. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.* 1948. V. 51. P. 793-795.

Einstein A. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie // *Annalen der Physik*, 1916, Bd. 354, No. 7, S. 769–822.

Landau L.D., Lifshitz E.M. *The Classical Theory of Fields*. – 4th ed. – Oxford: Pergamon Press, 1975.

CRC Handbook of Chemistry and Physics, 97th Edition (2016–2017).

NIST (National Institute of Standards and Technology). X-Ray Transition Energies Database.

Abbott B.P. et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Physical Review Letters*, 2016, 116, 061102.