

УДК 539.124

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ФИЗИКИ. О ПРОИСХОЖДЕНИИ ВОЛНОВЫХ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОНА

Т. А. Гришина

ГП Научно-исследовательский институт электронной и ионной оптики, Москва, Россия

Выполнен анализ проведения электронов в когерентном пучке в просвечивающем электронном микроскопе. На основе результатов анализа сформулирована гипотетическая модель электрона (и протона). В этой модели предложена новая интерпретация происхождения волновых свойств и массы покоя электрона (и протона), а также новая трактовка природы элементарного заряда.

В многообразной информации, накопленной за годы существования электронной микроскопии и электронно-микроскопического приборостроения, можно выявить такие аспекты, которые позволяют использовать прибор и результаты проводимых

на нем исследований не только как средство и способ получения сведений о свойствах объекта, исследуемого в электронном микроскопе, но и как средство и способ получения сведений о свойствах и особенностях электрона.

Примером выявления и успешного использования такого непривычного аспекта является разработка электронно-оптической формулировки теории дифракционного взаимодействия электронов с кристаллической решеткой [1].

В предлагаемом исследовании предпринята попытка использовать информацию, полученную в процессе эксплуатации различных модификаций просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), чтобы возродить и наполнить новым физическим содержанием одну давнюю и забытую гипотезу о свойствах электрона.

На протяжении 1921—1925 гг. эту гипотезу пытались выдвинуть несколько раз. В числе ее сторонников был и известный физик Комптон. Суть гипотезы в том, что движению заряда электрона присущ вращательный характер [2]. Те, кто ее выдвигали, ссылались на форму треков, оставляемых электроном в камере Вильсона, и на эксперименты, демонстрирующие гироскопирующие свойства электрона. Предлагалась эта гипотеза для объяснения расщепления спектральных линий. Авторы не пытались связать вращательное движение с волновой природой электрона и с "размазанностью" его заряда. Можно предположить, что в момент формулировки гипотезы они и не были осведомлены об этих свойствах электрона. Ведь гипотеза де Бройля была сформулирована в 1923 г., а подтверждена экспериментально в 1928 г. [2].

Как бы то ни было, но гипотеза о вращательном характере движения заряда электрона была отвергнута научной общественностью и забыта.

В данной работе представление о вращательном движении заряда электрона сопоставлено с волновыми свойствами электрона и со способностью электронов к образованию когерентных пучков. Из выполненного анализа поведения электронов в когерентном пучке, проиллюстрированного примерами из многоволновой электронной интерферометрии и дифракции электронов на кристаллической решетке, сделан вывод, что причиной пространственной "размазанности" заряда свободного электрона, движущегося в составе когерентного пучка, являются перемещения заряда в плоскости, нормальной к направлению движения пучка, и что перемещениям этим присущ регулярный строго периодический характер, а не случайный и вероятностный, как этого можно было бы ожидать, следуя представлениям модели волнового пакета.

Опираясь на такой вывод, предложена гипотетическая модель электрона (и протона). В этой модели сформулированы новые представления о происхождении волновых электромагнитных и инерциальных свойств свободного электрона (протона).

КОГЕРЕНТНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ И ВОЛНОВАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРОНА

Создание ПЭМ в 30-е годы и отмеченное Нобелевской премией в 1986 г. [3] по сути ознаменовало возникновение в вакуумной электронике нового направления. Для этого направления главным используемым свойством электрона стала его волновая природа.

В ПЭМ приходится иметь дело с потоком свободных, почти моноэнергетических электронов, движущихся в заданном направлении вдоль электронно-оптической оси прибора со скоростью, превышающей половину скорости света. Вся совокупность электронов, движущихся в этом почти параллельном пучке, ведет себя как плоская монохроматическая волна. Когерентный характер этой волны обнаруживается практически во всех режимах работы и модификациях ПЭМ, но нагляднее всего проявляется в голографическом режиме (режиме электронного интерферометра), когда модулирующее воздействие, расщепляющее ее волновой фронт, является одноименным.

И хотя когерентность реального электронного пучка является только частичной, что обусловлено конечными размерами эффективных источников электронов

(пространственная или поперечная когерентность) и неизбежностью разброса электронов по энергиям (временная или продольная когерентность), по мере приближения к получению идеального строго параллельного пучка строго моноэнергетических электронов степень когерентности неуклонно возрастает.

Уменьшение размера эффективного источника от десятков микрон до десятков нанометров [4] при замене термоэмиссионного катода в электронной пушке на автоэмиссионный обеспечивает возрастание числа интерференционных полос на голограмме от нескольких десятков до двух-трех тысяч [5]. Это убеждает, что к идеальному пучку в полной мере будет применено понятие "когерентность", как его применяют к любому совокупному волновому процессу, подразумевая полную согласованность, синфазность периодических изменений, свойственных дискретным составляющим этого совокупного волнового процесса [6].

Реальное существование такой согласованности для электронов выявлено в экспериментах с многоволновыми электронными интерферометрами [7, 8]. Расщепление волнового фронта в работе [7] осуществлялось набором из нескольких одинаковых нитей бипризм, расположенных параллельно друг другу. Число нитей варьировалось от 1 до 6, число перекрывающихся и интерферирующих компонент расщепленного волнового формата — соответственно от 2 до 7. Было установлено, что с ростом числа компонент пучка, участвующих в интерференции, видность полос существенно увеличивается. В работе [8] аналогичные эффекты удалось наблюдать в многоплановом электронном интерферометре с двумя скрещенными нитями бипризм.

Синфазность электронов, образующих параллельный моноэнергетический пучок обнаруживается и при взаимодействии с кристаллической решеткой. Поле кристалла по отношению к такому пучку может себя вести как чисто фазовая дифракционная решетка по отношению к плоской монохроматической волне [1].

Приведенные экспериментальные факты свидетельствуют, что развитие электронной микроскопии не только расширило возможности в исследовании микроструктуры вещества. Обогатились и сведения о свойствах самого электрона, в частности об особенностях его волновой природы. Тем не менее, представления о сущности волновой природы электрона остались в рамках модели волнового пакета [9, 10], как они сложились после первого экспериментального подтверждения гипотезы де Бройля [2]. Сегодня, как и тогда, волновую природу электрона, "размазанность" его заряда по области пространства с размерами, равными длине волны электрона, сводят к неопределенности, к вероятностному характеру локализации точечного элементарного заряда.

Способность электронного пучка к когерентности позволяет предложить альтернативную трактовку происхождения волновой природы электрона. Когда электрон принадлежит к моноэнергетическому параллельному пучку, то "размазанность" его заряда по области пространства с размерами, равными длине волны электрона, может быть обусловлена только наличием независимых от движения пучка перемещений точечного заряда по плоскости, перпендикулярной к направлению распространения пучка. Согласованность поведения электронов в нескольких компонентах расщепленного пучка, наблюдаемая в экспериментах с многоволновой интерференцией, позволяет предположить, что этим поперечным перемещениям, "размазывающим" заряд электрона, присущ регулярный периодический характер, а не случайный и хаотический, как можно было бы ожидать, руководствуясь представлениями модели волнового пакета.

ТРАЕКТОРИЯ И СКОРОСТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Способность электронных пучков к когерентности дает основание интерпретировать движение точечного заряда свободного электрона как одновременное участие в двух разных по характеру движениях. Одно из них — дрейф в направлении z , совпадающем с направлением перемещения пучка, т. е. с направлением перемещения электрона как единого целого. Второе движение, в котором участвует

заряд электрона, — периодические перемещения в плоскости (x, y) , приводящие к “размазыванию” заряда электрона по области размером λ_e . Такая интерпретация позволяет говорить о результирующей траектории, по которой движется заряд электрона, и о скорости, с которой осуществляется это результирующее движение.

Если предположить, что периодические перемещения в плоскости (x, y) не связаны ни с каким преимущественным направлением, можно описать их как равномерное движение по кругу, что полностью соответствует гипотезе, о которой упоминалось во введении.

Суперпозиция дрейфовой компоненты и равномерного движения по кругу в плоскости, перпендикулярной к направлению дрейфа, обуславливает результирующее движение заряда свободного электрона по спиральной траектории. Поскольку скорость перемещения пучка свободных электронов может достигать значений, сколь угодно близких к предельно возможной — к скорости света, а длина волны электрона меняется с изменением скорости, и при скоростях, достаточно близких к предельной, может стать сколь угодно малой, закономерно предположить, что точечный заряд электрона всегда движется по спиральной траектории с предельной скоростью — со скоростью света.

Геометрические параметры спиральной траектории заряда электрона можно уточнить, основываясь на других известных свойствах электрона. Размер витка спирали определяется длиной волны электрона. Условимся считать длину витка спирали равной длине волны λ_e

$$\lambda_e = \frac{h}{\left| \vec{P}_e \right|} = \frac{h}{\left| m \vec{v} \right|}, \quad (1)$$

где h — постоянная Планка; \vec{P}_e — импульс электрона; \vec{v} — скорость перемещения электрона как единого целого; m — масса электрона. Направление осевой линии спирали совпадает с направлением перемещения электрона как единого целого, а следовательно, и с направлением импульса электрона. Величина шага спирали — отрезка осевой линии, соединяющего центры двух следующих друг за другом витков, равна пути, пройденному электроном за период

$$\tau = \frac{\lambda_e}{c} \quad (2)$$

прохождения точечным зарядом полного витка спирали. Шаг спирали определяется выражением

$$L_e = \tau v = \lambda_e \frac{v}{c} = \frac{h}{mc} = \lambda_e \beta.$$

СВЯЗЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА И РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОПРАВК

И размер витка, и шаг спирали зависят от скорости перемещения электрона. Однако характер зависимости существенно различается. Размер витка с изменением скорости электрона от 0 до c меняется от бесконечности до нуля, а шаг спирали имеет верхний предел, равный

$$L_{e \text{ макс}} = \frac{h}{m_0 c} = 2,44 \cdot 10^{-10} \text{ см},$$

где m_0 — масса покоя электрона.

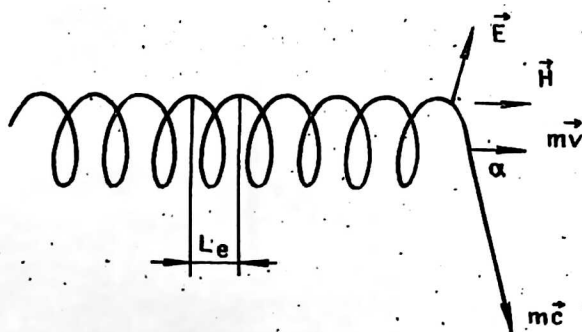
Для нерелятивистских электронов в достаточно обширном диапазоне энергий шаг спирали остается практически постоянным и равным верхнему пределу $L_e \text{ макс}$.

Релятивистским изменениям массы электрона сопутствуют изменения геометрических параметров в спиральной траектории точечного заряда. В диапазоне нерелятивистских энергий при $0 \leq \beta \leq 0,05$; $E \leq 640$ эВ масса электрона остается практически неизменной, равной массе покоя. При этом остается справедливым соотношение $\lambda_e \gg L_e$, а форма витка спирали остается очень близкой к окружности. По мере возрастания энергии электрона и релятивистской поправки к его массе возрастания энергии электрона и релятивистской поправки к его массе, форма витка все сильнее отличается от окружности, а при $\beta > 0,32$; $E > 29$ кэВ, шаг спирали уже превышает диаметр ее витка.

Импульс электрона $\vec{P}_e = m\vec{v}$, направленный вдоль осевой линии спирали, представляет собой проекцию импульса точечного заряда $m\vec{c}$, направленного по касательной к витку спирали. Отсюда следует, что в рамках предлагаемой модели электрона отношение скорости электрона к скорости света и релятивистская поправка для массы электрона приобретают простой и наглядный геометрический смысл. Обе они выступают как тригонометрические функции угла α между направлением осевой линии спиральной траектории точечного заряда электрона и направлением касательной к витку спирали и описываются соотношениями (рисунки).

$$\left| \vec{P}_e \right| = m \left| v \right| = mc \cdot \cos \alpha; \quad \beta = \frac{v}{c} = \cos \alpha; \quad (3)$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{m_0}{\sin \alpha}. \quad (4)$$



К разработке спиральной электромагнитной модели электрона. Отмечены направления скоростей перемещения и компонент электромагнитного поля: α — угол прецессии γ — кванта, характеризующий геометрический смысл релятивистских поправок

Приращение импульса электрона $\Delta \vec{P}_e$, проводимому целесообразно рассчитывать с помощью соотношения

$$\Delta \vec{P}_e = \int_0^{\tau} \vec{F}(t) dt,$$

где $F(t)$ — мгновенное значение силы, действующей на заряд электрона, движущийся по витку спирали; τ определяется соотношением (2).

ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОНА

Физическая сущность предлагаемой здесь модели электрона раскрывается глубже при анализе и сопоставлении предельных состояний электрона при $\beta \rightarrow 0$ и при $\beta \rightarrow 1$.

При $\beta \rightarrow 0$, когда скорость электрона (и его импульс) стремится к нулю, радиус витка спирали становится бесконечно большим, виток спирали вырождается в прямую линию, угол α стремится стать прямым углом. Таким образом, "неподвижный" электрон — электрон с нулевым импульсом и нулевой скоростью — это объект, обладающий конечной массой и движущейся со скоростью, равной скорости света, по прямолинейной траектории (по витку спирали бесконечного радиуса).

В другом предельном случае, когда $\beta \rightarrow 1$, $L_e \rightarrow \lambda_e$, $\alpha \rightarrow 0$, спираль растягивается в прямую линию, импульс электрона неограниченно возрастает, а скорость его стремится к предельно достижимой — к скорости света.

Таким образом, электрон в дух своих предельных состояний: и в состоянии, когда импульс его стремится стать бесконечно большим, и в "неподвижном" состоянии, с импульсом, равным нулю, представляет собой точечный объект, движущийся со скоростью света по прямолинейной траектории. Однако в одном их предельных состояний масса этого объекта является конечной величиной, равна массе покоя электрона, а в другом предельном состоянии — масса этого же объекта неограниченно возрастает, стремясь к бесконечности.

Ответственным за столь резкое различие значений массы (и импульса) одного и того же объекта, по-видимому, следует считать соотношение направлений движения точечного заряда и магнитного дипольного момента, возбуждаемого этим движущимся зарядом.

В самом деле, направление осевой линии спирали задает направление магнитного поля, возбуждаемого точечным зарядом, движущимся по спирали. Угол α , фигурирующий в соотношениях (3) и (4), оказывается в то же время и углом между направлениями импульса точечного заряда и магнитного поля, возникающего в процессе движения этого заряда. Импульс электрона оказывается равным проекции импульса точечного заряда на направление магнитного поля, создаваемого движением этого заряда. В предельных состояниях: при $\beta \rightarrow 0$, $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$, а при $\beta \rightarrow 1$, $\alpha \rightarrow 0$.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРОНА

Нетрудно заметить, что по своей физической сути "неподвижный" электрон, обладающий нулевым импульсом и нулевой скоростью, неотличим от γ -кванта с энергией

$$E_\gamma^e = m_0 c^2 = 511 \text{ кэВ} = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ эрг} = h \nu_\gamma^e \quad (5)$$

с частотой, длиной волны и импульсом

$$\nu_\gamma^e = \frac{m_0 c^2}{h} = 1,2 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}. \quad (6)$$

$$\lambda_{\gamma}^e = \frac{c}{v_{\gamma}^e} = \frac{b}{m_0 c} = 2,44 \cdot 10^{-10} \text{ см} = L_{e \text{ макс.}} \quad (7)$$

$$\left| \vec{P}_{\gamma}^e \right| = \frac{b}{\lambda_{\gamma}^e} = \frac{h v_{\gamma}^e}{c} = m_0 c = 2,7 \cdot 10^{-17} \text{ г} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^{-1}.$$

По аналогии можно утверждать, что энергия, частота, длина волны (максимальный шаг спирали) и импульс подобного эквивалентного кванта для протона должны быть соответственно

$$E_{\gamma}^p = m_p c^2 = 940 \text{ МэВ} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ эрг} = h v_{\gamma}^p; \quad (5a)$$

$$v_{\gamma}^p = \frac{m_p c^2}{h} = 2,27 \cdot 10^{23} \text{ с}^{-1}; \quad (6a)$$

$$\lambda_{\gamma}^p = \frac{c}{v_{\gamma}^p} = \frac{h}{m_p c} = 1,32 \cdot 10^{-13} \text{ см} = L_p \text{ макс.}, \quad (7a)$$

$$\left| \vec{P}_{\gamma}^p \right| = m_p c = 5 \cdot 10^{-14} \text{ г} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Если допустить, что сходство с γ -квантом не просто внешнее, возникает возможность предложить принципиально новую электромагнитную модель электрона (и протона). Согласно этой модели, в основе электрона (и протона) лежит такой же квант электромагнитного возбуждения, макая же поперечная электромагнитная волна с периодическим возбуждением электрической и магнитной компонент, перемещающаяся в пространстве со скоростью, равной скорости света, какие характерны для электромагнитного излучения во всем диапазоне частот от радио волн до γ -излучения. От плоскополяризованного фотона, для которого справедливы соотношения

$$\vec{P} \perp \vec{E}; \quad \vec{E} \perp \vec{H}; \quad \vec{H} \perp \vec{P} \quad (8)$$

и, следовательно, проекции импульса \vec{P} на направления электрической \vec{E} и магнитной \vec{H} компонент всегда равны нулю, этот квант электромагнитного возбуждения отличается тем, что для него соотношения (11) не выполняются. Это электромагнитное возбуждение характеризуется циркулирующей (круговой) поляризацией, поскольку, перемещаясь в пространстве, испытывает процессию (α — угол прецессии) и движется не по прямой линии, а по спиральной кривой (см. рисунок).

ПРОЯВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Прецессия, сопутствующая циркулирующей поляризации, осуществляется в рассматриваемом случае вокруг направления магнитной компоненты. Это означает, что магнитная компонента прецессирующего электромагнитного возбуждения имеет преобладающую составляющую, направленную вдоль оси спирали. Эта составляющая создает дипольный магнитный момент электрона. Электрическая компонента прецессирующего электромагнитного возбуждения имеет преобладающую составляющую, направленную по радиусу витка спирали. Циркулируя, она создает радиальное распределение электрического поля, примерно эквива-

лентное поле, которое мог бы создать точечный электрический монополю, движущийся по оси спирали. Направленность электрического поля, а значит и знак заряда эквивалентного электрического монополя, по-видимому, определяется углом прецессии. Это означает, что один и тот же квант электромагнитного возбуждения, испытывая прецессию, может вести себя и как электрон, и как позитрон. В одном случае угол прецессии будет острым, а другом — тупым. И в том, и в другом случае прецессирующий квант электромагнитного возбуждения из γ -диапазона воспринимается нами как электрический монополю, обладающий дипольным магнитным моментом и волновыми свойствами.

Полную энергию электрона, отождествляемого с прецессирующим квантом электромагнитного возбуждения, можно представить в виде

$$E_{\gamma}^e \text{ суммарн} = E_e = mc^2 = b v_{\gamma}^e \text{ суммарн} = b \sqrt{(v_{\gamma}^e)^2 + (v_{\text{цирк}})^2}. \quad (9)$$

Суммарная частота, фигурирующая в выражении для энергии прецессирующего кванта, получается путем квадратичного суммирования частоты электромагнитного колебания v_{γ}^e и частоты циркулирования

$$v_{\text{цирк}} = \frac{1}{\tau} = \frac{c}{\lambda_e} = \frac{v_{\gamma}^e}{\text{tg } \alpha}. \quad (10)$$

Для нерелятивистского электрона $v_{\text{цирк}} \ll v_{\gamma}^e$ и выражение (9) для полной энергии можно с учетом (10), (5) и (8) переписать в виде

$$E_{\gamma}^e \text{ суммарн} = E_e = b v_{\gamma}^e \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{v_{\text{цирк}}}{v_{\gamma}^e} \right)^2 \right] = E_{\gamma}^e + \frac{b^2}{2m_0 \lambda_e^2}. \quad (9a)$$

(Полную энергию электрона, находящегося в несвободном состоянии, т. е. электрона, связанного с единичным атомом или с ансамблем атомов и характеризующего отрицательной энергией, по-видимому, следует описывать теми же соотношениями (9) и (9a), заменив плюс на минус).

Подставив в (7) вместо v_{γ}^e значение $v_{\gamma}^e \text{ суммарн}$ из (9) можно получить выражение для импульса прецессирующего кванта в виде

$$P_{\gamma}^e \text{ суммарн} = \frac{b v_{\gamma}^e \text{ суммарн}}{c} = mc = \frac{\overset{\rightarrow}{|P_{\gamma}^e|}}{\sin \alpha}. \quad (11)$$

Поскольку при наличии прецессии направление этого суммарного импульса непрерывно меняется, результат перемещения, сопровождаемого прецессией, воспринимается как "размазывание" точечного возбуждения по области конечного размера и распространение его в направлении, вокруг которого совершается прецессия, т. е. в направлении оси спирали. Это результирующее распространение "размазанного" возбуждения осуществляется не с предельной скоростью c , а с меньшей скоростью, определяемой соотношением (3). Отсюда можно заключить, что уравнение (11) описывает мгновенный суммарный импульс прецессирующего кванта, и только проекция этого мгновенного импульса на направление

результатирующего перемещения воспринимается нами как импульс электрического монополя

$$\vec{P}_{\gamma}^e \text{ результир} = \vec{P}_{\gamma}^e \text{ суммарн} \cos \alpha = mc \cos \alpha \, mv = P_e.$$

Именно эта неизменная составляющая мгновенного суммарного импульса определяет реальную (регистрируемую в дифракционных и интерференционных экспериментальных эффектах) длину волны (1) прецессирующего кванта электромагнитного возбуждения. Эта реально регистрируемая длина волны соответствует не неизменной собственной частоте (6) электромагнитного колебания, а изменяемой частоте циркулирования (10).

Состояние прецессии выступает здесь не только как способ осуществления круговой поляризации, но и как фактор, изменяющий и энергию, и импульс, и регистрируемую частоту (длину волны), и скорость распространения, и направление распространения электромагнитного возбуждения.

Если допустить, что во всем диапазоне частот электромагнитных колебаний круговая поляризация фотона сопряжена с прецессией и перемещением возбуждения по спирали, шаг которой не превышает длины волны фотона, то изложенные выше представления можно было бы применить для объяснения происхождения некоторых свойств света.

Можно было бы, например, замедление распространения света в среде по сравнению с пустотой представить как следствие возникновения прецессии фотонов (не обязательно вокруг направления магнитной компоненты фотона), а для количественной характеристики состояния прецессии оперировать углом прецессии

$$\alpha = \arccos \left(\frac{v}{c} \right) = \arccos \left(\frac{1}{n} \right),$$

где v — скорость распространения света в среде;

c — скорость распространения света в пустоте;

n — светоптический показатель преломления среды.

При таком подходе преломление и дисперсию света, а точнее говоря, лежащие в основе этих явлений взаимосвязанные изменения скорости и направления распространения света при переходе его из одной среды в другую, можно было бы интерпретировать как результат скачкообразного изменения угла прецессии фотона на границе двух сред.

Сплошной характер спектров излучения при дискретном характере спектров, испускаемых атомами и молекулами, также можно было бы объяснить прецессией фотонов.

МАССА И ЗАРЯД ЭЛЕКТРОНА

В представлениях предлагаемой здесь электромагнитной модели электрона отношение скорости электрона к скорости света и релятивистская поправка для массы электрона, определяемые соотношениями (3) и (4), приобретают не только формальный геометрический, но и совершенно определенный физический смысл. Они оказываются тригонометрическими функциями угла прецессии γ -кванта. Происхождением своим они обязаны тому, что состояние прецессии эквивалентно одновременному участию в двух не зависящих друг от друга перемещениях, совершаемых с разными скоростями.

Необходимо подчеркнуть, что в рамках предлагаемой электромагнитной модели, заряд и масса заряженной частицы не имеют конкретного материализованного носителя. Наличие у электрона массы покоя (массы инерции) можно объяс-

нить существованием поперечной компоненты суммарного импульса, которая составляет m_0c . Поперечная компонента импульса непрерывно меняет свое направление, а потому не делает вклада в результирующий импульс, но на суммарную энергию влияет. Релятивистские изменения массы электрона количественно характеризуют прецессию, являющуюся причиной возникновения этой самокомпенсирующейся поперечной компоненты суммарного импульса.

И если о массе электрона можно говорить как об эквиваленте некоторой доли суммарной энергии прецессирующего кванта, то заряд электрона — элементарный заряд, равный

$$e = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ ед. СГСЕ} = \frac{\sqrt{hc}}{3\pi^2}.$$

Этот заряд (на основе совпадения размерностей) можно рассматривать как эквивалент потока электрической индукции, создаваемого электрической компонентой прецессирующего γ -кванта. Заряд в общепринятом понимании, как источника стационарного и изотропного электрического поля, одновременно и непрерывно возбуждаемого по всем направлениям, такого заряда (точечного или протяженного) индукции, описываемый электромагнитной моделью, вообще не имеет. Поток индукции, создаваемый электрической компонентой прецессирующего кванта, имеет импульсный характер, одновременно существует только в одном определенном направлении, меняет свое направление скачками, попеременно занимая ряд дискретных направлений, и всегда направлен по радиусу витка спирали.

Длина волны электрона характеризует путь, который должен быть пройден квантом электромагнитного возбуждения, чтобы направление потока индукции, создаваемого его электрической компонентой, прошло полный круг, а электрическое поле электрона “перебрало” все возможные направления, т. е. из выражения (2) характеризует промежуток времени, необходимый для этого.

В работе [11] разработан способ описания взаимодействия полей, возбуждаемых частицами, несущими описанный выше элементарный заряд. Он назван моделью попарных элементарных взаимодействий и оперирует дискретными актами обмена приращения импульса, рассчитываемыми с помощью закона Кулона. Далее в [11] модель попарных элементарных взаимодействий применена для обоснования и разработки новой трактовки связанного состояния электрона и протона в атоме водорода.

В этой трактовке связанное состояние представлено как согласованные перемещения частиц в окрестностях общего центра, стимулируемые регулярными дискретными актами обмена приращениями импульса. Характер согласования таков, что конфигурация взаимного расположения частиц в ходе перемещений регулярно воспроизводится.

О ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ МАГНИТНОГО МОНОПОЛЯ

Если изложенные выше представления о происхождении электромагнитных свойств электрона справедливы и существование заряда отрицательного электрического монополя-электрона действительно обусловлено прецессией циркулярно поляризованного γ -кванта вокруг направления его магнитной компоненты, и если допустить, что возможна аналогичная прецессия циркулярно поляризованного γ -кванта вокруг направления его электрической компоненты, закономерно ожидать, что результатом такой прецессии должно стать возникновение движущегося магнитного монополя, обладающего электрическим дипольным моментом.

В таком случае следовало бы допустить и возможность существования атомарной субстанции магнитной природы на основе объединения магнитных монополий противоположного знака — аналогов электрона и протона.

Выводы

На основе анализа факторов, обеспечивающих способность электронных пучков к когерентности, сформулирована гипотетическая модель электрона (и протона). Частицу, несущую единичный элементарный заряд, предлагается рассматривать как одну из форм существования электромагнитного возбуждения, а именно, как квант электромагнитного возбуждения из γ -диапазона, находящийся в состоянии циркулирующей поляризации, а потому характеризуемый двумя частотами. Одна из частот является собственной частотой электромагнитного колебания.

Она не подвержена никаким изменениям под влиянием внешних воздействий и всегда остается неизменной. Вторая частота является частотой повторяемости пространственной ориентации электрической и магнитной компонент в процессе циркулирования. Она способна меняться под воздействием приложенного извне поля. Как и плоскополяризованный квант, электромагнитное возбуждение, характеризуемое циркулирующей поляризацией, перемещается в пространстве с предельной скоростью, равной скорости света. Однако перемещение это непрерывно меняет свое направление, прецессирует синхронно с изменениями направлений электрической и магнитной компонент, а потому совершается не вдоль прямой, а вдоль спирали. Результат перемещения, сопровождаемого прецессией и совершаемого по спирали, воспринимается наблюдателем как распространение "размазанного" возбуждения вдоль оси спирали, которое осуществляется не с предельной, а с меньшей скоростью.

Энергию и импульс частицы, а также скорость, массу и релятивистские поправки к ним удалось представить в виде функций частот (собственной частоты и частоты циркулирования), характеризующих состояние кванта.

Наличие у прецессирующего кванта самокомпенсирующейся поперечной компоненты импульса — компоненты, которая не участвует в реальном результирующем импульсе, но делает вклад в полную энергию прецессирующего кванта, становится причиной несоответствия друг другу реальных, регистрируемых экспериментально значений его энергии и импульса. Это несоответствие воспринимается как наличие у прецессирующего кванта массы покоя (инерционной массы).

Прецессия, сопутствующая циркулирующей поляризации, осуществляется таким образом, что магнитная компонента имеет преобладающую составляющую, направленную вдоль оси спирали. Эта составляющая создает дипольный магнитный момент электрона. Электрическая компонента имеет преобладающую составляющую, направленную по радиусу витка спирали. Циркулируя, она создает радиальное распределение электрического поля, примерно эквивалентное полю, которое мог бы возбудить точечный электрический монополю, движущийся по оси спирали. Заряд этого электрического монополю (элементарный заряд) предложено интерпретировать (исходя из совпадения размерностей) как эквивалент потока электрической индукции, создаваемого электрической компонентной электромагнитного возбуждения.

Литература

1. Гришина Т. А., Гришина В. Ю. // Изв. РАН. Сер. Физ. 1995. Т. 59. № 2. С. 113—120, 126—132.
2. Шпольский Э. В. Атомная физика. — М.: Наука, 1984. Т. II.
3. Руска Э. // УФН 1988. Т. 154. Вып. 2. С. 243—259.
4. Спенс Дж. Экспериментальная электронная микроскопия высокого разрешения. — М.: Наука 1986.
5. Osaka be N., Endo J., Matsuda T., Tomomura A. and Fukuhara A. // Phys. Rev. Lett, 1989. V. 62. № 25. P. 2969—2972.
6. Перина Я. Когерентность света. — М.: Мир, 1974.
7. Стоянова И. Г., Анаскин И. Ф. Физические основы методов просвечивающей электронной микроскопии. — М.: Наука, 1972.

8. Kawasakі T., Missirolі G. F., Pozzi G. and Tomоmuro A. // Optіk, 1993. V. 92 № 4. P. 168—174.
9. Мотт Н., Снеддон И. Волновая механика и ее применения. — М.: Наука, 1966.
10. Шифф Л. Квантовая механика. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1959.
11. Гришина Т. А. К вопросу о происхождении волновых, электромагнитных и инерциальных свойств электрона: Деп. в ВИНТИ, № 3260—В96.

Автор выражает благодарность В. Ю. Гришиной за помощь в процессе работы над статьей, а также Б. Н. Васичеву, А. Е. Лукьянову и В. Н. Тихонову за высказанные замечания.

ELECTRON MICROSCOPY AS A TOOL FOR THE FUNDAMENTAL PHYSICAL PROBLEMS DECIDING. ARISING OF THE ELECTRON WAVE, ELECTROMAGNETIC AND INERTIAL PROPERTIES

T. A. Grishina

Research Institute for Electron and Ion Optics, Moscow, Russia

The movements of electrons in transmission electron microscope coherent beam was analysed. From the analysis results hypotetical model of electron (and proton) is formulated. In this model the new interpretations for the wave properties and the mass at rest of electron (and proton) arising and the new treatment for the nature of the elementary charge are proposed.