Волна де Бройля и увеличение массы электрона.

Юхимец А.К. Anatoly.Yuhimec@Gmail.com

«Мы должны найти такой приём исследования, при котором мы могли бы сопровождать каждый свой шаг ясным физическим изображением явления».
Д.К. Максвелл

Как известно [1], в своё время, в начале 20-х годов прошлого столетия, Луи де Бройль предложил описывать движение свободной элементарной частицы с помощью плоской волны для некоторой *волновой функции* $\phi(x,t) = Ae^{-2\pi i(\nu t - \frac{x}{\lambda})} = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et - px)}$, (1)

где: A- амплитуда волновой функции частицы; e- основание натуральных логарифмов; x- координата *фазы* волны в направлении её движения; t - время перемещения фазы; ν - частота волны; $\hbar = m_e r_e c$ - одна из форм записи постоянной Планка, в которую входят m_e- масса покоя электрона, r_e- радиус волны Комптона для электрона, и c – скорость света.

Скорость распространения де-бройлевской волны u в квантовой волновой механике находится как скорость перемещения постоянной фазы волны $\varphi = 2\pi i(\nu t - \frac{x}{\lambda}) = \frac{i}{\hbar}(Et - px)$. (2)

Поэтому, если за время $\Delta t = t_1 - t_0$ постоянная фаза сместится на расстояние $\Delta x = x_1 - x_0$, то можно записать равенство $Et_1 - px_1 = Et_0 - px_0 = const$, или $E\Delta t - p\Delta x = 0$. Отсюда скорость распространения постоянной фазы, а следовательно, и волны в целом находят как $u = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{E}{p}$. (3)

где: $E = mc^2$ – полная энергия частицы; $p = mV$ – внешний импульс частицы; m_0 – масса относительного покоя частицы; $m = m_0 / \sqrt{1 - V^2/c^2}$ - релятивистская масса частицы; $\boldsymbol{c}$ – скорость света; V – скорость частицы. Все они связаны основным уравнением релятивистской квантовой теории поля как $E^2 = c^2 p^2 + m_0{}^2 c^4$, (4)

И в квантовой механике скорость де-бройлевских волн (3) с учётом уравнения (4) рассчитывается как $u = \frac{dx}{dt} = \frac{E}{p} = \frac{mc^2}{mV} = \frac{c^2}{V}$. (5)

Но, как мы здесь видим, значение скорости распространения этих волн значительно превосходит скорость света. И только для света (фотонов), когда импульс $p = mc$, скорость $u = c$. Поэтому волны де Бройля для частиц стали трактовать не как материальные, а как волны *амплитуды вероятности* нахождения частицы в той, или иной части атома и даже пространства. А частицам стали сопоставлять не отдельные монохроматические волны, а целый набор волн с близкими частотами. При распространении такого набора волн в нём якобы возникает так называемый *групповой пакет*, скорость перемещения которого совпадает со скоростью движения частицы. Тогда частицу и связали с этим групповым пакетом. Однако и такой подход не решил проблему.

Теоретически всегда с помощью группы волн можно получить волновой пакет, который будет перемещаться со скоростью частицы. Но из-за дисперсии скорость распространения отдельных монохроматических волн, составляющих пакет, в реальных средах будет несколько различаться одна от другой, и пакет станет расплываться. Частица в таких средах не может сохранить стабильность, что не отвечает реальности. Причём для электрона это должно произойти практически мгновенно. Поэтому от этой идеи пришлось отказаться. К тому же совсем не было ясно, откуда должен взяться целый набор близких по частоте монохроматических волн, чтобы образовать ту, или иную частицу.

Тем не менее, идея де Бройля, что с движущейся частицей связана некоторая волна, после её опытного подтверждения ещё в 1927г. и сегодня считается основанием для признания справедливости его корпускулярно-волновых идей в целом. При этом волной де Бройля для частицы называется уже волна $\lambda_{Бр} = h / mV$, где m – масса частицы, а V - её скорость [2]; $h = 2\pi m_e r_e c$ – основная форма записи постоянной Планка.

Представления Луи де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме природных явлений были заложены и в создание *квантовой волновой механики*. Но поскольку де Бройль обе свои волны получил чисто абстрактно-математическим путём, без каких-либо наглядных физических моделей, то при этом в его теоретических построениях были допущены серьёзные принципиальные ошибки. Здесь они будут показаны самым наглядным образом на примере рассмотрения движения электрона. Кстати, сам де Бройль и рассматривал в качестве примера свою волну именно для случая движения электрона.

Для начала вернёмся к формуле (2) $\varphi = 2\pi i(\nu t - \frac{x}{\lambda}) = \frac{i}{\hbar}(Et - px)$ и посмотрим, что же конкретно она выражает. Чтобы её левая часть соответствовала правой части, выполним следующие преобразования: $2\pi i(\nu t - \frac{x}{\lambda}) = \frac{i2\pi m_e c}{m_e c}(\frac{ct}{2\pi r_e} - \frac{x}{2\pi r_e}) = \frac{i2\pi}{2\pi r_e m_e c}(m_e c^2 t - m_e c x) = \frac{i}{\hbar}(E_e t - p_e x)$. Здесь мы записали частоту $\nu_e = \frac{c}{2\pi r_e}$, т.е. как частоту всё ещё необъяснённой ортодоксальной физикой волны Комптона для электрона и её длину $\lambda_e = 2\pi r_e$. И сразу же наглядно видим, что формула и относится непосредственно к электрону с его энергией $E_e = m_e c^2$ и непонятным импульсом $p_e = m_e c$, смысл которого для электрона требует пояснений, которых ни у де Бройля, ни в квантовой физике нет. А если ещё и определить скорость по формуле (5) $u = \frac{dx}{dt} = \frac{E_e}{p_e} = \frac{m_e c^2}{m_e c} = c$, то следует сделать заключение, что формула (2), а также (1) каким-то образом пригодны лишь для наглядного объяснения корпускулярно-волнового движения фотонов, а может и нейтрино, в импульс движения которых входит скорость света *c*. Если, конечно, при этом исходить из того формального математического аппарата, которым сегодня оперирует квантовая механика. И для переноса идей де Бройля на другие физические объекты и тогда, и сегодня не было, и нет в ортодоксальной физике никаких оснований.

Постараемся решить возникшие здесь вопросы самым наглядным образом. И уже будем исходить из того, что электрон в состоянии относительного покоя в эфире реального мирового пространства, а если быть точнее, то в связанной с ним теоретической *абсолютной системе отсчёта* (АСО), представляет собой движущийся по кольцу со скоростью *c* (скорость света) элементарный (единичный) электрический заряд [3]. Заряд электрона является тороидальным эфирным вихрем с массой $m_e/2$ ($m_e = 9{,}109534 \cdot 10^{-28}$ *г* - масса покоя электрона). Он также имеет внешнюю расходящуюся от него в пространстве оболочку его магнитного поля, содержащую вторую половину его массы $m_e/2$, что вместе с массой самого заряда и образует массу электрона m_e.

Длину кольца, по которому и движется заряд, равную $\lambda_e = 2\pi r_e$ и назовём кольцевой волной электрона. То есть это и есть то, что и названо волной Комптона. Отсюда частоту её вращения в состоянии относительного покоя электрона можно записать как $\nu_e = \dfrac{c}{2\pi r_e}$. (6)

Кольцевое движение массы *первичного тороида заряда* $m_e/2$ и создаёт спин электрона $J_e = \dfrac{m_e}{2}\cdot r_e \cdot c = \dfrac{\hbar}{2}$. Это уравнение можно преобразовать как $\dfrac{m_e c^2}{2} = \dfrac{2\pi\hbar}{2}\cdot\dfrac{c}{2\pi r_e} = \dfrac{h}{2}\nu_e$, что отвечает и известному уравнению для корпускулярно-волнового объекта в виде $m_e c^2 = h\nu_e$. Откуда для кольцевой волны электрона $\lambda_e = 2\pi r_e = \dfrac{h}{m_e c} = \dfrac{h}{p_e}$. (7)

И здесь уже импульс $p_e = m_e c$ для электрона *пояснён наглядно*.

Здесь также видно, что для микровихря (эфирного кванта) с массой m_k в виде элементарного тороида без вторичных вихрей корпускулярно-волновое уравнение запишется как $m_k c^2 = \dfrac{h}{2}\nu_k$. (8)

Экспериментально установлено, что при линейном движении электрона его спин, условно считающийся вектором (псевдовектор), может быть направлен либо по направлению скорости *V*, либо против неё. Поэтому в состоянии его условного покоя в эфире электрон можно считать волновым объектом, как бы состоящим из одной ***поперечной*** *циклической волны*. А в целом это будет корпускулярно-волновой объект [4], «корпускулой» которого и будет вихревое эфирное возбуждение - электрический заряд [3].

Когда электрон как нечто целое, т.е. вместе со своим магнитным полем и массой m_e, получает внешний импульс Δmc, например в эффекте Комптона, и начинает двигаться с продольной скоростью $V<c$, то его электрический заряд будет двигаться уже *по спирали*. То есть ***поперечная*** волна получит продольный импульс $p_{np} = mV$, кинетическую энергию этого движения $mV^2/2$ и соответствующую ей дополнительную массу $\Delta m = mV^2/2c^2$. В целом же полная масса электрона при движении станет равной. $m_e + \Delta m = m = \dfrac{m_e}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$ (9)

Спиральное движение поперечной волны можно разложить на её кольцевое со скоростью $\sqrt{c^2 - V^2}$ вращательное движение и продольное волновое движение в направлении скорости *V*. Но её скорость движения по спирали сохраняется равной ***c***, а импульс становится $p_{cп} = mc$. В чисто кольцевом движении импульс $p_k = m\sqrt{c^2 - V^2} = \frac{m_e\sqrt{c^2 - V^2}}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} = m_e c$, т.е. сохраняется прежним. Поэтому и спин электрона (как момент импульса заряда) сохраняется, а потому сохраняется и радиус кольца r_e, и длина кольцевой волны $\lambda_e = 2\pi r_e$.

Импульсная диаграмма движения полной *массы поперечной волны* электрона по спирали становится следующей, рис. 1.

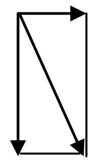

Рис. 1. Импульсная диаграмма движения (а фактически *возбуждения*) *массы заряда* электрона по спирали.

Соотношение $(mV)^2 + (m_0 c)^2 = (mc)^2$, очевидно, является общим для всех частиц и других физических объектов с массой *покоя* m_0 при их разгоне до скорости *V*. Если в последнем уравнении все члены умножить на c^2, то мы сразу же получим одно из основных уравнений релятивистской квантовой теории поля (4):

$$m^2c^4 = c^2m^2V^2 + m_0^{\ 2}c^4, \quad \text{или} \quad E^2 = c^2p^2 + m_0^{\ 2}c^4.$$

Если частоту кольцевого движения массы электрона принять за эталон его собственного времени, то в состоянии условного покоя частота его будет $\nu_e = \frac{c}{2\pi r_e}$. При движении электрона со скоростью *V* она будет изменяться как $\nu' = \frac{\sqrt{c^2 - V^2}}{2\pi r_e}$, или в отношении $\nu' = \nu_e\sqrt{1 - V^2/c^2}$. Это можно *условно* назвать *замедлением хода* собственных ***«часов»*** электрона при движении.

Длительность цикла вращения кольцевой волны электрона будет равна $\Delta t_k = \frac{\lambda_e}{\sqrt{c^2 - V^2}}$. Но это же будет длительностью цикла и спиральной, и продольной волн. Тогда длина продольной волны будет $\lambda_{пр} = V\Delta t_k$, или $\lambda_{пр} = \frac{\lambda_e V}{\sqrt{c^2 - V^2}} = \frac{2\pi r_e V}{\sqrt{c^2 - V^2}}$. А так как $2\pi r_e m_e c = h$, то

$\lambda_{np} = \dfrac{hV}{m_e c^2 \sqrt{1 - V^2 / c^2}}$. И если $V << c$, то с большой точностью можно считать $\lambda_{np} = \dfrac{h}{m_e c^2 / V}$, (10)

что и назвали волной де Бройля для *волновой функции* электрона. При этом величину c^2 / V назвали ***скоростью*** какой-то ***мифической*** постоянной фазы (фазовой скоростью) этой тоже ***мифической*** волны.

Таким образом, длина волны для волновой функции, названная Луи де Бройлем вначале *стационарной* [2], а несколько позже «*волной-пилотом»*, является ***реальной продольной составляющей волны*** спирального движения массы заряда электрона. И скорость этой продольной составляющей волны ***реально*** равна не *мифической* скорости c^2 / V, а скорости продольного движения самого электрона *V*, что *наглядно* и видно из вывода формулы (10). Более того, эта формула должна быть записана как $\lambda_{np} = \dfrac{h}{m_e c} \cdot \dfrac{V}{c}$. (10а)

Тогда сразу же через множитель справа становится видно, какую *долю* продольная волна составляет от кольцевой электронной волны $\dfrac{h}{m_e c} = \lambda_K$ (волны Комптона) при спиральном движении заряда.

Скорость *V* свободный электрон всё же чаще получает при разгоне в электрическом поле. В любом случае на заряде электрона (его поперечной волне) образуется из вихревых вращений фонового эфира ещё и дополнительная *тороидальная* волна, сопровождающая и изменяющая описанное выше движение его поперечной волны [4]. Она добавляет «волновому телу» электрона свою массу m_k.

Присоединённую ***тороидальную*** волну действительно можно назвать для электрона «волной-пилотом». рис. 2.

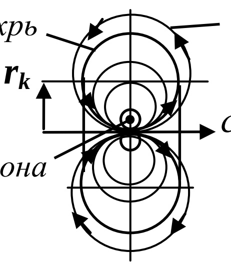

Рис. 2. Общая структура эфирных движений вокруг электрона при его спиральном движении.

Что же касается вывода скорости волны де Бройля как (5), то здесь и была допущена ошибка, которую мы сейчас и рассмотрим. Для этого вернёмся к формуле (1) и запишем её для $x=0$ как $\phi(x,t)=Ae^{-i\varphi}$, где $\varphi=2\pi\nu t$. При $x=0$ эта формула может описывать вращение некоторой точки с комплексной амплитудой $\phi(t)=re^{-i\varphi}$ на радиусе *r* с частотой *ν* в комплексной плоскости *zoy* от некоторой условной нулевой точки А, рис. 3.

Т.е. можно записать, что $\phi(t)=r(Cos\varphi(t)-iSin\varphi(t))$.

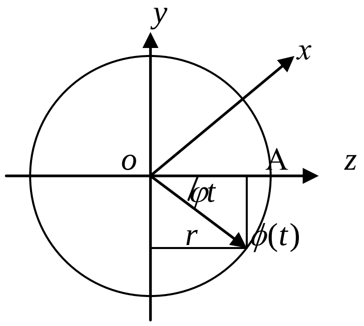

Рис. 3. Точка $\phi(t)$ вращается на радиусе *r* по часовой стрелке в комплексной плоскости *zoy* от условной нулевой точки А.

Здесь также условно можно принять, что если точка вращается против часовой стрелки, то её фаза $\varphi=-2\pi\nu t$, а если вращается по часовой стрелке, то $\varphi=2\pi\nu t$, т.е. отличается знаком.

Если комплексную плоскость *zoy* с вращающейся в ней точкой смещать вдоль оси *x*-ов с постоянной скоростью *V*, то точка будет двигаться уже по спирали. Её движение можно описать формулой, в которой её перемещение *x* вдоль оси *x*-ов и войдёт в значение *условной нулевой* фазы. Для этого в формулу $\varphi=2\pi\nu t$ для фазы волны внесём информацию о смещении точки вдоль спиральной волны, что и даст нам полное описание поведения волны. А сделаем мы это, записав формулу для *условной* ***нулевой*** фазы волны в виде

$$\varphi_0=2\pi\nu t-2\pi\frac{l_{cn}}{\lambda_{cn}}=0\,, \qquad (11)$$

где l_{cn} – путь, пройденный точкой *вдоль* спиральной волны, прямо связанный с координатой *x*, а λ_{cn} - длина волны на этом пути.

Добавка справа в (11), равная $-2\pi\frac{l_{cn}}{\lambda_{cn}}$ и учитывающая спиральное продвижение точки, как бы возвращает значение фазы, достигшей своего значения $2\pi\nu t$, при l_{cn} по спирали и координате $x=Vt$, к её начальному нулевому значению. Теперь запись фазы в виде (11) даёт нам полную информацию о поведении волны.

Спиральное волновое движение точки можно условно разложить, как мы и сделали выше, на *кольцевое волновое движение* в плоскости *zoy* и *продольное волновое движение* вдоль оси *x*-ов. И в любой плоскости *вдоль движения*, например, в плоскости *xoy* поперечная амплитуда продольной составляющей волны (проекция спиральной волны на ось *y*-ов) будет изменяться по синусоиде $\phi_y(t) = rSin\varphi(t)$.

Частоту вращения массы электрона вокруг спиральной оси (оси *x*-ов) в соответствии с формулой $\Delta t_k = \dfrac{\lambda_e}{\sqrt{c^2 - V^2}}$, где $\lambda_e = 2\pi r_e$, можно записать как $\nu_k = \dfrac{\sqrt{c^2 - V^2}}{2\pi r_e} = \dfrac{m_e c^2 \sqrt{1 - V^2/c^2}}{h}$. Но если $V << c$, то с большой точностью эта частота запишется как $\nu_k = \dfrac{m_e c^2}{h}$. Это и есть *частота всех трёх волн* движения электронного <u>заряда</u>: спиральной, кольцевой и продольной, если их *условно* рассматривать порознь.

Но вернёмся ещё раз к формуле (11) $2\pi\nu t - 2\pi \dfrac{l_{cn}}{\lambda_{cn}} = 0$ и запишем её по-другому. Так как при $V << c$ частота волны $\nu_k = \dfrac{m_e c^2}{h}$, то отсюда $2\pi\nu t = \dfrac{2\pi m_e c^2 t}{h} = \dfrac{1}{\hbar} \cdot E_e t$, где $E_e = m_e c^2$. А так как $\lambda_{cn} = \dfrac{c}{\nu_k} = \dfrac{h}{m_e c}$, то $2\pi \dfrac{l_{cn}}{\lambda_{cn}} = \dfrac{2\pi m_e c l_{cn}}{h} = \dfrac{1}{\hbar} \cdot p_{cn} l_{cn}$, где $p_{cn} = m_e c$. И тогда (11) запишется как $\dfrac{1}{\hbar}(E_e t - p_{cn} l_{cn}) = 0$. Отсюда скорость движения *волны заряда* и её фазы ***по спирали*** $u_{cn} = \dfrac{l_{cn}}{t} = \dfrac{E_e}{p_{cn}} = c$.

Если же по (11) *чисто формально* определять скорость движения фазовой волны с учётом формулы (4) как $u = \dfrac{E_e}{p_e} = \dfrac{mc^2}{mV} = \dfrac{c^2}{V}$, то и получим ***совершенно неверную*** её скорость. В её расчёте взята полная энергия движения электрона *по спирали* со скоростью ***c***, а импульс взят для *продольного* его смещения со скоростью *V*. Не имея никакой *наглядной физической модели* электрона и своей волны, такую ***якобы скорость*** перемещения её фазы и получил де Бройль.

Формула (11) остаётся справедливой и для кольцевой, и для продольной волн. Но при этом для кольцевой волны вместо $l_{сп}$ нужно взять l_k - путь, пройденный зарядом по кольцу за время t, а вместо $\lambda_{сп}$ взять $\lambda_e = 2\pi r_e$. А для продольной волны вместо $l_{сп}$ взять x- текущую координату волны по оси x-ов, а вместо $\lambda_{сп}$ нужно взять $\lambda_{пр}$- длину продольной волны. Но опять же формулу (11) нужно записать иначе.

Полную энергию электрона можно записать как $E_e = 2\frac{m_e c^2}{2} = 2E_{кин}$, т.е. выразив её через кинетическую энергию спирального движения. И тогда формула для спирального движения примет вид $\frac{1}{\hbar}(2E_{кин}t - p_{сп}l_{сп}) = 0$, для кольцевого $\frac{1}{\hbar}(2E_{kk}t - p_k l_k) = 0$ и для продольного $\frac{1}{\hbar}(2E_{кпр}t - p_{пр}x) = 0$. То есть здесь уже взяты энергии и импульсы для одного и того же движения. Отсюда для ***кольцевого*** движения и его фазы от условного нуля скорость будет $u_k = \frac{2E_{kk}}{p_k} = \frac{m_e(c^2 - V^2)}{m_e\sqrt{c^2 - V^2}} = \sqrt{c^2 - V^2}$.

А для ***продольного*** движения $u_{пр} = \frac{2E_{кпр}}{p_{пр}} = \frac{m_e V^2}{m_e V} = V$.

Но вернёмся ещё раз к рис. 2. Присоединённый тороидальный вихрь, хотя и входит в магнитное поле вторичных вихрей заряда, но сохраняет при этом свою структуру движения. И так как он участвует в спиральном движении всей эфирной структуры электрона в целом, то и его волновое движение можно рассмотреть точно так же, как и движение тороида электронного заряда. Но мы получим *продольную* составляющую его спиральной волны несколько проще.

Выше уже было отмечено, что элементарный эфирный (квантовый) корпускулярно-волновой объект в своём структурном движении подчиняется уравнению (8) $m_k c^2 = \frac{h}{2}\nu_k$. Откуда частота его торового вращения (тороидальной волны) будет $\nu_k = 2m_k c^2 / h$. Тогда длительность цикла вращения (период волны) составит $\Delta t = h / 2m_k c^2$. А так как это же будет и длительность периода для продольной составляющей спирального движения присоединённой волны, то длина интересующей нас *продольной волны* определится как $\lambda_{пр} = V\Delta t = hV / 2m_k c^2$. И если в это уравнение подставить m_k из формулы для присоединённого при разгоне электрона кванта $\Delta m = mV^2/2c^2$, то и получим $\lambda_{пр} = \frac{hV}{mV^2} = \frac{h}{mV}$, т.е. волну де Бройля $\lambda_{Бр} = \frac{h}{p_{пр}}$.

Таким образом, волна де Бройля при линейном движении электрона и есть волной, создаваемой эфирным вихревым квантом, возникающим на заряде электрона при его ускорении до скорости V. По-видимому, к этому имеет прямое отношение и известное в квантовой механике *соотношение неопределённостей*. Так, с одной стороны, масса присоединённого кванта m_k, вращаясь со скоростью $\sqrt{c^2 - V^2}$ на радиусе r_e, участвует в спиновом движении всей массы электрона в целом. С другой стороны, она имеет и собственное торовое вращение на радиусе r_k со скоростью c и моментом $\hbar/2$.

В заключение отметим, что все полученные в данной работе результаты находятся в полном согласии, как с общепризнанными идеями де Бройля [1, 2], так и с исправленной ***трактовкой*** *специальной теории относительности* (СТО) [5]. То есть в согласии с той её эфирной трактовкой, которую ей пытались придать в своё время ещё Г.А. Лоренц и А. Пуанкаре.

Ссылки:

1. Соколов А.А., Лоскутов Ю.М., Тернов И.М. Квантовая механика. М.: ГУПИ МП РСФСР, 1962, 592с.

2. Невесский Н.Е. О законе фазовой гармонии Луи де Бройля. http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/nevessky_o_zakone/nevessky_o_zakone.htm

3. Структура движения электрона. http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/180215170716.pdf

4. Корпускулярно-волновой дуализм природных явлений. http://new-idea.kulichki.net/index.php?mode=physics

5. Подлинный смысл специальной теории относительности. http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/13193.html