

## К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ВОЛН ДЕ БРОЙЛЯ КАК КОЛЕБАНИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Грицунов А.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. микроэлектроники, электронных приборов  
и устройств, тел. (057) 702-13-62,

E-mail: [gritsunov@kture.kharkov.ua](mailto:gritsunov@kture.kharkov.ua) ; факс (057) 702-11-13

The basic postulate of the self-sufficient potential formalism in electrodynamics (interpretation of electromagnetic phenomena as natural or forced oscillations of a distributed electromagnetic oscillating system) is generalized on the De Broglie waves. Electrons and positrons are treated as excited modes of a distributed electron-positron oscillating system (Minkowski spacetime), not as “hard” particles. The system has three independent generalized coordinates, not four as electromagnetic one. A “matter flow density” four-vector is introduced with positive temporal component for positrons and negative one for electrons. The electric current density four-vector is congruent to the new four-vector, so there is no necessity to distinguish between “positive” and “negative” electric charges. All other matter waves also may be interpreted as oscillations of some degrees of freedom of the spacetime, not as Born’s “probability waves”.

### Введение

В работе [1] описан самодостаточный потенциальный формализм, рассматривающий электродинамику как теорию распределенной электромагнитной колебательной системы (distributed electromagnetic oscillating system, DEMOS). Все известные электромагнитные явления интерпретируются в нем как собственные или вынужденные колебания «электромагнитных» степеней свободы четырехмерного пространства-времени Минковского. Главное достижение предлагаемой гипотезы – объяснение эффекта Ааронова-Бома с позиций концепции близкодействия [2, 3]. Недавно было предложено обобщение этой идеи на волны материи де Бройля [4]. В настоящем докладе приводится более подробное объяснение некоторых деталей новой гипотезы.

Предположим, что Вселенная еще более единообразна, чем предполагалось со времен де Бройля, и все элементарные частицы, а не только электромагнитные кванты, являются возбужденными модами соответствующих степеней свободы пространства-времени как распределенной колебательной системы. Например, обнаруженные Davisson’ом и Germer’ом интерференционные картины в когерентных электронных потоках создаются суперпозицией неких реальных волн в распределенной электронно-позитронной колебательной системе (distributed electron-positron oscillating system, DEPOS), а не интерференцией «волн вероятности» непонятной физической природы, описываемых к тому же комплексными функциями  $\Psi$ . Главные отличительные черты DEPOS по сравнению с DEMOS – отличное от нуля волновое число отсечки  $k_e = cm_e / \hbar$  (релятивистский скаляр,  $m_e$  – масса покоя электрона) и наличие только трех независимых обобщенных координат вместо четырех для DEMOS.

### Физическое описание системы

Суть новой гипотезы заключается в следующем. В атомном мире нет «твердых» частиц. Электрон – это не заряженный шарик или какой-либо другой сгусток заряженной материи. Все наблюдаемые эффекты, производимые «электронами» или «позитронами», являются результатом колебаний DEPOS. «Реальные» элементарные частицы на самом деле оказываются такими же квазичастицами (волновыми пакетами), как, например, фононы в кристаллической решетке.

Координаты и скорости волновых пакетов («частиц») не имеют строгого смысла, вместо них следует использовать числа заполнения для мод распределенной электронно-позитронной колебательной системы. Поэтому нет принципиальной разницы между квантами DEMOS («фотонами») и квантами DEPOS («электронами», «позитронами»).

Обнаружение «электрона» означает фактически процесс обмен квантом энергии-импульса между модой DEPOS, изначально имеющей число заполнения 1, и другой модой той же системы, первоначально имеющей число заполнения 0 (через DEMOS как некую промежуточную систему, принимающую или восполняющую разницу в энергии-импульсе между первой и второй модами DEPOS). Точные пространственно-временные координаты этого процесса не могут быть установлены в принципе, следовательно, не имеют строгого смысла. Можно сказать, что энергообмен происходит «параллельно» во всем четырехмерном объеме, в котором «перекрываются» взаимодействующие моды. Имеет значение только ортогональность или неортогональность этих мод.

В частности, взаимодействие между электроном как квантовым объектом и «классическим аппаратом» является фактически взаимодействием между «слабо локализованной» модой DEPOS (например, колебанием свободного пространства) и ее «существенно локализованной» модой (например, электронным энергетическим уровнем полупроводникового кристалла), используя DEMOS в качестве промежуточного звена. Взаимодействие является случайным процессом, основанным на коэффициентах Эйнштейна.

Дисперсия волновых пакетов не имеет значения, поскольку мода DEPOS, несмотря на ее пространственную протяженность, всегда возбуждается или исчезает как единое целое. Заметим, что испущенный атомом «фотон» также может распространиться по широкому фронту в заведомо бездисперсной DEMOS. Однако когда происходит его взаимодействие с другим атомом, вся энергия-импульс этого «фотона» немедленно переходит в новый атом. Таким образом, «квантовый скачок», «коллапс волновой функции» и другие труднообъяснимые на сегодняшний день квантовые эффекты, возможно, являются особенностями взаимодействия между DEPOS и DEMOS в пространстве-времени.

Если широкий (практически плоский) электронный волновой пакет создает светящуюся точку на флуоресцентном экране – это означает, что слабо локализованная мода DEPOS провзаимодействовала с электронной оболочкой одного из атомов покрытия экрана. Если широкий волновой пакет движется сквозь другой широкий волновой пакет, более вероятен обмен импульсом обоих пакетов посредством моды DEMOS, имеющей небольшое волновое число  $k_z$ , следовательно, импульсы электронных волновых пакетов изменяются незначительно («электроны проходят далеко друг от друга»). Только в редких случаях возбуждается мода-посредник DEMOS с большим  $k_z$  и импульсы пакетов меняются существенно («электроны сталкиваются»). Здесь  $\mathbf{k} = \{k_t, k_x, k_y, k_z\}$  – четырехвектор волнового числа моды;  $\xi$  – «родовое» (generic) обозначение для  $x$ ,  $y$  или  $z$ .

### Математический аппарат

На сегодняшний день не существует известных физических величин [наподобие составляющих четырехвектора электромагнитного потенциала  $\mathbf{A}(t, x, y, z)$  для DEMOS], которые можно использовать как обобщенные координаты DEPOS. Поэтому введем четырехвектор  $\mathbf{n}^e(t, x, y, z)$  как совокупность трех вещественных пространственных компонент  $n_x^e, n_y^e, n_z^e$  (обобщенных координат, описывающих локальное отклонение DEPOS от ее «невозмущенного» состояния [5]) и временной компоненты  $n_t^e$ , дополняющей их до четырехвектора. Эти компоненты связаны условием калибровки Лоренца  $\nabla \cdot \mathbf{n}^e = 0$ , где  $\nabla \cdot \mathbf{n}^e$  – четырехмерная дивергенция четырехвектора  $\mathbf{n}^e$ . При этом  $n_t^e \equiv 0$  в некой «неподвижной системе координат» для данной моды (если таковая существует, т.е. импульс «электрона» достаточно хорошо определен).

Разница между DEMOS и DEPOS состоит в том, что вторая имеет три независимые обобщенные координаты, а не четыре как первая. Координаты образуют «гиперповерхность» в четырехмерном пространстве-времени. Система координат, обращающая  $n_t^e$  некой моды в нуль, является «неподвижной системой координат» для соответствующей

«частицы». Как следствие, исключаются сферически симметричные (с типом «Zero Magnetic» [1]) моды DEPOS, поэтому квантованный с шагом  $\hbar$  спин «электронов» и «позитронов» получается полуцелым, а не целым, как у «фотонов».

Трехмерная плотность функции Лагранжа для DEPOS в приближении отсутствия взаимодействия этой колебательной системы с DEMOS постулируется в нашей (градиентно-девиационной) гипотезе как

$$\lambda^e = \frac{R_e}{2} \left[ k_e^2 (\mathbf{n}^e)^2 - (\nabla N_t^e)^2 + (\nabla N_x^e)^2 + (\nabla N_y^e)^2 + (\nabla N_z^e)^2 \right], \quad (1)$$

где  $\nabla N_\tau^e$  – четырехмерный градиент  $N_\tau^e$ ;  $\tau$  – «родовое» обозначение для  $t \equiv ct$ ,  $x$ ,  $y$  или  $z$ ;  $R_e$  – коэффициент «жесткости» DEPOS, связывающий ее локальное отклонение с трехмерной плотностью создаваемой этим отклонением энергии-импульса (подобно тому, как коэффициент  $R_\gamma \equiv 1/\mu_0$  является «жесткостью» DEMOS). Действие, получаемое интегрированием (1) по четырехмерному объему, не является калибровочно-инвариантным, что, впрочем, согласуется с физическим смыслом четырехвектора  $\mathbf{n}^e$ .

Уравнение Лагранжа для DEPOS в приближении отсутствия взаимодействия электронно-позитронной и электромагнитной систем – это уравнение Клейна-Гордона, примененное к компонентам  $\mathbf{n}^e$ :  $\nabla^2 \mathbf{n}^e + k_e^2 \mathbf{n}^e = 0$  (2), где  $\nabla^2$  – Д'Аламбертиан.

Компоненты тензора плотности энергии-импульса  $[w^e]$  для DEPOS равны:

$$w_{\tau\tau'}^e = -g_{\tau\tau'} g_{\tau'\tau'} R_e \left( \frac{\partial N_t^e}{\partial \tau} \frac{\partial N_t^e}{\partial \tau'} - \frac{\partial N_x^e}{\partial \tau} \frac{\partial N_x^e}{\partial \tau'} - \frac{\partial N_y^e}{\partial \tau} \frac{\partial N_y^e}{\partial \tau'} - \frac{\partial N_z^e}{\partial \tau} \frac{\partial N_z^e}{\partial \tau'} \right) - \frac{g_{\tau\tau'} R_e}{2} \left[ k_e^2 (\mathbf{n}^e)^2 - (\nabla N_t^e)^2 + (\nabla N_x^e)^2 + (\nabla N_y^e)^2 + (\nabla N_z^e)^2 \right], \quad (3)$$

где  $[g]$  – диагональный метрический тензор для псевдоевклидова пространства.

Введем для моды DEPOS четырехвектор групповой скорости «частицы», определив его в предположении равенства нулю всех компонент  $\mathbf{A}$  как  $\mathbf{v}_g^- = -\mathbf{k}/k_e$ ;  $\mathbf{v}_g^+ = +\mathbf{k}/k_e$  (4), где  $k_e \leq k_t < \infty$ ,  $-\infty < k_\xi < \infty$  для реальных «частиц» и  $0 \leq k_t < k_e$  для виртуальных [положительный знак в (4) для позитронов]. Введем также четырехвектор «плотности потока материи»  $\mathbf{j}_m(t, x, y, z) = \mathbf{v}_g \text{Tr}[w^e]$  (5), где  $\text{Tr}[w^e]$  – след тензора  $[w^e]$ . Заметим, что компоненты «видимого» трехвектора скорости частицы  $v_\xi = k_\xi/k_t$  одинаковы как для электронов, так и позитронов (рис. 1). Четырехвектор  $\mathbf{j}_m$  всегда ортогонален к  $\mathbf{n}^e$ .

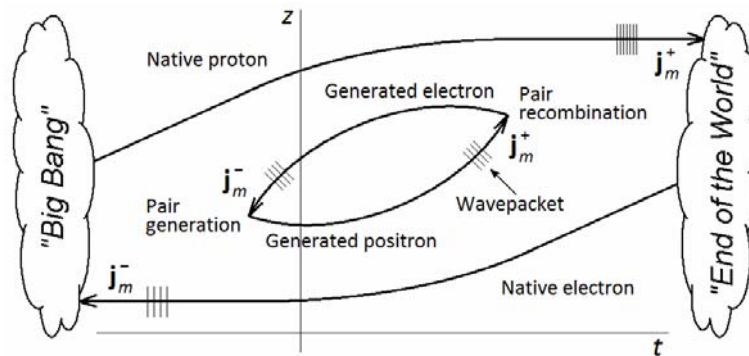


Рис. 1. Четырехвекторы плотности потока материи («мировые линии частиц»)

Предположим, что четырехвектор плотности электрического тока  $\mathbf{j}_q(t, x, y, z)$  конгруэнтен четырехвектору  $\mathbf{j}_m$  с коэффициентом пропорциональности  $cq/\hbar k_e$ , где  $q > 0$  – элементарный заряд, т.е.  $\mathbf{j}_q = (cq/\hbar k_e)\mathbf{j}_m$ . Другими словами, нет «положительных» и «отрицательных» электрических зарядов, направление отклонения DEMOS вдоль оси  $t$  зависит только от знака  $j_{qt}$  (или  $j_{mt}$ ), как на рис. 1.

Вычисляя  $\mathbf{j}_m$ , а затем  $\mathbf{j}_q$  из (4) – (6), к трехмерной плотности функции Лагранжа можно добавить член  $\lambda^{\gamma e} = -\mathbf{A} \cdot \mathbf{j}_q$ , учитывающий взаимодействие между DEPOS и DEMOS ( $\lambda^{\gamma}$  – трехмерная плотность функции Лагранжа для DEMOS [1]). Затем может быть получено уравнение Лагранжа для DEPOS с учетом ее взаимодействия с DEMOS как дифференциальное уравнение второго порядка, альтернативное уравнению Дирака. Точная форма этого уравнения пока неизвестна. Не исключено, что его составной частью может быть преобразование Гильберта для вычисления «мгновенного» значения  $\mathbf{k}$ . В таком случае к DEPOS станет неприменим принцип близкодействия.

Полный набор решений уравнения (2) состоит из трех ортогональных подмножеств:  $TM$ ,  $TE$ , и  $TEM$  [1]. Подмножество  $TEM$  физически нереализуемо вследствие нулевой плотности его энергии-импульса. Две азимутально-симметричные линейно-независимые линейные комбинации мод  $TM$  и  $TE$  образуют «электроны» или «позитроны» со спинами  $\pm 1/2$ . К этим комбинациям должна быть применена процедура вторичного квантования с числами заполнения 0 или 1.

### Выводы

Трактовка пространства-времени Минковского как распределенной электронно-позитронной колебательной системы, являющейся материальной средой для волн де Бройля, исключает два наиболее «одиозных» понятия копенгагенской интерпретации квантовой теории:

- комплексные волновые функции  $\Psi$  и связанные с ними дифференциальные уравнения первого порядка (вместо типичных для классической физики волновых уравнений второго порядка);

- борновскую вероятностную трактовку  $|\Psi|^2$ , заменяемую теперь эйнштейновской статистической интерпретацией ансамбля взаимодействующих мод.

В то же время остается много нерешенных вопросов, касающихся объяснения как свойств самих электронов, так и различных сторон электронно-фотонного взаимодействия, а также описывающих их уравнений [4].

### Перечень ссылок

1. Грицунов А.В. Самодостаточный потенциальный формализм в описании электромагнитных взаимодействий // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника, 52, № 12, 2009, с. 28-44.
2. Gritsunov, A.V., “Why Aharonov-Bohm effect does not violate locality principle”, in 14th Int. Vacuum Electronics Conf. (IVEC 2013), Paris, France, 2013, pp. 1-2.
3. Gritsunov, A. and N. Masolova, “On the locality principle keeping in Aharonov-Bohm effect”, in 23th Int. Crimean Conf. “Microwave & Telecomm. Technology” (CriMiCo’2013), Sevastopol, Ukraine, 2013, pp. 189-190.
4. Gritsunov, A., “Electron-positron matter waves as oscillations of Minkowski spacetime”, in 15th Int. Vacuum Electronics Conf. (IVEC 2014), Monterey, CA (USA), 2014, pp. 503-504.
5. Gritsunov, A.V., “On the problem of ambiguity of electromagnetic potential”, in 8th Int. Symp. on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves (MSMW’13), Kharkov, Ukraine, 2013, pp. 222-224.