

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА/THEORETICAL PHYSICS

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.110 EDN: WRMXPQ

ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ КАК ПРОИЗВЕДЕНИЕ БЕСКОНЕЧНОГО РЯДА МАСШТАБНЫХ ФАКТОРОВ. ВОЛНЫ КОМПТОНА И ДЕ БРОЙЛЯ КАК ЕГО ПЕРВЫЕ ЧЛЕНЫ

Научная статья

Стригин М.Б.[1, *]
[1] ORCID : 0000-0002-5636-7368;
[1] Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (strigin1969[at]gmail.com)

Предложена: 21.03.2026; Принята: 06.05.2026; Опубликована: 17.06.2026

Аннотация

Работа выдвигает гипотезу, что волновая функция может быть представлена в виде произведения бесконечного ряда волновых функций, которые отражают динамику элементарного объекта, например, электрона, на соответствующем масштабе. Подобный ряд является свидетельством алокальности системы и её присутствия на всех масштабах взаимодействия. Например, такую структуру имеет известная функция Блоха, состоящая из произведения собственной волновой функции ячейки Бриллюэна и собственной функции соответствующей кристаллу. В случае свободной частицы такой ряд волновых функций появляется при разложении релятивистской энергии в ряд Тейлора по степеням отношения скорости частицы к скорости света. При этом первыми членами такого ряда, являются функции, соответствующие волнам Комптона и де Бройля.

Ключевые слова: волна Комптона, волна де Бройля, волновая функция, иерархия, уравнение Дирака, ортогональность.

THE WAVE FUNCTION AS THE PRODUCT OF AN INFINITE SERIES OF SCALE FACTORS. THE COMPTON AND DE BROGLIE WAVES AS ITS FIRST COMPONENTS

Research article

Strigin M.B.[1, *]
[1] ORCID : 0000-0002-5636-7368;
[1] South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

* Corresponding author (strigin1969[at]gmail.com)

Suggested: 21.03.2026; Accepted: 06.05.2026; Published: 17.06.2026

Abstract

The paper puts forward the hypothesis that a wave function can be represented as the product of an infinite series of wave functions, which reflect the dynamics of an elementary object—such as an electron—at the corresponding scale. Such a series is evidence of the system’s non-locality and its presence at all scales of interaction. For example, the well-known Bloch function has such a structure, consisting of the product of the eigenwave function of the Brillouin cell and the eigenfunction corresponding to the crystal. In the case of a free particle, such a series of wave functions occurs when relativistic energy is expanded into a Taylor series in terms of powers of the ratio of the particle’s velocity to the speed of light. The first elements of this series are the functions corresponding to Compton and de Broglie waves.

Keywords: Compton wave, de Broglie wave, wave function, hierarchy, Dirac equation, orthogonality.

Введение

Мотивом написания данной работы стала идея наличия покрывающей собой всю Вселенную бесконечной системы вложенных резонаторов, в которых существует материя, и, как следствие, обобщения представления о волне де Бройля. С одной стороны, это концептуальная статья, с другой стороны, она имеет методологический характер. Здесь мы несколько в ином ракурсе, чем принято, подошли к вопросу об алокальности (нелокальности) материи и понятии пространственности. Эта тема остро стоит со времени выхода известной статьи Эйнштейна, Подольского, Розена [1]. Как нам видится, каждая система (частица, тело) представлена своей волновой функцией на множестве пространственно вложенных масштабов и на каждом из них определяется отдельной длиной волны и собственной запутанностью. На самом деле, Гамильтон задолго до де Бройля в своей оптико-механической аналогии определил волновую природу материи, применив принцип Мопертюи для формулировки принципа наименьшего действия, выявив, таким образом, фундаментальность понятия *фаза*. Возможно, именно наличие указанной иерархии масштабов приводит к известной проблеме бесконечностей и расходимостей энергии и методам перенормировки, как выделении одного из масштабов и дальнейшего учёта только этого масштаба.

Факторизуемую структуру разных масштабов мы увидим, например, для свободной частицы, поскольку, как известно её волновая функция определяется двумя частями: волной Комптона $\lambda_k = \frac{h}{m_0 c}$ [6] и волной де Бройля $\lambda_b = \frac{h}{p}$, отвечающими двум ортогональным базисным состояниям разных уровней масштаба. Здесь v — скорость частицы, а m_0 — её масса покоя. Поскольку в выражении для волны Комптона в знаменателе стоит масса m_0, то некоторые исследователи [7] считают, что эта волна соответствует внутренним осцилляциям. Кроме того, групповая скорость этих осцилляций в знаменателе равна скорости света. Это предполагает, что движение внутри частиц (их отдельных частей) происходит со скоростью света. Ортогональность внутренней и внешней волн хорошо видна, если записать выражение для релятивистской энергии в виде уравнения треугольника:

$$E^2 = \left(m_0 c^2\right)^2 + (pc)^2. \qquad (1)$$

Тогда несложно заметить, что пространство масса покоя и пространство импульсов образуют ортогональные характеристики частицы на рис. 1.

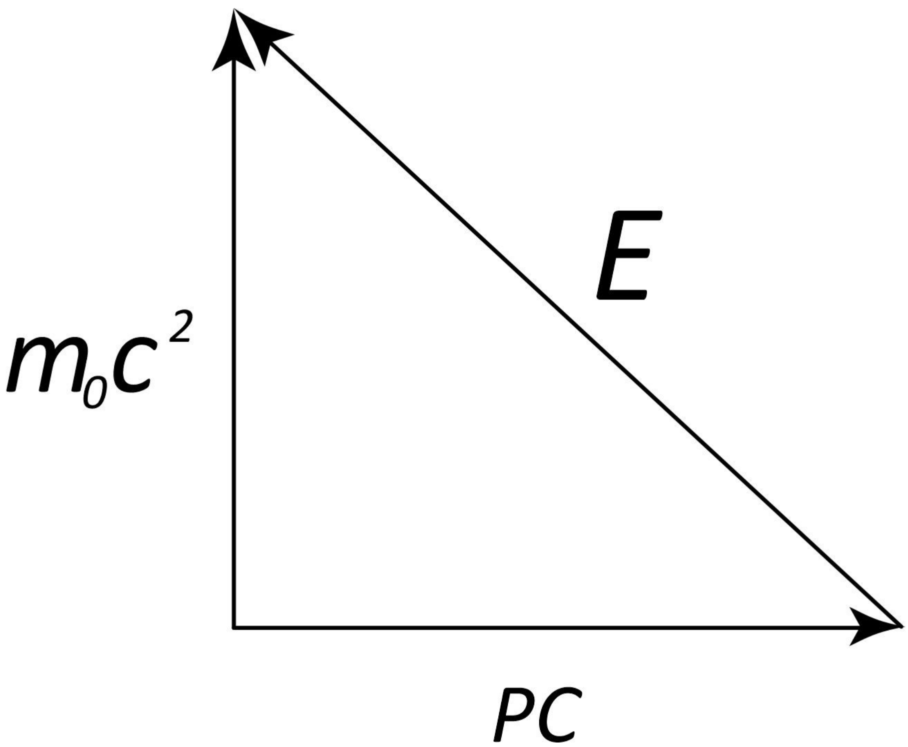

Рисунок 1 - Условное изображение полной энергии как суммы ортогональных векторов, соответствующих массе покоя и кинетической энергии

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.110.1

Традиционно волна де Бройля [6] рассматривается как волна пилот, соответствующая импульсу частицы: $\lambda_b = \frac{h}{p}$. Понятие волны Комптона [6] частицы, возникает в комптоновском рассеянии, при столкновении с другими частицами или фотонами и принимается $\lambda_k = \frac{h}{m_0 c}$.

По всей видимости, эту ортогональность подметил Дирак, когда записал уравнение Шредингера в линейном виде:

$$i\hbar \frac{d\varphi}{dt} = H\boldsymbol{\varphi} = \left[c\boldsymbol{\alpha P} + \boldsymbol{\beta} m_0 c^2\right] \boldsymbol{\varphi} \qquad (2)$$

где ортогональность была раскрыта матрицами Дирака, как базисом в этом пространстве. Здесь применено общепринятое обозначение для матриц, выраженных через матрицы Дирака $\alpha = \gamma^0\gamma, \beta = \gamma^0$. Можно сказать, что Дирак расширил способы формирования ортогональных пространств. Так, например, расширяются поля рациональных чисел при помощи иррациональных чисел: $a + \sqrt{2}b$, где a и b — рациональные числа. Несколько иной способ построения ортогональных пространств достигается через комплексификацию: $a + ib$. В таких записях $\sqrt{2}$ и i – это примитивные элементы, не присущие исходному множеству, и подчиняющиеся определённой алгебре. Например, так удаётся соединить пространственные и импульсные координаты в определении операторов рождения и уничтожения: $A^{\pm} = p \pm ikq$, где k — некоторая размерная константа. При возведении иррационального числа $\sqrt{2}$ или мнимого числа i в квадрат, результаты становятся присущими исходному множеству.

Дирак использовал в качестве примитивных элементов (образующих базис) альфа и бета матрицы, которые хотя придают ортогональность массе покоя и импульсу, но не факторизуют их $\varphi \sim e^{\int c\boldsymbol{\alpha P} + \boldsymbol{\beta} m_0 c^2} \neq e^{i\int c\boldsymbol{\alpha P}t} e^{i\int \frac{m_0 c^2 t}{\hbar}}$. Дирак показал сложную внутреннюю топологию, благодаря алгебре этих матриц. Это позволило определить спин и квантовую запутанность. Факторизуемость волновой функции означала бы, что эволюция системы определяется двумя независимыми частями — внутренней и внешней, называемыми массой покоя и кинетической энергией. В действительности они взаимодействуют друг с другом.

Внутренняя часть волновой функции соответствует волне Комптона, которая характеризует внутренний резонатор, определяемый массой покоя. Внутренние (зарядовые) осцилляции обычно связывают с зарядом и с калибровочной группой *U1*. Здесь мы не вдаёмся в структуру внутренних осцилляций. Первоначально Ричардом Фейнманом для описания внутренних частей адронов был введён термин «партон», который потом был заменён в рамках квантовой хромодинамики на понятия кварков и глюонов.

Есть несколько иной взгляд на внутренние осцилляции, например, [7]. Автор удваивает размерность пространства до шести и дополнительные три измерения постулируются как внутренние (ненаблюдаемые). В работе [7] постулируется, что скорость фермионов так же как и бозонов ровна скорости света и вектор их скорости есть сумма ортогональных частей внешней и внутренней скоростей. Также комптоновские осцилляции можно рассматривать как результат интерференции между компонентами волн с положительной и отрицательной энергиями (частицы и античастицы). Такие осцилляции были названы дрожащим движением [8].

Часть, связанная с кинетической энергией – волна де Бройля –определяет внешнее состояние, движение объекта как целого. Такое движение характеризуется импульсом и средой, которая образует внешний резонатор, с которым частица формирует минимальную по масштабу систему (например, кристалл, или период сверхрешётки), что задаётся внешним полем. Поэтому волна де Бройля называется волной-пилотом. Нами подразумевается, что частица образует с окружающим её веществом иерархию систем (резонаторов).

Идеи и методы

Известно, что волновая функция электрона, движущегося в периодическом поле кристаллической решётки представляется произведением ортогональных друг другу вкладов существующих на разных масштабах вещества: $\varphi = \varphi_1 \otimes \varphi_2 = e^{ikr}u(r)$, и называется периодической функцией Блоха [2], [3]. Эта функция одновременно является собственной для резонатора-ячейки, определяющейся зоной Бриллюэна *u(r)* и резонатора-кристалла как целого $\varphi = e^{ikr}$.

Здесь $u(r+a) = u(r)$, *a* — постоянная решётки, $k = \pi N/L$ — волновой вектор, *L* — линейный размер кристалла, а *N* — натуральное число. Условие $k = \pi N/L$, отнесённое к множителю e^{ikr}, означает, что на волновую функцию наложены циклические граничные условия $\varphi(r+L) = \varphi(r)$ [3]. Иными словами, на длине кристалла могут укладываться 1/2 длины волны, целая волна, 3/2, и т.д. Функция φ_1 не сказывается на нормировке общей волновой функции, поскольку её модуль $|\varphi_1| = 1$. С другой стороны, этот множитель модерирует фазу и существенно влияет на интерференцию электронов.

Этот приём всегда выдаётся за технический, но на самом деле он имеет топологический смысл, поскольку кристалл превращается в тор после отождествления граней. Топология тора и параллелепипеда отличаются принципиально. Иными словами, когда Зоммерфельд проквантовал волновую функцию свободных электронов в кристалле, то он обнаружил иную топологию кристалла, а не технический приём.

Здесь мы неявно предполагаем, что за пределами кристалла находится вакуум, поскольку волновая функция на границе принимает значение, равное нулю. В случае, если бы там была иная среда, то нам бы пришлось сшивать граничные условия. При этом независимо от внешней среды граница остаётся тем рубежом, на котором волновая функция электронов претерпевает отражение, образуя внутри устойчивую структуру стоячих волн. Можно добавить, что функция Блоха $\varphi = e^{ikr}u(r)$ является частным случаем более общего представления: $\varphi = \sum_N e^{ik_N r} \sum_l u_l(r)$, $k_N = \pi \mathrm{N}/L$, $u_l(r) = u_l(r+la)$, где последнее выражение означает граничное условие Борна-Кармана [3].

Помимо традиционных полупроводников, начиная с работ Жореса Алфёрова, всё чаще изучаются слоистые искусственные материалы, являющиеся сверхрешётками [4], иными словами, материалы с периодической структурой, более высокого масштаба, чем кристаллическая решётка. Сюда же относятся квантовые нити и квантовые точки, которые можно рассматривать как атомы большего масштаба. Обычно этот масштаб имеет порядок десятков нанометров. И в этом случае волновая функция электрона, в отличие от функции Блоха, обладает ещё одним множителем с промежуточной периодичностью, большей, чем у ячейки кристалла, но меньшей чем у самого кристалла. Это можно выразить формулой $\varphi(r,p) = \prod_i \varphi_i\left(w_i\right) = \varphi_1 \otimes \varphi_2 \otimes \varphi_3$ [4], где φ_i — волновая функция соответствующего масштаба *i*, который в данном случае меняется от 1 до 3 (элементарная ячейка кристалла, период сверхрешётки, размер самого кристалла), w_i определяет объём *i* резонатора. Одну из возможных иерархий волновой функции мы изобразили на рисунках 1 и 2. Энергия и собственная частота каждого последующего её уровня существенно падает, тогда, как длина волны растёт. Энергия отмеряется относительно нуля на бесконечности. Функция φ_2 также не сказывается на нормировке общей волновой функции, поскольку её модуль $|\varphi_2| = 1$. Но он важен при учёте интерференции электронов.

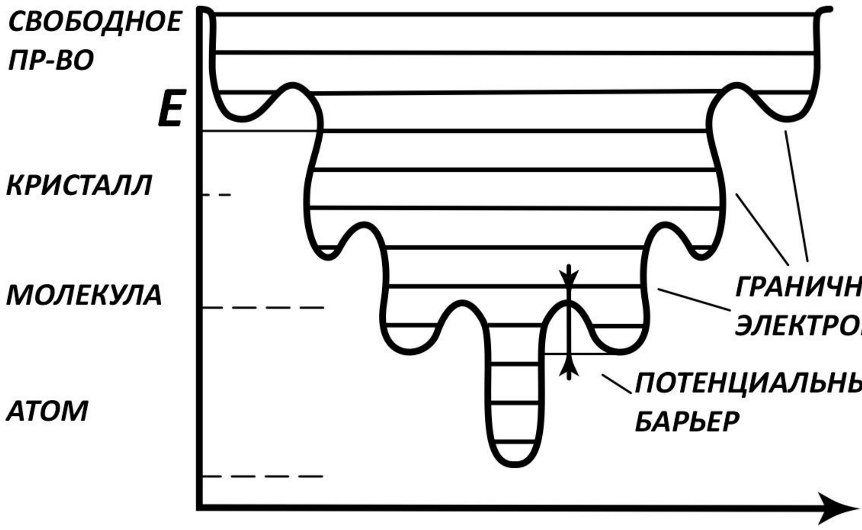

Рисунок 2 - Схематически изображена иерархия вложенных резонаторов, определяющих произведение собственных волновых функций системы с определёнными собственными частотами
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.110.2

Гипотеза, выдвигаемая в этой работе, состоит в том, что полная волновая функция состоит из произведения бесконечного ряда собственных функций для последовательности i вложенных друг в друга масштабов (резонаторов), — от микромасштаба до масштаба Вселенной [5],

$$\varphi(r,p) = \prod_i \sum_j \varphi_{ij}\left(w_i\right) \ 1 < i < \infty \tag{3}$$

В случае функций Блоха, когда рассматривается два масштаба: кристалла и элементарной ячейки, такие линейные комбинации называются функциями Ванье, которые составляют ортонормированную систему [2]. Каждый масштаб определяется набором волновых функций j, отличающихся значениями энергии, соответствующих индексу i.

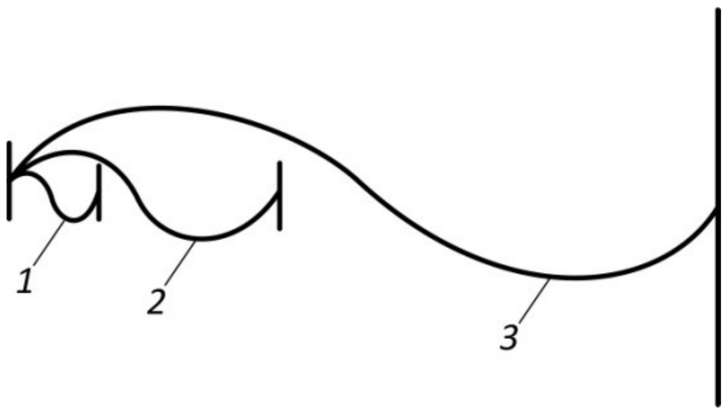

Рисунок 3 - Схематически изображена иерархия вложенных резонаторов, где представлен один из вариантов, в котором на длине i резонатора $1 < i < 3$ укладывается одна длина волны, $N = 2$
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.110.3

Таким образом, мы можем говорить об алокальности эволюции системы, описывающейся волновой функцией, поскольку каждый следующий уровень волновой функции свидетельствует о большем масштабе её действия. Эволюция каждого уровня происходит отдельно от остальных и определяется эволюцией соответствующих граничных условий. По всей видимости, волновая функция некоторой системы, имеющая некоторый масштаб $i = n$, например, соответствующий размеру солнечной системы, отслеживает граничные условия соответствующего масштаба. Волновая функция и граничные условия меняются синхронно, и эти изменения происходят с соответствующей фазовой скоростью, превышающей скорость света. В традиционной науке считается, что фазовая скорость имеет абстрактную природу и является только математическим объектом [6].

Ряд Тейлора как физическая реальность

Мы предполагаем, что кинетическая энергия системы определяет не только волну де Бройля, которая является первой в бесконечном ряде волн, т.е. кинетическую энергию можно представить подобно (3), как сумму $E = \sum_i E_i = \sum_i \left(\hbar k_i\right)^2 / 2m$, $p = \sum_i p_i = \sum_i \hbar k_i$. Поскольку значение каждого последующего члена быстро падает $k_i \sim 1/L_i$, где L_i— масштаб резонатора, то обычно ограничиваются первыми двумя. Но, если энергетически значения падают быстро, это вовсе не означает, что последующие члены не несут информационной нагрузки и не осуществляют корреляцию больших масштабов. Такие корреляции приводят к когерентным состояниям и могут играть важную роль на макромасштабах.

Рассмотрим случай свободной частицы, иными словами, отсутствие внешних навязанных резонаторов. Тогда структуру бесконечного ряда мы обнаружим, если разложим релятивистскую энергию в ряд Тейлора и используем уравнение Шредингера, которое действительно для этого слаборелятивистского случая. Мы считаем, что этот ряд определяет физическую реальность масштабных факторов *v/c*, а не только математическую абстракцию. Запишем уравнение Шредингера для волновой функции свободной частицы: $i\hbar\frac{d\varphi}{dt} = \widehat{\mathrm{H}}\varphi = \mathrm{E}\varphi = mc^2\varphi = \hbar w\varphi = \hbar\frac{2\pi v_\phi}{\lambda}\varphi$. Здесь мы обозначили фазовую скорость $w\lambda = 2\pi v_\phi$. В случае, когда гамильтониан не зависит явно от времени, зависимость волновой функции от времени можно записать:

$$\varphi \sim e^{-iwt} \sim e^{-\frac{imc^2}{\hbar}t} \sim e^{-i\frac{2\pi v}{\lambda}t} \tag{4}$$

Известно, что уравнение Шредингера применимо в нерелятивистском случае, когда $v \ll c$, такой случай мы и рассматриваем. Поскольку в нашем случае $v \ll c$, (не пренебрегая поправками) можно разложить $E^2 = {m_0}^2c^4 + p^2c^2$ в ряд Тейлора: $E = m_0c^2 + \frac{p^2}{2m_0} - \frac{p^4}{8m_0^3c^2} + \cdots$ тогда, ограничиваясь тремя членами ряда, получим:

$$\begin{gathered}\mathrm{H}\varphi = \mathrm{E}\varphi = \left[m_0c^2 + \frac{p^2}{2m_0} - \frac{p^4}{8{m_0}^3c^2} + \cdots\right]\varphi = m_0c^2\varphi + \frac{p^2}{2m_0}\varphi - \frac{p^4}{8{m_0}^3c^2}\varphi + \cdots = \\ = \frac{2\pi v_{\Phi_0}}{\lambda_0}\hbar\varphi + \frac{2\pi v_{\Phi_1}}{\lambda_1}\hbar\varphi + \frac{2\pi v_{\Phi_2}}{\lambda_2}\hbar\varphi + \cdots\end{gathered} \tag{5}$$

Здесь принято, что волновой фронт волны *i*-масштаба распространяется с фазовой скоростью v_{ϕ_i} . Если принять $v_{\Phi_0} = c$, $\lambda_0 = \frac{2\pi\hbar}{m_0c}, \lambda_1 = \frac{4\pi\hbar m_0 v_{\Phi_1}}{p^2}, \lambda_2 = \frac{16\pi\hbar {m_0}^3 v_{\Phi_2}c^2}{p^4}$, имеем

$$\varphi \sim e^{-\frac{imc^2t}{\hbar}} \sim e^{-\frac{im_0c^2t}{\hbar}} e^{-i\frac{p^2}{2\hbar m_0}t} e^{i\frac{p^4}{8\hbar {m_0}^3c^2}t} \dots \tag{6}$$

таким образом, волновая функция частицы состоит из произведения ряда членов, где первый член – самый высокочастотный. Он, очевидно, как уже указывалось, совпадает с комптоновской длиной волны. Очевидно, что $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots ,$ т.е. каждый последующий член отвечает за больший масштаб описания частицы.

Обратим внимание, что выражение (6) $e^{A+B} = e^A e^B$ справедливо, когда *A* и *B* коммутируют друг с другом, что выполняется в нашем случае. Таким образом, выделены быстрые и медленные составляющие волновой функции. В некотором смысле, применён метод медленно меняющихся амплитуд, он же метод ВКБ. Эту мысль можно выразить иначе: волновая функция есть волчок, вращающийся с частотой $\frac{m_0c^2}{\hbar}$, прецессия которого равна $\frac{p^2}{2\hbar m_0}$, а нутация $\frac{p^4}{8\hbar {m_0}^3c^2}$. Этот ряд продолжается и дальше, и мы можем определить осцилляции нутаций. Видно, что волны Комптона в нашем и традиционном определении совпадают, волны де Бройля различны: $\frac{h}{mv_{\text{гр}}} \neq \frac{2hm_0v_{\Phi_1}}{p^2} = \frac{2hv_{\Phi_1}}{m_0v_{\text{гр}}^2}$.

Если считать, что волна де Бройля распространяется с групповой скоростью $v_{\text{гр}}$ и подставить её вместо v_ϕ[1], то наше и общепринятое выражения для волн де Бройля совпадут, за исключением множителя 2.

Об этом и других противоречиях фазовой скорости волны де Бройля написано достаточно много [9], [10], [11], [12]. Например, можно напомнить известную из оптики формулу сопряжённости групповой и фазовой скоростей [6], [13]:

$$v_{\text{гр}}v_{\phi\text{аз}} = c^2 \tag{7}$$

Это выражение легко получается варьированием релятивистского интервала $x^2 - c^2t^2 = inv$ [13]. Здесь мы предположили движение вдоль оси x (выражение легко обобщается на трёхмерный случай). Тогда получаем: $x\delta x - c^2t\delta t = 0 \to x/t\delta x/\delta t = c^2$. Первое выражение соответствует фазовой скорости $v_\phi = w / k$, а второе $v_{\text{гр}} = \frac{\partial w}{\partial k}$ – групповой. С групповой скоростью происходит перенос энергии, а с фазовой — движение волнового фронта. Из выражения (7) видно, что фазовая скорость всегда выше скорости света и как мы уже писали, считается чисто математическим объектом. Традиционно [6] указывается, что фазовая скорость не имеет физического смысла. Например, по мнению Родимова [13], это понятие описывает скорость движения античастицы в сопряжённом пространстве антиматерии $0 \le v_{\text{гр}} \le c; c \le v_\phi \le \infty.$ Тогда мировая линия обычного мира всегда связана с сопряжённой ей линией антимира. Что было названо автором c-симметрией. И эта мысль очевидно коррелирует с концептом «дрожащего движения» Шредингера. Иными словами, реальность определяется и групповой и фазовой скоростями. Очевидно, что, когда частица останавливается, её фазовая скорость стремится к бесконечности. Таким образом, фазирование частиц внутри некоторого резонатора галактического масштаба возможно практически моментально. Понятно, что вследствие принципа неопределённости Гейзенберга, остановить частицу полностью невозможно.

По этой же причине количественная оценка третьего члена ряда Тейлора в выражении (5) не так важна, поскольку каждый масштаб эволюционирует отдельно и определяет его собственные корреляции. При этом отдельные масштабы могут взаимодействовать друг с другом, что приводит к параметрическим и автоколебательным процессам [13]. Это очевидно, поскольку размер кристалла кратен размеру элементарной ячейки.

Напротив, в [10], [11] была представлена попытка доказать, что фазовая и групповая скорости фермионов совпадают, как это действительно для плоских волн, например, бозонов. Если мы подставим в выражение для волны де Бройля фазовую скорость равную групповой, то получим $\lambda_b = \frac{2hv_{фаз}}{mv^2} = \frac{2h}{mv}$. Остаётся двойка, которая удваивает общепринятую длину волны. В работе [9] было высказана идея, что вместо h необходимо принять $\frac{h}{2}$ поскольку энергия электромагнитной волны состоит из энергии магнитной и электрической частей. Эта мысль согласуется с нашим представлением о том, что магнитная часть электромагнитной волны является её инертной (динамической) частью и исполняет роль кинетической энергии [14]. Это также подтверждается теоремой вириала.

Но спор о корректном определении волны де Бройля в некотором смысле неважен в контексте данной работы, поскольку здесь мы обсуждаем, что, помимо известных волн Комптона и де Бройля, должна наблюдаться следующая волна-пилот с частотой $\frac{p^4}{8hm_0^3c^2}$. В предположении, что она распространяется с фазовой скоростью v_{ϕ_2} , её длина будет равна: $\lambda_2 = \frac{8hm_0{}^3v_{\phi_2}c^2}{p^4}$. Эту волну можно назвать в честь Н.А. Козырева, который впервые наблюдал квантовую запутанность или передачу сигнала со скоростью, стремящейся к бесконечности [15].

Таким образом, мы видим, что волновая функция имеющая частоту вращения амплитуды вероятности $\frac{mc^2}{\hbar}$, раскладывается в сумму частот, первая из которых частота Комптона. На рисунке 4 предпринята попытка изобразить это распределение.

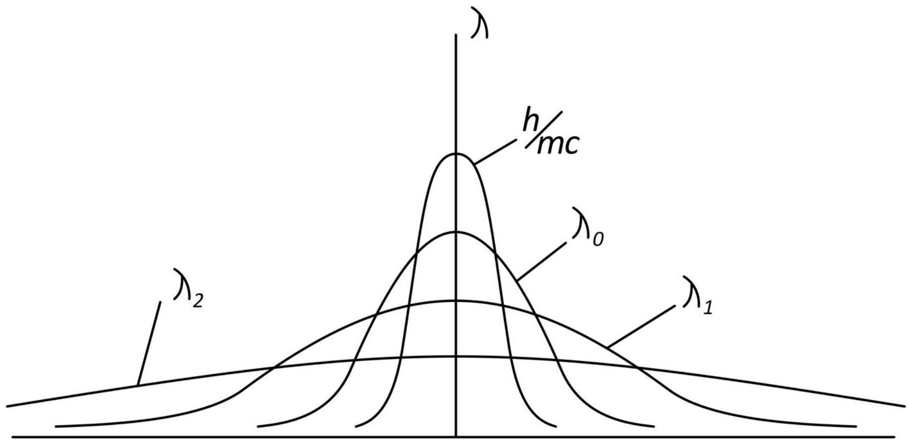

Рисунок 4 - Представление волновой функции как суммы бесконечного ряда волновых функций, имеющих разный масштаб

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.110.4

Этот рисунок может быть связан с работой [16], где автор пытался обосновать, что за онтологию массы отвечает именно m_0, тогда как остальное — релятивистские эффекты или как видно в нашем случае — субгармоники. В этой работе автор показал частую путаницу между массой, которой обладает тело в общем виде и массой покоя или массой в покоящейся системе координат. Здесь имеется следующий уровень неразберихи, поскольку можно перейти в систему координат покоящуюся по отношению к центру масс, но любое тело, помимо поступательного движения, ещё и вращается, а перейти в систему, где вращение равно нулю, невозможно, поскольку разные части системы (например, галактики), движутся с разными угловыми скоростями. Кроме того, попытка перейти в покоящуюся систему в этом случае приведёт к неинерциальности покоящейся системы координат.

Отношение двух масштабов $i / i + 1$, которое характеризует отношение частот разных уровней, или что тоже самое, отношение периодов $\varepsilon = T_i / T_{i+1}$, можно считать параметром адиабатичности. Поскольку, как известно из теории адиабатических инвариантов, имеется параметр ε, такой что $t' = \varepsilon t$, хактеризующий собой адиабатичность воздействия. Подобно этому мы раскладываем волновую функцию в ряд ортогональных друг другу пространств или последовательность модуляций, где $\varepsilon = v / c$ в соответствие с (4).

Можно сказать, глубоко не вдаваясь в научные спекуляции, что масштабные факторы, описанные в данной работе, могут быть причиной множественных реальных наблюдений. Например, таких как слабые биополя, определяющие когерентность отдельных клеток организма. Исследователей всегда смущал низкий потенциал энергии таких взаимодействий, что, конечно, характерно для следующего члена ряда Тейлора. Можно привести ещё пример наблюдения квантовых запутанностей биологических образцов, обнаруженных множеством исследователей [17]. Возможно, корреляции биополя осуществляются не с групповой, а с фазовой скоростью.

Заключение

В первой части работы, опираясь на идею функции Блоха, была высказана мысль, что волновая функция есть произведение масштабных волновых функций, которые, так или иначе, определяются природными организациями типа сверхрешётки. В случае свободного движения частицы искусственная организация масштабов заменяется естественной самоорганизацией, которую считывает ряд Тейлора.

Результатом данной работы является обоснование, что волновая функция материального тела представляется в виде бесконечного ряда волновых функций, соответствующих различным масштабам взаимодействия тела со Вселенной.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Спасский Б.И. О нелокальности в квантовой физике / Б.И. Спасский, А.В. Московский // Успехи физических наук. — 1984. — Т. 142, Вып. 4. — С. 599–617.
2. Лифшиц И.М. Электронная теория металлов / И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов. — Москва : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1971. — 416 с.
3. Ашкрофт Н. Физика твёрдого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. — Москва : Книга по требованию, 2013. — Т. 1. — 459 с.
4. Бузанева Е.В. Микроструктуры интегральной электроники / Е.В. Бузанева. — Москва : Радио и связь, 1990. — 304 с.
5. Стригин М.Б. Связь эзотерики и науки или как вторая «паразитирует» на первой. Наука как воспроизводимая квантовая запутанность реальной траектории и траектории мышления / М.Б. Стригин // Человек и культура. — 2024. — № 6. — С. 170–184.
6. Мартинсон Л.К. Квантовая физика / Л.К. Мартинсон, Е.В. Смирнов. — Москва : Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2012. — 527 с.
7. Urusovskii I.A. Lorentz Transform in Multi-Dimensional Space / I.A. Urusovskii // Journal of Modern Physics. — 2012. — Vol. 3. — P. 1749–1755.
8. Schrödinger E. Über die kräftefreie Bewegung in der relativistischen Quantenmechanik / E. Schrödinger // Berliner Berichte. — 1930. — S. 418–428.
9. Избрехт А.Р. О физической природе волн де Бройля / А.Р. Избрехт // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 10(148). — С. 1–12.
10. Попов И.П. О фазовой скорости волн де Бройля / И.П. Попов // Вестник Курганского государственного университета. — 2015. — № 4. — С. 115–116.
11. Попов И.П. Формальный аналог волновой функции / И.П. Попов // Вестник Курганского государственного университета. — 2015. — № 4. — С. 116–118.
12. Самсоненко Н.В. Волна де Бройля как амплитудно-модулированный сигнал / Н.В. Самсоненко // МИС-РТ. — 2023. — № 83-2. — С. 1–36.
13. Родимов Б.Н. Автоколебательная квантовая механика / Б.Н. Родимов. — Москва : Изд-во ЛКИ, 2020. — 414 с.
14. Стригин М.Б. Реальность как симметричное расслоение на пространство координат и пространство импульсов, делящее электромагнитную волну на магнитную и электрическую составляющие, а заряды на электрический и магнитный / М.Б. Стригин // Материалы XXVIII Российской конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии. — 2025. — С. 318–329.
15. Козырев Н.А. Избранные труды / Н.А. Козырев. — Ленинград : Издательство ЛГУ, 1991. — 448 с.
16. Окунь Л.Б. Понятие массы / Л.Б. Окунь // Успехи физических наук. — 1989. — Т. 158, Вып. 3. — С. 511–530.
17. Маслоброд С.Н. Эффект дальней связи между прорастающими семенами, возникающий при их контакте в период набухания / С.Н. Маслоброд // Электронная обработка материалов. — 2012. — Т. 48, № 6. — С. 99–113.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Spassky B.I. O nelokal'nosti v kvantovoy fizike [On nonlocality in quantum physics] / B.I. Spassky, A.V. Moskovsky // Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances in Physical Sciences]. — 1984. — Vol. 142, Iss. 4. — P. 599–617. [in Russian]
2. Lifshitz I.M. Elektronnaya teoriya metallov [Electronic theory of metals] / I.M. Lifshitz, M.Ya. Azbel, M.I. Kaganov. — Moscow : Nauka. Chief Editorial Office for Physical and Mathematical Literature, 1971. — 416 p. [in Russian]
3. Ashcroft N. Fizika tvyordogo tela [Solid state physics] : in 2 vols. / N. Ashcroft, N. Mermin. — Moscow : Book on Demand, 2013. — Vol. 1. — 459 p. [in Russian]
4. Buzaneva E.V. Mikrostruktury integral'noy elektroniki [Microstructures of integrated electronics] / E.V. Buzaneva. — Moscow : Radio and Communications, 1990. — 304 p. [in Russian]
5. Strigin M.B. Svyaz' ezoteriki i nauki ili kak vtoraya "parazitiruyet" na pervoy. Nauka kak vosproizvodimaya kvantovaya zaputannost' real'noy trayektorii i trayektorii myshleniya [The connection between esotericism and science, or how the latter "parasitizes" on the former. Science as reproducible quantum entanglement of the real trajectory and the trajectory of thinking] / M.B. Strigin // Chelovek i kul'tura [Man and Culture]. — 2024. — № 6. — P. 170–184. [in Russian]

6. Martinsson L.K. Kvantovaya fizika [Quantum physics] / L.K. Martinsson, E.V. Smirnov. — Moscow : Bauman Moscow State Technical University Publishing House, 2012. — 527 p. [in Russian]

7. Urusovskii I.A. Lorentz Transform in Multi-Dimensional Space / I.A. Urusovskii // Journal of Modern Physics. — 2012. — Vol. 3. — P. 1749–1755.

8. Schrödinger E. Über die kräftefreie Bewegung in der relativistischen Quantenmechanik [On force-free motion in relativistic quantum mechanics] / E. Schrödinger // Berliner Berichte [Berlin Reports]. — 1930. — P. 418–428. [in German]

9. Ibrekht A.R. O fizicheskoy prirode voln de Broylia [On the physical nature of de Broglie waves] / A.R. Ibrekht // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. — 2024. — № 10(148). — P. 1–12. [in Russian]

10. Popov I.P. O fazovoy skorosti voln de Broylia [On the phase velocity of de Broglie waves] / I.P. Popov // Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Kurgan State University]. — 2015. — № 4. — P. 115–116. [in Russian]

11. Popov I.P. Formal'nyy analog volnovoy funktsii [Formal analogue of the wave function] / I.P. Popov // Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Kurgan State University]. — 2015. — № 4. — P. 116–118. [in Russian]

12. Samsonenko N.V. Volna de Broylia kak amplitudno-modulirovannyy signal [De Broglie wave as an amplitude-modulated signal] / N.V. Samsonenko // MIS-RT. — 2023. — № 83-2. — P. 1–36. [in Russian]

13. Rodimov B.N. Avtokolebatel'naya kvantovaya mekhanika [Self-oscillatory quantum mechanics] / B.N. Rodimov. — Moscow : LKI Publishing House, 2020. — 414 p. [in Russian]

14. Strigin M.B. Real'nost' kak simmetrichnoye rassloyeniye na prostranstvo koordinat i prostranstvo impul'sov, delyashcheye elektromagnitnuyu volnu na magnitnuyu i elektricheskuyu sostavlyayushchiye, a zaryady na elektricheskiy i magnitnyy [Reality as a symmetric stratification into coordinate space and momentum space, dividing an electromagnetic wave into magnetic and electric components, and charges into electric and magnetic] / M.B. Strigin // Materialy XXVIII Rossiyskoy konferentsii po kholodnoy transmutatsii yader khimicheskikh elementov i sharovoy molnii [Proceedings of the XXVIII Russian Conference on Cold Nuclear Transmutation of Chemical Elements and Ball Lightning]. — 2025. — P. 318–329. [in Russian]

15. Kozyrev N.A. Izbrannyye trudy [Selected works] / N.A. Kozyrev. — Leningrad : Leningrad State University Publishing House, 1991. — 448 p. [in Russian]

16. Okun L.B. Ponyatiye massy [The concept of mass] / L.B. Okun // Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances in Physical Sciences]. — 1989. — Vol. 158, Iss. 3. — P. 511–530. [in Russian]

17. Maslobrod S.N. Effekt dal'ney svyazi mezhdu prorastayushchimi semenami, voznikayushchiy pri ikh kontakte v period nabukhaniya [The effect of long-range communication between germinating seeds arising from their contact during the swelling period] / S.N. Maslobrod // Elektronnaya obrabotka materialov [Electronic Processing of Materials]. — 2012. — Vol. 48, № 6. — P. 99–113. [in Russian]