

10.08.2025

Природа МАССЫ

Открытие Волновой модели

Георгий П. Шпеньков

g.shpenkov@gmail.com

<http://shpenkov.com/pdf/MassNature.pdf>

1. Введение

Понятие массы тел — одно из первых, с которым знакомится человек, начиная изучать физику в школе.

В то же время происхождение массы элементарных частиц, составляющих материальные тела, до сих пор остаётся для человечества великой загадкой из-за неспособности современного естествознания — физики — раскрыть её происхождение.

Согласно последней идее теоретиков, неуловимая частица, бозон Хиггса, предположительно, и есть та самая частица, которая отвечает за существование массы всех частиц. Именно для этого, для обнаружения бозона Хиггса, был построен и запущен Большой адронный коллайдер (БАК).

Высказано предположение, что экспериментальное подтверждение существования бозона могло бы подтвердить предсказания и недостающие звенья Стандартной модели.

Однако предсказание теории Франсуа Энглера и Питера Хиггса, выдвинутое ими 60 лет назад, в 1964 году [1, 2], к настоящему времени полностью провалилось.

Это подтверждается объявленным решением Нобелевского комитета по физике о присуждении Нобелевской премии по физике за 2013 год вышеупомянутым авторам, фактически за их многолетние (в течение 50 лет) безуспешные усилия.

Как данное решение было представлено мировому сообществу?

Формулировка решения [3] гласит, что *гипотеза* Хиггса (необоснованно признанная Нобелевским комитетом по физике «*открытием*») лишь «*вносит вклад в наше (т. е. их) понимание происхождения массы*». Такое утверждение неопределённо: оно допускает как правильное, так и неправильное «понимание» номинантов и лауреатов Нобелевской премии. Кроме того, существует иное понимание, другие гипотезы, вносящие не меньший вклад в понимание происхождения массы.

Таким образом, обтекаемая формулировка, принятая Нобелевским комитетом, по сути, говорит о полном признании несостоятельности гипотезы Хиггса, а следовательно, и Стандартной модели в целом. Фактически, согласно формуле, «*открытый механизм*» не отвечает за возникновение массы частиц, а лишь «*вносит вклад в наше понимание*», о чём было громко заявлено на весь мир. Напомним, что указанная гипотеза была «*выдвинута для спасения СМ от коллапса*» [4].

Помимо происхождения массы, ещё многое, многое другое безнадежно ждёт своего «понимания» в Стандартной модели – для спасения последней [5, 6].

Таким образом, «спасения от коллапса» так и не произошло, несмотря на огромные усилия, предпринятые за последние 50 лет, прошедших с момента появления упомянутой «спасительной» гипотезы. Стандартная модель, будучи тупиковой теорией, полностью исчерпала себя, и никакие её улучшения ей не помогут.

В данной видеолекции покажем происхождение массы, которое естественным образом вытекает из Динамической модели (ДМ), согласно которой элементарные частицы рассматриваются как динамические сферические микробразовании – устойчивые энергетические автоколебательные системы.

Очевидно, что для начала необходимо определить адекватные физические условия, необходимые для существования таких динамических систем. Поэтому первостепенная задача состоит в том, чтобы ясно понять происхождение этих условий, в частности, твёрдо представлять себе, на какой основе были выведены основные уравнения, приведшие к ключевым фундаментальным решениям. Тогда все этапы теоретического вывода, представленные здесь, будут вызывать меньше вопросов.

2. Начальные условия и уравнение

Оказывается, для того чтобы прийти к искомому общему уравнению, описывающему состояние частицы в соответствии с ДМ, достаточно знать, как, или более точно, какому закону подчиняется характеристическая сферическая волновая оболочка частицы, ведущая себя как автоколебательная система, и какой конкретный физический параметр более адекватен в данном случае.

Основной динамический параметр, присущий ДМ, принятый и использованный нами при выводе, является двумерная плотность обмена – давление поля-пространства, \hat{p} . Это давление непрерывно воздействует на поверхность характеристической сферической оболочки частицы с обеих сторон, вызывая её пульсации (см. рис. 1). Эти пульсации на определённой частоте вызывают соответствующий волновой процесс, обеспечивающий обмен (взаимодействие) частицы с окружающим полем материи-пространства [6] и другими частицами.

Мощности обмена поля с элементом dS оболочки частицы равны

$$d\hat{F}_1 = \hat{p}dS, \quad (1)$$

с одной стороны характеристической сферы и

$$d\hat{F}_2 = (\hat{p} + \frac{\partial \hat{p}}{\partial r} dr)dS, \quad (2)$$

с противоположной стороны.

В таких условиях результирующее действие равно

$$d\hat{F} = \hat{p}dS - (\hat{p} + \frac{\partial \hat{p}}{\partial r} dr)dS \quad (3)$$

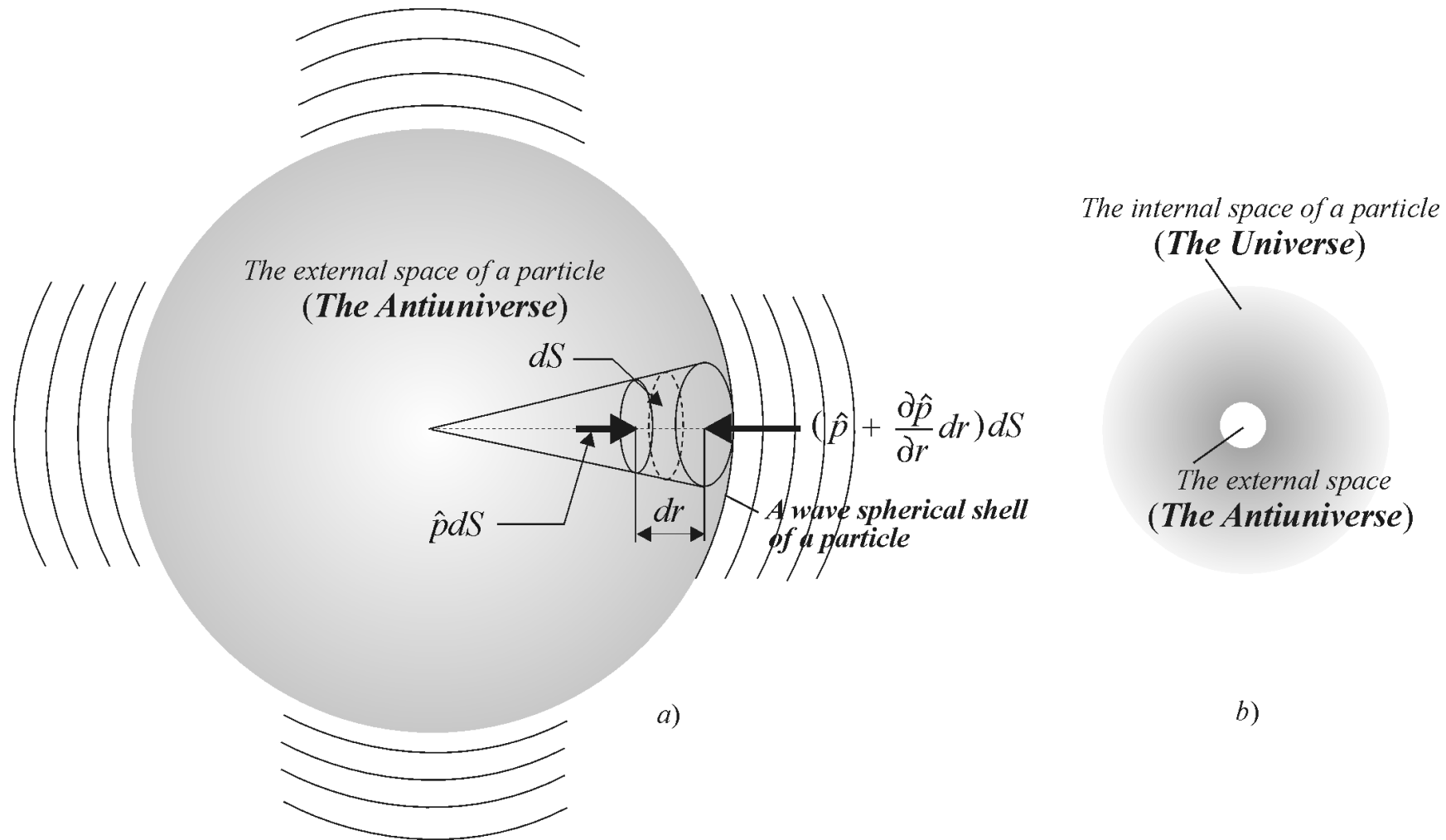


Рис. 1. Элемент объёма (*a*) волновой оболочки в сферическом поле обмена: частица – окружающее её поле материи-пространства-времени. Внутреннее и внешнее пространства частицы (*b*).

На основе приведенного выше условия, выраженного равенством (3), мы логически и математически пришли к результирующим *уравнениям обмена массой и движением*, соответственно, и к последующей серии открытий. Покажем далее, как это было сделано.

3. Основные этапы вывода

В сферическом поле частицы (рис. 1) уравнение мощности обмена импульсом для элементарного объёма характеристической сферической оболочки площадью dS и толщиной dr определяется равенством,

$$dm \frac{d\hat{v}}{dt} = d\hat{F}, \quad (4)$$

где скорость \hat{v} и мощность обмена $d\hat{F}$ описываются полем двоичных чисел, выражающим потенциально-кинетический характер обмена.

Колебательно-волновая (надстройки-базиса) плотность энергии \hat{p} , давление, равна

$$\hat{p} = \varepsilon_0 \varepsilon_r c \hat{v}, \quad (5)$$

где ε_0 и ε_r – абсолютная *единица* плотности и относительная плотность, соответственно; c – базисная фазовая скорость волнового обмена (взаимодействия); \hat{v} – колебательная скорость (скорость надстройки).

Поскольку $dm = \varepsilon_0 \varepsilon_r drdS$, и $d\hat{F} = -\frac{\partial \hat{p}}{\partial r} drdS$ (3), уравнение обмена (4) принимает следующий вид:

$$\varepsilon_0 \varepsilon_r drdS \frac{d\hat{v}}{dt} = -\frac{\partial \hat{p}}{\partial r} drdS. \quad (6)$$

Из него следует, что

$$\frac{d\hat{v}}{dt} = -\frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{\partial \hat{p}}{\partial r}. \quad (7)$$

Скорость волнового обмена (взаимодействия) на разделяющей поверхности естественно представить в виде $\hat{v} = v(kr)e^{i\omega t}$, отсюда

$$\frac{d\hat{v}}{dt} = i\omega\hat{v}. \quad (8)$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c}$ — волновое число, соответствующее определенной фундаментальной частоте ω поля обмена, характерного для субатомного и атомного уровней Вселенной.

Таким образом, на основании уравнений (7) и (8), скорость волнового обмена на разделяющей поверхности характеристической сферы можно представить в следующем виде:

$$\hat{v} = -\frac{k}{\varepsilon_0 \varepsilon_r i\omega} \frac{\partial \hat{p}}{\partial kr}. \quad (9)$$

В сферическом поле поток колебательной энергии через элементарный конус постоянен. Следовательно, колебательная скорость уменьшается обратно пропорционально расстоянию от центра сферического поля. Следовательно, волна плотности обмена имеет вид

$$\hat{p} = \frac{P_m}{kr} e^{i(\omega t - kr)}, \quad (10)$$

где p_m - амплитуда плотности обмена на границе волновой зоны, определяемая условием $kr = 1$.

Принимая во внимание, что $\frac{d\hat{p}}{dkr} = -\hat{p}(i + \frac{1}{kr})$, уравнение (9) преобразуется и принимает следующий вид,

$$\hat{v} = \frac{\hat{p}}{\varepsilon_0 \varepsilon i \omega r} (1 + ikr). \quad (11)$$

Следовательно,

$$\hat{p} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon i \omega r \hat{v}}{(1 + ikr)}. \quad (12)$$

Более подходящая запись (форма) уравнения для плотности обмена \hat{p} , отличная от (12), которая содержит все характерные параметры процесса обмена, имеет вид

$$\hat{p} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon i \omega r}{(1 + k^2 r^2)} \hat{v}(1 - ikr) \quad (12a)$$

Площадь сферической характеристической оболочки $S = 4\pi r^2$. Следовательно, теперь у нас есть все данные для представления окончательного уравнения для \hat{F} .

Таким образом, мощность обмена \hat{F}_s с окружающим полем на границе сферической оболочки частицы площадью S и радиусом $r = a$ равна

$$\hat{F}_s = \hat{p}S = \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1 + k^2 a^2} (1 - ika) \hat{v} i \omega. \quad (13)$$

Именно это уравнение привело нас к правильным решениям. Покажем их.

4. Присоединённая природа массы

Учитывая, что $\hat{v}i\omega = \frac{d\hat{v}}{dt}$, уравнение радиального обмена (13) можно переписать в привычной форме уравнения движения Ньютона, $F = m \frac{d\hat{v}}{dt}$:

$$\hat{F}_s = \left(\frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} - \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} kai \right) \frac{d\hat{v}}{dt} = \hat{M} \frac{d\hat{v}}{dt} . \quad (14)$$

Выражение в скобках, как мы видим, представляет собой результирующую массу обмена: частица – среда. Это *присоединенная полевая масса* частицы,

$$\hat{M} = \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} - \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} kai . \quad (15)$$

Уравнение (14) можно представить в ином виде. Переписав его правую часть с учётом того, что $\frac{d\hat{v}}{dt} = i\omega \hat{v}$, получим:

$$\hat{F}_s = \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} \frac{d\hat{v}}{dt} + \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1+k^2 a^2} ka\omega \hat{v} \quad (16)$$

Предположим, что частица, при этом, обладает ещё и массой покоя m_0 . В таком случае уравнение радиального обмена частицы через сферическую поверхность, внутри которой она локализована, можно представить в виде следующего уравнения мощностей:

$$m_0 \frac{d\hat{\upsilon}}{dt} = \hat{F} - \hat{F}_s, \quad (17)$$

где \hat{F} — мощность обмена частицы с объектом в окружающем пространстве; второй член, $\hat{F}_s = \hat{p}S$, учитывает волновой обмен частицы с окружающим полем материи-пространства.

С учётом (16) уравнение (17) обменных мощностей для частицы с одной радиальной степенью свободы можно представить следующим образом:

$$\left(m_0 + \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1 + k^2 a^2} \right) \frac{d\hat{\upsilon}}{dt} + R\hat{\upsilon} = \hat{F}. \quad (18)$$

В этом уравнении

$$R = \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1 + k^2 a^2} k a \omega \quad (19)$$

— коэффициент сопротивления или дисперсия покоя-движения при обмене.

Уравнение мощностей обмена (18) представлено в классической форме второго закона Ньютона, описывающего движение в пространстве поля с сопротивлением R . При таком описании движения-покоя выражение в скобках представляет собой эффективную массу m частицы:

$$m = m_0 + \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1 + k^2 a^2} . \quad (20)$$

Второй член в формуле эффективной массы — это *присоединенная потенциальная масса* частицы m_a , или просто *присоединенная масса частицы*, или, кратко, *масса частицы*:

$$m_a = \frac{4\pi a^3 \varepsilon_0 \varepsilon_r}{1 + k^2 a^2} . \quad (21)$$

Это масса частицы в *продольном (центральной) обмене*.

Эффективная масса частицы, образованной в физическом пространстве из самого пространства, по определению не может иметь массу покоя (собственную) m_0 , являясь пульсирующим микрообразованием пространства и самоподдерживающейся колебательной системой, поэтому в формуле (20) $m_0=0$.

Так что *эффективная масса такой частицы определяется только её присоединённой составляющей, $m = m_a$, и является полевой массой в центральном обмене.*

К сожалению, понятие массы покоя частицы всё ещё используется в современной физике из-за незнания её природы. Согласно ДМ, *масса является присоединённой по своему происхождению* (аналогично гидродинамической присоединённой массе), поскольку обусловлена колебательно-волновым возмущением физического пространства-материи. Масса любых частиц является присоединённой относительно более глубокого уровня поля материи-пространства.

Таким образом, мы пришли к выводу, что *все массы микрочастиц во Вселенной имеют присоединённый полевой характер и что их, так называемые, собственные массы (массы покоя) не существуют.*

Если возможны такие ситуации, когда обмен частиц с окружающим полем материи-пространства на субатомном уровне не происходит, то массы частиц относительно этого уровня равны нулю, и никакой эксперимент не обнаружит такой мир микрочастиц. Соответственно, этот мир не будет познаваем для физики. Это касается параллельных миров, более глубоких уровней Вселенной.

Ниже мы покажем возможность формулы (21), рассчитав с её помощью основные параметры электрона и нуклона.

5. Характеристические параметры

Следуя уравнению (21), зная массу электрона m_e , можно определить радиус характеристической сферы электрона r_e . Для этого, учитывая, что $k^2 a^2 = k_e^2 r_e^2$, необходимо решить следующее уравнение третьей степени:

$$4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r_e^3 - m_e k_e^2 r_e^2 - m_e = 0,$$

где $k_e = \frac{2\pi}{\lambda_e} = \frac{\omega_e}{c}$ и $\omega_e = 1.869162559 \times 10^{18} \text{ s}^{-1}$.

Член $k_e^2 r_e^2 \ll 1$, поэтому, пренебрегая им в (21), теоретический радиус электронной сферы r_e можно оценить по простейшей формуле. Исключая указанный член из (21) и подставляя конкретные значения параметров:

$m_e = 9.10938291 \times 10^{-28} \text{ g}$, $\varepsilon_0 = 1 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$ и $\varepsilon_r = 1$ (на уровне поля), приходим к следующему значению радиуса для характеристической сферы (пространства) электрона:

$$r_e = \sqrt[3]{\frac{m_e}{4\pi\varepsilon_0}} = 4.17052597 \times 10^{-10} \text{ cm}. \quad (22)$$

В ДМ именно это значение волновой оболочки электрона определяет реальный *радиус электрона*. Для сравнения следует напомнить, что в современной физике существует понятие *классического радиуса электрона*. Его принятое значение примерно на три порядка меньше, чем следует из диалектической физики (22), и равно

$$r_e = \left(\frac{v_0}{c} \right)^2 r_0 = 2.8179403267 \times 10^{-13} \text{ см}. \quad (23)$$

При этом, как это принято в теоретической физике, электрон обычно рассматривается как точечная частица.

Опираясь на формулу (21), можно оценить *присоединенную массу нуклона*. В первом приближении предположим, что радиус волновой оболочки нуклона равен боровскому радиусу r_0 , тогда присоединенная масса нуклона примет значение

$$m_{nucleon} = \frac{4\pi r_0^3 \varepsilon_0}{1 + k_e^2 r_0^2} = 1.679336988 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 1843.524424 m_e, \quad (24)$$

где $r_0 = 5.2917721092 \times 10^{-9} \text{ см}$ — радиус Бора. Эта величина отличается от массы протона или нейтрона всего на десятые доли процента:

$$m_p = 1.672621777 \times 10^{-24} \text{ g} = 1836.15267245 m_e \quad (25)$$

$$m_n = 1.674927351 \times 10^{-24} \text{ g} = 1838.6836605 m_e \quad (26)$$

Массе протона m_p соответствует следующий радиус r_p волновой сферы протона:

$$r_p = 0.528421703 \times 10^{-8} \text{ см} \quad (27)$$

Это фактически *истинный радиус протона*.

Для сравнения, так называемый «*среднеквадратичный зарядовый*» радиус, приписываемый протону в современной физике, равен:

$$r_{p,rms} = 0.8775 \times 10^{-13} \text{ см}, \quad (28)$$

что примерно на пять порядков меньше значения, полученного из ДМ на основе диалектики (27).

Мы видим, что оба значения, (27) (согласно ДМ) и (28) (согласно СМ), совершенно несопоставимы.

Атом водорода представляет собой связанную систему протона m_p и электрона-спутника m_e . Смещение протона относительно центра масс этой связанной системы равно

$$r_c = \frac{m_e}{m_p} r_{orb} , \quad (29)$$

где r_{orb} – расположение электрона относительно центра масс (рис. 2).

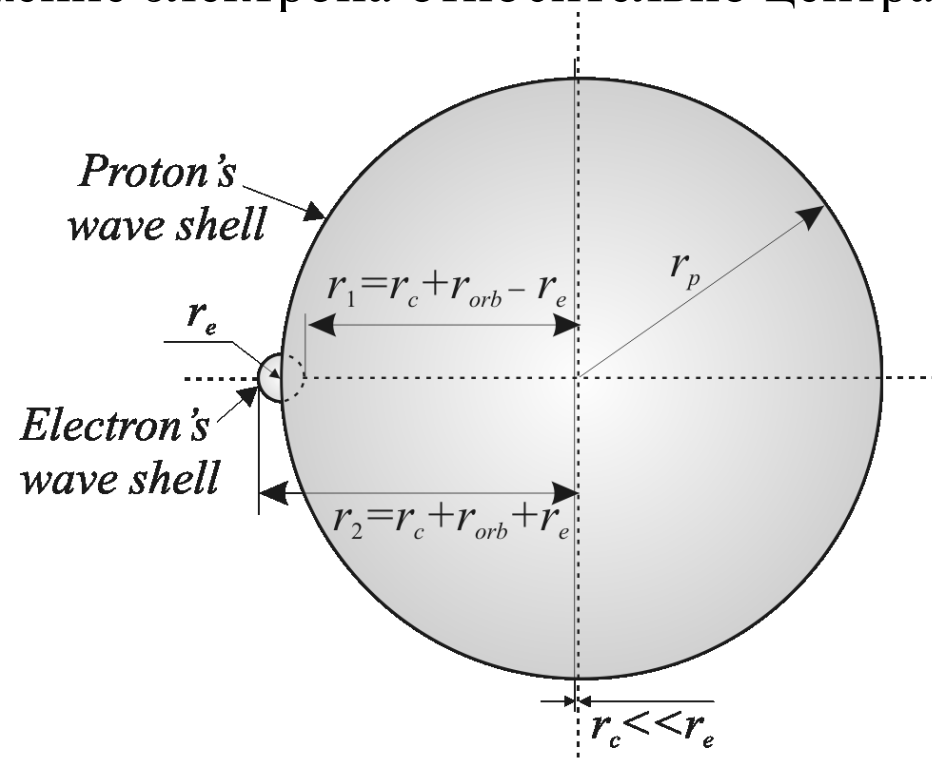


Рис. 2. Геометрические соотношения в связанной динамической системе – электрон-протон.

Расстояние между центрами масс протона и электрона (радиус Бора) равно

$$r_0 = r_c + r_{orb} = r_{orb} \left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right) = 5.2917721092 \times 10^{-9} \text{ cm}, \quad (30)$$

и диаметрально противоположные точки электронной сферы будут расположены от центра масс системы на расстояниях:

$$r_1 = r_c + r_{orb} - r_e = 4.87471912 \times 10^{-9} \text{ cm}, \quad (31)$$

$$r_2 = r_c + r_{orb} + r_e = 5.708824706 \times 10^{-9} \text{ cm} \quad (32)$$

Разница между радиусом протона $r_p = 5.28421703 \times 10^{-9} \text{ cm}$ (27) и радиусом Бора r_0 (30) относительно невелика. Следовательно, одна из указанных точек электронной сферы погружена в атмосферу протона на расстояние

$$\Delta r_1 \approx -r_e, \quad (33)$$

а другая возвышается над протонной сферой на расстояние

$$\Delta r_2 \approx r_e \quad (34)$$

Таким образом, электронная сфера примерно наполовину погружена в атмосферу протона и движется в ней, а другая половина электронной сферы возвышается над атмосферой протона.

В этом смысле спаренная система протон-электрон может быть сравнима с планетой Юпитер и её Большим Красным Пятном – вихрем (который по размеру больше Земли), движущимся в атмосфере Юпитера и частично поднимающимся над ней. Этот вихрь стабилен и, возможно, является постоянным элементом планеты.

6. Динамическая энергия частиц

Как известно, фундаментальная роль, которую играет c^2 в знаменитой формуле энергии покоя элементарных частиц,

$$E_0 = m_0 c^2, \quad (35)$$

не была понята её создателями: Н. Умовым (1873) и Хевисайдом (1890), а также их последователем А. Эйнштейном (1905). Эта формула определяет внутреннюю энергию покоящейся частицы.

Она до сих пор остаётся великой загадкой для современной физики, поскольку физики не знают о динамической волновой природе происхождения массы и о том, что фазовая скорость c является одним из параметров, характеризующих её поведение как динамического образования.

Незнание происхождения массы делает невозможным в принципе понять, откуда в формуле взялась скорость света c .

По этой причине проблема параметра c^2 вообще не обсуждается в физической литературе. Более того, любые предложения по этому вопросу, выходящие за рамки СМ и пытающиеся пролить свет на всё это, подавляются с молчаливого согласия ведущих учёных.

Открытия динамической структуры и поведения элементарных частиц и связанной с ними природы их массы наконец раскрывают природу и роль составляющих m_0 и c в формуле (35).

Из вышеизложенного следует, что масса покоя элементарных частиц, рассматриваемых как пульсары микромира, не существует; и m_0 в этой формуле фактически представляет собой присоединённую массу частицы.

Волновой обмен (взаимодействие) частиц осуществляется на фундаментальной частоте пульсаций, возбуждающих колебательные движения в окружающем их пространстве, а фазовая скорость распространения волновых возмущений равна скорости света c .

Таким образом, скорость c является врождённым свойством элементарных частиц как базовая скорость их волнового обмена (взаимодействия) с окружающей средой на субатомном, атомном и гравитационном уровнях, как в состоянии покоя, так и в движении.

Таким образом, энергия (35) представляет собой энергию волнового обмена материи-пространства на субатомном уровне или *внутреннюю динамическую энергию элементарных частиц* на этом уровне.

Формула (35) подробно рассмотрена нами. Ей посвящён отдельный видеоролик. Эта формула используется при выводе энергетических соотношений при обмене.

Подведём краткий итог рассмотренному в данной видеолекции.

7. Заключение

Опираясь на Динамическую модель, мы рассмотрели *продольный* (центральный) обмен частицы с окружающей средой и вывели универсальное уравнение *продольного обмена*, на основе которого сделаны следующие открытия.

1. Динамическая *присоединённая природа массы* при продольном обмене.

2. Формула для массы (21), связывающая присоединенную массу с: *радиусом* *характеристической волновой сферы* элементарных частиц, *фундаментальной частотой обмена* ω_e и *фазовой скоростью обмена* s , равной скорости распространения волнового возмущения в окружающем поле-пространстве, вызванного устойчивыми пульсациями (автоколебаниями) *характеристической волновой оболочки* частиц.

3. *Масса покоя покоящейся* частицы не существует.

4. Истинный *радиус электрона* (22).

5. Истинный *радиус протона* (27).

6. *Электронная сфера*, ограниченная характеристической волновой оболочкой, примерно наполовину погружена во внутреннее пространство протона (его атмосферу) и движется в нём, а другая половина электронной сферы возвышается над атмосферой протона.

7. *Роль скорости света c* в формуле массы-энергии (35).

Явление *присоединенной массы* существует в жидкостях и учитывается в гидродинамике. Там присоединенная (добавленная) масса называется *гидродинамической* массой.

В природе существуют и более сложные излучатели, чем элементарные частицы (пульсары микромира), более высоких порядков. Речь идет, например, о так называемых зональных и секториальных излучателях n -го порядка. Одним из характеристических их параметров является *присоединенная масса излучателей*. Насколько известно из литературы, эти понятия впервые в физике были введены С. Н. Ржевкиным [7], научные интересы которого были сосредоточены на проблемах акустики.

Открытие естественной связи, существующей между массой и скоростью в формуле $E_0 = m_0 c^2$ энергии покоя частиц, убедительно свидетельствует о правильности динамической волновой концепции о строении элементарных частиц, реализованной в теории Динамической модели элементарных частиц.

Ссылки

[1] F. Englert and R. Brout, "*Broken Symmetry and the Mass of the Gauge Vector Mesons*", Phys. Rev. Lett. 13, 321 (1964).

[2] P.W. Higgs, "*Broken Symmetries and the Mass of the Gauge Bosons*", Phys. Rev. Lett. 13, 508 (1964).

[3] V.G. Rodionov, Y.A. Voronov, G.P. Shpenkov, V.A. Lebedev, I.V. Dmitriev, *An Open Protest of the Russian Physical Society // Encyclopaedia of Russian Thought*, Vol. 20 – Reports to the Russian Physical Society, 2013 (Collection of scientific papers, in Russian);

[https://shpenkov.com/pdf/HiggsBoson\(Eng\).pdf](https://shpenkov.com/pdf/HiggsBoson(Eng).pdf)

[https://shpenkov.com/pdf/HiggsBoson\(Rus\).pdf](https://shpenkov.com/pdf/HiggsBoson(Rus).pdf)

[4] THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS 2013. *Popular science background: Here, at last!*
<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/popular-physicsprize2013-1.pdf>
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2013/summary/>

[5] [1] G. P. Shpenkov, *Some Words about Fundamental Problems of Physics: Constructive Analysis*, LAMBERT Academic Publishing (2012);
https://shpenkov.com/images/978-3-659-23750-8_eng.JPG
<http://shpenkov.com/pdf/Book-2011-Eng.pdf>
https://shpenkov.com/images/978-3-659-22828-5_rus.JPG
<https://shpenkov.com/pdf/FundPhysProb.pdf>

[6] L. G. Kreidik and G. P. Shpenkov, *Dynamic Model of Elementary Particles and the Nature of Mass and "Electric" Charge*, REVISTA CIENCIAS EXATAS E NATURAIS, Vol. 3, No 2, 157-170, (2001); <http://shpenkov.com/pdf/masscharge.pdf>

[7] Rzhevkin S.N., *Lectures on the Theory of Sound*, Moscow, MSU, 1960, 337 pages; *To the Question on the Added Mass in Heterogeneous Acoustic Waveguides*, Acoustic Journal, Vol. XI, 1965, No. 3, p. 371-379.

10.08.2025

g.shpenkov@gmail.com

<http://shpenkov.com/pdf/MassNature.pdf>