

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.122.2

НОВЫЙ ВЗГЛЯД И ПОДХОД НА ФИЗИЧЕСКИЕ И КВАНТОВЫЕ СВОЙСТВА ФОТОНА

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.72.625](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.2.72.625)**Григорьев-Фридман С.Н.***(НИИРФИ при ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород)*

UDK 539.122.2

NEW LOOK AND APPROACH TO PHYSICAL AND QUANTUM PROPERTIES OF PHOTON

Grigoryev-Fridman S.N.*(Nizhny Novgorod research radiophysical institute
at the Nizhny Novgorod state university named after Nikolai Ivanovich Lobachevsky,
Nizhny Novgorod-city)*

АННОТАЦИЯ

Выявлены новые физические свойства фотона, как квазинейтральной элементарной частицы, на атомно-молекулярном уровне взаимодействия излучения и поглощения фотонов при переходе электронов с внешних, удалённых орбит атомов вещества на более низкую орбиту вращения вокруг ядра атомов. Опытным путём обнаружен быстроменяющийся во времени и в пространстве, собственный орбитальный отрицательный и положительный заряды фотона. Рассмотрено использование идеи российских учёных о наличии постоянно изменяющегося во времени и в пространстве собственного орбитального заряда фотона при создании сверхмощного и дальнего действия боевого лазера.

ABSTARCT

New physical properties of photon as quasineutral elementary particle were revealed at the atomic-molecular level of interaction of radiation and photon absorption during the transition of electrons from external, remote orbits atoms of matter to lower orbit of rotation around the nucleus of atoms. Empirically discovered rapidly changing in time and space, its own orbital negative and positive charges of photon. The use of the idea of Russian scientists about the presence of photon its own orbital charge constantly changing in time and space when creating super-powerful and long-range combat laser is considered.

Ключевые слова: фотон; электрон; позитрон; калибровочный бозон; фермион; синхрофазотрон; адронный коллайдер; лазер; спин; собственный орбитальный момент фотона; инерция орбитального вращения фотона; собственный орбитальный заряд фотона; модулированный лазерный луч; электромагнитная волна; лазерное излучение; длина волны; частота сигнала; квант; когерентность; масса фотона; скорость фотона; период; импульс фотона; энергия фотона; оператор Гамильтона; оператор возмущения; теорема У. Фарри; принципа дополнительности Н. Бора; неопределённость Гейзенберга.

Keywords: photon, electron; positron; calibration boson; fermion; synchrophasotron; hadron collider; laser; spin; intrinsic orbital moment of photon; inertia orbital rotation of photon; intrinsic orbital charge of photon; modulated laser beam; electromagnetic wave; laser radiation; wavelength; signal frequency; quantum; coherence mass of photon; photon speed; period; photon momentum; photon energy; Hamilton operator; disturbance operator; theorem of Wendell Farry; principle complementarity of Niels Bohr's; Heisenberg uncertainty.

Введение. Основным проблемам квантовой механики и элементарным частицам в отечественной литературе [1–13] и в иностранных изданиях [14–17] посвящён достаточно обширный материал. В этой связи необходимо отметить, что все предыдущие исследования основывались лишь на классическом, академическом уровне развития современной квантовой теории излучения, поглощения, отражения и распространения фотонов, в представлении устаревшей точки зрения, что фотон представляет из себя лишь плоскую, поперечную электромагнитную волну, в оптическом диапазоне, распространяющуюся в открытом пространстве со скоростью света. При этом у отечественных и зарубежных учёных в этой области знания, накопилась обширная информация

на основе лабораторно-экспериментальных исследований об характере и механизме поведения известных науке элементарных частиц в открытом пространстве и при взаимодействии с физическим веществом, с учётом распределения электромагнитного и гравитационного полей, в частности же выявлены более новые физические свойства фотона, на атомно-молекулярном уровне взаимодействия излучения и поглощения фотонов при переходе электронов с внешней, удалённой орбиты атомов вещества на более низкую орбиту вращения вокруг ядра атомов.

В свете последних теоретических исследований и их экспериментальных подтверждений на экспериментальном полигоне, в адронном коллайдере Лос-Аламоской

национальной лаборатории министерства энергетики США (Los-Alamos National Laboratory USA), в интервале времени, доступном для обнаружения, фиксации и изучения самой квантовой природы существования, быстроменяющегося во времени и в пространстве, собственного орбитального отрицательного и положительного заряда фотона, как наподобие у электрона и его античастицы — позитрона.

Если на более ранних этапах исследования фотон изучался в камере Вильсона-Скобельцына, счётчике Гейгера-Мюллера, пузырьковой камере Глейзера, счётчике Черенкова, в виде трековых траекторий движения и фиксации всего этого на фотоэмульсионной плёнке, когда время наблюдения за самими экспериментами определялось в интервале $\tau = 1 \cdot (10^{-12} \dots 10^{-15})$ с. Тогда как, при взаимодействии двух встречных потоков фотонов, в адронновском коллайдере время наблюдения физических процессов ещё более уменьшается до интервала $\tau = 1 \cdot (10^{-18} \dots 10^{-20})$ с. В этом случае наличие быстроменяющегося собственного орбитального заряда у фотонов следует объяснить не только влиянием переменных электромагнитных полей, в частности же сильного электрического поля, но и возрастающим влиянием общего гравитационного поля в период взаимодействия физического вещества с излучающим, узкокогерентным пучком фотонов, его частичным поглощением и отражением, при квантовом переходе электрона с одного уровня на другой вокруг ядра атома [4–9, 11–17].

Если же в ускорителе элементарных частиц в подмосковном г. Серпухове и в синхрофазотроне на экспериментальном полигоне в Объединённом институте ядерных исследований в подмосковном г. Дубне, использовался принцип взаимодействия потока элементарных частиц, как электрон, позитрон, протон, нейтрон, фотон и др. в ускоряющем электромагнитном поле с материалом физического вещества, то в американском адронновском коллайдере Лос-Аламосской национальной лаборатории использовался принцип взаимодействия двух встречных ускоряющихся потоков элементарных частиц, например, пучков фотонов друг с другом, также в ускоряющем электромагнитном поле, но при этом мощность физического взаимодействия встречных ускоренных потоков частиц (фотонов) будет приблизительно в 2,5 раза больше, чем по сравнению с серпуховской или дубненской российскими конструкциями ускорителя движения элементарных частиц, как основы оснастки и общей технологии в современных ядерных исследованиях по мирному использованию выделяемой огромной энергии при прохождении управляемой термоядерной реакции расщепления изотопов урана U_{92}^{235} и U_{92}^{238} , в обогащениях изотопов плутония Pu_{94}^{239} в современных ядерных реакторах.

Теоретические основы на классический взгляд природы частицы фотон. В конце 2019 г. учёные из Лос-Аламосской национальной

лаборатории — Томас и Эдвард Ли Янг (Thomas and Advard Lee Yung) на одном из современных испытательных полигонах с синхрофазотроном и ускорителем элементарных частиц, типа адронновского коллайдера, провели ряд опытов и наглядных физических экспериментов в области обнаружения и фиксации собственного, постоянно изменяющегося во времени и в пространстве, орбитального заряда у квазинейтральной элементарной частицы фотона.

Фотоны разгоняются, во внутренней структуре инвертирующего кристалла, до больших значений их кинетической энергии, согласно квантовой теории и формуле (1):

$$\overline{E}_\phi = m_\phi c^2, \quad (1)$$

где m_ϕ — релятивистская масса фотона; $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек — скорость света в свободном (воздушном) пространстве или в вакууме.

Часто применяется величина — приведённая постоянная М. Планка, описываемая выражением (2):

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \text{const}. \quad (2)$$

С другой стороны, электрон, переходящий из верхнего, удалённого уровня своей орбиты, на более низкую, излучает фотон. При этом происходит дискретное излучение энергии узконаправленным пучком фотонов, так называемыми порциями кванта, согласно формуле М. Планка (3):

$$\overline{E}_\phi = h\nu = \hbar\omega, \quad (3)$$

где $h = 6,626070040(81) \cdot 10^{-34}$ Дж·с ($\hbar = 1,054571800(13) \cdot 10^{-34}$ Дж·с) — постоянная М. Планка; ω , МГц — циклическая (угловая) частота входного сигнала; T , с — период колебания волны; ν , МГц — частота входного сигнала.

Приравнявая оба значения энергии излучающего фотона получаем (4):

$$\overline{E}_\phi = m_\phi c^2 = h\nu = \hbar\omega. \quad (4)$$

Откуда, точное релятивистское значение массы фотона, при его движение в открытом воздушном пространстве или вакууме определяется из выражения (4), согласно формуле (5):

$$m_\phi = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{\hbar\omega}{c^2}. \quad (5)$$

Из курса классической электродинамики известно, что фазовая скорость волны сигнала в обычной оптически более плотной среде

определяется через скорость света, согласно выражения (6):

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0} \sqrt{\mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_a} \sqrt{\mu_a}} = \left(\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_a \cdot \mu_a}} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \right)}{\sqrt{\varepsilon_a \cdot \mu_a}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_a \cdot \mu_a}}, \quad (6)$$

где $v = f(\varepsilon_a, \mu_a) \Big|_{\substack{\varepsilon_a \geq \varepsilon_0 \approx 1; \\ \mu_a \geq \mu_0 \approx 1}} \leq c$ —

фазовая скорость плоской, монохроматической, электро-магнитной волны в оптически плотной среде (газы, жидкости, твёрдые тела); $\varepsilon_a \geq \varepsilon_0 \approx 1$ и $\mu_a \geq \mu_0 \approx 1$ — относительные соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемости оптически плотной среды; $\varepsilon_0 \approx 1$ и $\mu_0 \approx 1$ — относительные соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемости свободного воздушного пространства (вакуума).

Откуда получаем скорость плоской, монохроматической, электромагнитной волны в оптически плотной среде, согласно выражения (7):

$$c = v \sqrt{\varepsilon_a \cdot \mu_a}. \quad (7)$$

Окончательно, точное релятивистское значение массы фотона, при его движение в оптически плотной среде определяется из выражения (7), согласно формуле (8):

$$m_{\phi} = \frac{\hbar \omega}{v^2 \varepsilon_a \mu_a}. \quad (8)$$

Следует заметить, что масса самого электрона — есть величина квазистатическая, не зависящая от частоты сигнала на входе, тогда как у фотона масса полностью зависит от частоты входного сигнала, то есть масса фотона будет для каждой частоты, своего диапазона, отдельная, отличающаяся друг от друга. Следовательно, интенсивность, инверсность, мощность и сила лазерного излучения сильно зависят от диапазона рабочих частот входного сигнала.

Необходимо помнить, что действительная (реальная) масса фотона, в состоянии покоя равна нулю $m_{\phi 0} = 0$, то есть у фотона существует только так называемая релятивистская масса, отличная от нуля. Таким же образом обстоит дело и со скоростью фотона, которая в состоянии покоя отсутствует $v_{\phi 0} = 0$ и существует лишь тогда, когда фотон движется со скоростью света как поперечная электромагнитная волна, в определённой среде.

Также следует учесть, что собственный спин фотона равен: $S_{\phi} = \hbar$. Спиральность фотона равна $H_{\phi} = \pm 1$. Количество спиновых состояний фотона

равно $Q_{S\phi} = 2$. Зарядовая чётность фотона отрицательная — $Ch_{\phi} = -1$.

Общий, суммарный заряд фотона всегда равен нулю за полный период времени $T = 2\pi$: $\sum_{\phi} Q_{2\pi} = Q_{1+} + Q_{2+} + Q_{3-} + Q_{4-} = 1^+ + 0^+ + 1^- + 0^- = +1e + 0 - 1e - 0 = 0$. Согласно рис. 1, за первую четверть своего периода $0 \leq T_1 \leq \frac{\pi}{2}$ собственно говоря заряд квазинейтральной частицы начинает по экспоненциальному закону огибающей функции (описывающей векторный потенциал фотона: $\vec{A}_n(\vec{r}, t) = A_0(\vec{r}) \cdot e^{-i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega \cdot t)} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot n}{\ell} \cdot \vec{r}\right)$, где радиус-вектор определяется как $\vec{r} = r(x, y, z)$) увеличиваться $Q_{1+} > 0^+ = +0e$. При этом сам заряд фотона имеет своё максимальное положительное значение, равное заряду позитрона (античастицы электрона, со спином $S_{p+} = \frac{1}{2} \hbar$): $Q_{1+} = 1^+ = +1e$, в своей точке при $T_{1max} = \frac{\pi}{2}$. Необходимо заметить, что в этой точке собственный орбитальный момент вращения фотона вокруг своей оси равен: $L_{1+} = +1$. За следующую, вторую четверть своего периода, при $\frac{\pi}{2} \leq T_2 \leq \pi$, значение заряда фотона начинает уменьшаться по экспоненте со своего максимального значения $Q_{1+} = 1^+ = +1e$, до нуля $Q_{2+} = 0^+ = +0e$, то есть поперечная, монохроматическая, электромагнитная волна проходит через своё первое нулевое значение, когда сам фотон практически теряет свою скорость, останавливается, имеет практически свою нулевую массу покоя, при этом у фотона, в этот момент времени, также отсутствуют энергия и импульс движения. Согласно рис. 1, в этой точке собственный орбитальный момент вращения фотона относительно своей оси равен: $L_{0+} = L_{0-} = 0$. Проскакивая через нулевую точку, заряд фотона начинает по модулю снова увеличиваться, также по экспоненциальному закону от нуля $Q_{3-} = 0^- = -0e$ до $Q_{3-} = 1^- = -1e$, за период $\pi \leq T_2 \leq \frac{3\pi}{2}$. При этом сам заряд фотона имеет своё максимальное отрицательное значение, равное заряду электрона (со спином $S_{e-} = \frac{1}{2} \hbar$): $Q_{3-} = 1^- = -1e$, за последующую третью четверть периода электромагнитной волны, при $T_{3min} = \frac{3\pi}{2}$.

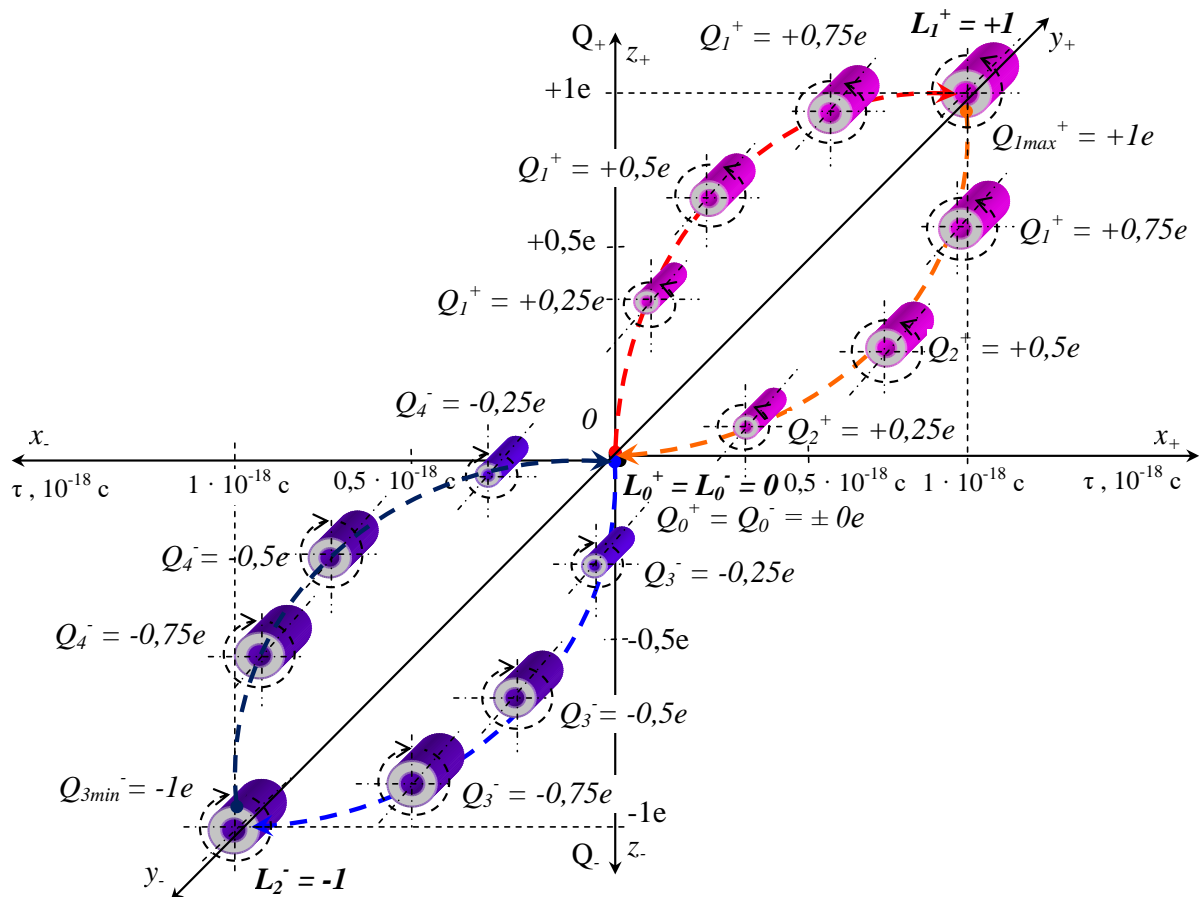


Рис. 1. Спинно-орбитальная модель существования фотона и изменение его собственного орбитального заряда за время наблюдения $\tau = 2 \cdot 10^{-18}$ с.

Стоит отметить, что в этой точке собственный орбитальный момент вращения фотона вокруг своей оси равен: $L_2^- = -1$. После этого, за следующую, четвертую четверть своего периода, при $\frac{3\pi}{2} \leq T_4 \leq 2\pi$, значение заряда фотона по модулю начинает уменьшаться по экспоненте со своего максимального отрицательного значения $Q_3^- = 1^- = -1e$, до нуля $Q_4^- = 0^- = -0e$, то есть поперечная, монохроматическая, электромагнитная волна проходит через своё второе нулевое значение, когда фотон так же снова теряет свою скорость, останавливается, имеет практически свою нулевую массу покоя, при этом у фотона также, в этот момент времени, отсутствуют энергия и импульс движения.

Вследствие закона сохранения зарядовой чётности и её мультипликативности, в электромагнитных явлениях невозможно превращение чётного числа фотонов в нечётное и наоборот, исходя из теоремы У. Фарри, так как фотон относится к так называемым калибровочным бозонам, где он участвует в электромагнитном и гравитационном взаимодействии с веществом в природе. Причём часть своего активного времени фотон проводит в качестве виртуальной частицы — векторного мезона или же как виртуальной пары — адрон-антиадрон. Все атомы в природе состоят из

протонов и нейтронов, которые называются адронами.

Необходимо особо подчеркнуть, что фазовый переход в изменении заряда фотона, например, из состояния $Q_{1max}^+ = +1e$, равного заряду позитрона, в $Q_{3min}^- = -1e$, равного элементарному заряду электрона, в своём принципе невозможен, из-за нарушения хотя бы, принятого в квантовой механике, принципа дополнительности Н. Бора [5-11]. Возможны переходы из состояния $Q_{1max}^+ = +1e$, в состояние $Q_0^+ = +0e$, и обратно — $(Q_{1max}^+ = +1e) \leftrightarrow (Q_0^+ = +0e)$, а также из состояния $Q_{3min}^- = -1e$, в состояние $Q_0^- = -0e$, и обратно — $(Q_{3min}^- = -1e) \leftrightarrow (Q_0^- = -0e)$. Дело в том, что собственные орбитальные моменты вращения фотона вокруг своей оси взаимно противоположны, в силу того, что в квантовой механике за положительное направление вращения собственного орбитального момента вращения фотона относительно своей оси принято направление против часовой стрелки, и он равен: $L_1^+ = J_1 \cdot \omega = +1$. Если же направление вращения собственного орбитального момента вращения фотона относительно своей оси будет по часовой стрелке, то оно будет считаться отрицательным и, следовательно, его значение в этом случае равно $L_2^- = J_2 \cdot \omega = -1$. Причём $J_1 = -J_2$ представляют собой противоположно направленные инерции вращения

самого фотона относительно орбитальной оси вращения, при различных переходах. За весь минимальный период $T_{\min} = 2\pi$ фотон характеризуется изменением своего заряда от «+1e» до «-1e», при этом проходя через свою характерную нулевую точку «±0e» где электрический заряд в ней также равен нулю.

Общее время изменения собственного заряда фотона равно в среднем $\tau \approx 2 \cdot 10^{-18}$ с. Время существования положительного или отрицательного собственного заряда фотона равно $\tau \approx 0,2 \cdot 10^{-18}$ с, когда величина положительного заряда равна $Q^+ = +0,8e \dots +1e$ и отрицательного заряда равна $Q^- = -0,8e \dots -1e$.

Фотон представляет собой своеобразный энергетический электромагнитный диполь, постоянно меняющийся во времени и в пространстве, тем самым подчиняясь, квантовому принципу неопределённости Гейзенберга (9):

$$(\Delta x \cdot \Delta p) \geq \frac{\hbar}{2}, \quad (9)$$

Измеряя величину среднеквадратического отклонения координаты Δx и среднеквадратического отклонения импульса Δp , и при этом, обладая известной скоростью света, фотон допускает неограниченную точность измерения своих координат во времени и в пространстве, а значит и своего, изменяющегося собственного орбитального заряда.

При отражении от зеркальной поверхности или при прохождении сред с градиентом плотности, то есть при явлениях аберрации, опытным путём обнаруживается изменение направления движения фотона [5]. Во всех этих приведённых случаях фотоны не поглощаются веществом, и явно не входят с носителями вещества в контактное взаимодействие, то есть в формате элементарных частиц среды. Однако при этом происходит смена направления и поляризации

фотона [7]. Такое поведение фотона, как фермион-частицы, возможно только под действием постоянных электрических полей, формируемых электронами и протонами среды. Анализ множества экспериментов указывает, что действенным фактором при этих взаимодействиях является не только величина поля, но ещё и градиент, следовательно, фотон является отличным квантовым детектором градиента электрического поля [9].

Нестационарная теория возмущений. Пусть H_0 — так называемый оператор спокойствия, представляющий из себя, не зависящий от времени гамильтониан квантовой системы в отсутствие внешних электрических и магнитных полей. Для этого гамильтониана уравнение Шрёдингера допускает своё точное решение. Тогда полный гамильтониан H этой системы в присутствии нестационарного внешнего поля [8, 11, 12–17] имеет классический вид (10):

$$H = H_0 + V(\vec{r}, t), \quad (10)$$

где $V(\vec{r}, t)$ — оператор возмущения, описывающий взаимодействие внешнего электромагнитного поля с квантовой системой. Теория возмущений используется при выполнении следующего условия (11):

$$V(\vec{r}, t) \ll H_0. \quad (11)$$

Пусть квантовая система находится в поле падающей, монохроматической электромагнитной волны, характеристики которого периодически меняются со временем с частотой ω . Тогда оператор возмущения $V(\vec{r}, t)$ также будет периодически меняться со временем с той же частотой ω , следовательно, он может быть записан в виде (12):

$$V(\vec{r}, t) = 2 V(\vec{r}) \cos \omega t = V(\vec{r}) e^{i\omega t} + V(\vec{r}) e^{-i\omega t}. \quad (12)$$

Введём обозначение $V^{\pm}(\vec{r}, t) = V(\vec{r}) e^{\pm i\omega t}$, тогда оператор возмущения $V(\vec{r}, t)$ принимает следующий вид (13):

$$V(\vec{r}, t) = V^+(\vec{r}, t) + V^-(\vec{r}, t). \quad (13)$$

В первом порядке, зависящей от времени теории возмущений вероятность перехода

$$w = \frac{2\pi}{\hbar} \left| \int \Psi_f^* V(\vec{r}) \Psi_i d\vec{r} \right|^2 \rho_f(E_f) = \frac{2\pi}{\hbar} \left| \langle f | V(\vec{r}) | i \rangle \right|^2 \rho_f(E_f) \quad (14)$$

Причём переходы происходят в состояния, обладающие энергией $E_f = E_i \pm \hbar\omega$ и плотностью $\rho_f(E_f)$ (E_i и E_f — собственные значения оператора H_0 , отвечающие собственным функциям Ψ_i и Ψ_f).

Возмущение $V^+(\vec{r}, t)$ приводит к тому, что квантовая система теряет энергию $\hbar\omega$ путём вынужденного испускания, $E_f = E_i - \hbar\omega$. Под действием возмущения $V^-(\vec{r}, t)$ система приобретает

энергию $\hbar\omega$ и $E_f = E_i + \hbar\omega$. Мы будем рассматривать лишь последний случай, соответствующий поглощению энергии электромагнитного поля, оставляя в операторе возмущения $V(\vec{r}, t)$ лишь второе слагаемое $V^-(\vec{r}, t)$, которое зависит от времени как $e^{-i\omega t}$.

Квантовая система в поле плоской электромагнитной волны. Рассмотрим случай, когда на квантовую систему падает плоская монохроматическая электромагнитная волна. Тогда полный гамильтониан H системы частиц и электромагнитного поля [4, 6, 11–17] имеет вид (15):

$$H = H_0 + H_{el} + V(\vec{r}, t), \quad (15)$$

где H_0 — гамильтониан системы в отсутствие внешних электрических и магнитных полей,

$$H_{el} = \frac{1}{8\pi} \int (\vec{E}^2 + \vec{H}^2) dx dy dz = \frac{1}{8\pi} \int (\vec{E}^2 + \vec{H}^2) d\vec{r}, \quad (17)$$

где \vec{E} и \vec{H} — напряжённости электрического и магнитного полей.

Если поле квантовано и представляет собой совокупность n фотонов энергии $\hbar\omega$, то тогда энергия такого электромагнитного поля определяется выражением (18):

$$H_{el} = n\hbar\omega. \quad (18)$$

Выражение для оператора $V(\vec{r}, t)$ имеет в случае бесспиновых частиц вид (19):

H_{el} — гамильтониан электромагнитного поля и $V(\vec{r}, t)$ — гамильтониан взаимодействия системы с электромагнитным полем, представляющий собой оператор возмущения.

В дальнейшем под системой будем понимать совокупность \vec{A} нерелятивистских частиц. Тогда отсюда имеем выражение (16):

$$H_0 = \sum_{a=1}^A \frac{\mathbf{p}_a^2}{2m_a} + \sum_{a < b} W_{ab} \quad (16)$$

где \mathbf{p}_a и m_a — оператор импульса и масса частиц системы, W_{ab} — энергия взаимодействия частиц «a» и «b». H_{el} — энергия электромагнитного поля. Классическое выражение для энергии электромагнитного поля [11, 12] принимает вид (17):

$$V(\mathbf{r}, t) = -\frac{1}{c} \sum_{a=1}^A \frac{e_a}{m_a} \mathbf{A} \mathbf{p}_a, \quad (19)$$

где e_a — электрические заряды частиц системы, m_a — масса частиц системы, \vec{A} — векторный потенциал электромагнитной волны в той точке, где находится частица «a».

Конкретизируем это выражение для случая, когда система поглощает падающую на неё плоскую монохроматическую электромагнитную волну. Векторный потенциал \vec{A} такой волны [11, 12] можно записать в виде (20):

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = 2A_0 \varepsilon \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t) = A_0 \varepsilon e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)} + A_0 \varepsilon e^{-i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)} \quad (20)$$

где \vec{k} — волновой вектор, направление которого определяет направление распространения волны (где $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \cdot \vec{n}$, а \vec{n} — единичный вектор в направлении \vec{k}), и $\vec{\varepsilon}$ — единичный вектор поляризации излучения.

Векторный потенциал \vec{A} должен удовлетворять условию (21):

$$\text{div} \vec{A} = 0. \quad (21)$$

Для плоской, поперечной, электромагнитной волны, поляризованной перпендикулярно

направлению распространения, условие (21) равносильно требованию (22):

$$(\vec{k}\vec{\varepsilon}) = 0, \quad (22)$$

Подставляя в формулу (19) для $V(\vec{r}, t)$ лишь первый член из выражения (20) для векторного потенциала плоской волны, который имеет отрицательную частоту и, следовательно, отвечает за поглощение излучения, получаем (23):

$$V(\mathbf{r}, t) = v(\mathbf{r}) e^{-i\omega t} = -A_0 \varepsilon e^{-i\omega t} \cdot \frac{1}{c} \sum_{a=1}^A \frac{e_a}{m_a} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}_a} \mathbf{p}_a. \quad (23)$$

Причём из материального уравнения (24):

$$\vec{A}_0 = A_0 \vec{e}. \quad (24)$$

Для оператора возмущения $v(\vec{r})$ имеем в итоге выражение (25):

$$v(\vec{r}) = -\frac{1}{c} A_0 \sum_{a=1}^A \frac{e_a}{m_a} e^{i\vec{k}\vec{r}_a} \vec{p}_a \quad (25)$$

Классическое представление излучения и фотоны. Выше было указано, что электромагнитное поле излучения фотона представлено в классической форме ($\text{div} \vec{A} = 0$) плоской поперечной монохроматической электромагнитной волны (21). Из курса квантовой механики известно, что электромагнитная волна, состоящая из фотонов, не может иметь любую интенсивность [4, 6, 11-15, 17]. Для этого амплитуду векторного потенциала A_0 нормируем так, чтобы она соответствовала n фотонам в единице объёма. В этом случае усреднённая по времени плотность энергии электромагнитной волны будет равна энергии n фотонов, согласно выражению (26):

$$\frac{1}{8\pi} \langle \vec{E}^2 + \vec{H}^2 \rangle = n\hbar\omega, \quad (26)$$

Используя выражения (27)...(29):

$$\langle \vec{E}^2 \rangle = \langle \vec{H}^2 \rangle, \quad (27)$$

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}, \quad (28)$$

$$\langle \sin^2 \omega t \rangle = \frac{1}{2}, \quad (29)$$

получаем значение усреднённой по времени плотности энергии электромагнитной волны для n фотонов, согласно выражению (30):

$$\frac{1}{8\pi} \langle \vec{E}^2 + \vec{H}^2 \rangle = \frac{A_0^2 \omega^2}{2\pi c^2}. \quad (30)$$

Приравняв между собой два выражения (26) и (30), получаем равенство (31):

$$\frac{A_0^2 \omega^2}{2\pi c^2} = n\hbar\omega. \quad (31)$$

Откуда получаем значение нормированной амплитуды векторного потенциала A_0 для n фотонов в единице объёма, в соответствии с выражением (32):

$$A_0 = \sqrt{\frac{2\pi\hbar n}{\omega}} \cdot c. \quad (32)$$

Так как нам важен только процесс поглощения излучения фотонов, то в дальнейшем для плоской электромагнитной волны используем следующее выражение (33)

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \sqrt{\frac{2\pi\hbar n}{\omega}} c \vec{e} e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}. \quad (33)$$

Нормируем плоскую волну так, чтобы она давала один фотон в единице объёма, тогда в конечном итоге получаем выражение (34):

$$\vec{A}(\vec{r}, t) = \sqrt{\frac{2\pi\hbar}{\omega}} c \vec{e} e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}. \quad (34)$$

Классификация фотонов и мультипольные волны. Состояния квантовых систем (атома и ядра) характеризуются определёнными значениями момента количества движения J и чётности P . Поэтому в любом процессе, в котором такие квантовые системы переходят из одного состояния в другое, должны учитываться правила отбора по моменту и чётности. Если атом или ядро переходят из одного состояния в другое в результате поглощения электромагнитного излучения, то законы сохранения момента количества движения и чётности требуют, чтобы поглощенное излучение также имело определённые значения J и P . Поэтому участвовать в атомных и ядерных процессах может лишь такое электромагнитное излучение, волновая функция которого — собственная функция операторов момента и чётности [4, 6, 11–15, 17].

Векторный потенциал $\vec{A}(\vec{r}, t)$ плоской электромагнитной волны не имеющей определённого момента и чётности, разлагается в ряд по состояниям с определёнными значениями момента количества движения J и чётности P по мультипольным волнам или мультиполям [4, 6, 11–15, 17]. Отдельные члены такого разложения будут отвечать электромагнитным волнам (фотонам) с определёнными значениями момента и чётности, которые могут быть поглощены атомами и ядрами. Наша задача состоит в том, чтобы перейти от поля фотонов с определённым значением импульса $\vec{p} = \hbar\vec{k}$ к полю фотонов с определёнными значениями момента количества движения J и чётности P .

Полный момент количества движения фотона J принимает целочисленные значения, начиная с единицы: $J = 1, 2, 3, \dots$. Невозможность для фотона $J = 0$ следует из того, что электромагнитная волна поперечна и поэтому не может быть описана сферически симметричной волновой функцией.

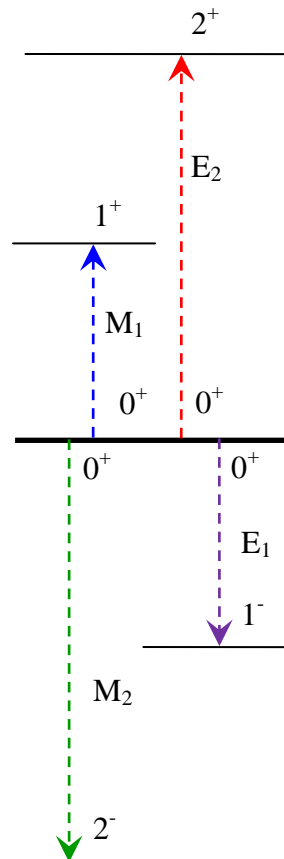


Рис. 2. Спинно-орбитальная модель функционирования конечного состояния электрических и магнитных переходов в квантовой системе фотона за время наблюдения $\tau \approx 10^{-18}$ сек, при нулевом спине $S = 0$ и уровне отсчёта, определяемым положительной чётностью $J^P_i = 0^+$.

К фотону неприменимо обычное определение спина как момента количества движения в системе покоя, так как такой системы для фотона не существует. Поскольку, фотон — квант векторного поля, а любое векторное поле пригодно для описания частицы со спином 1, рассматривая свойства векторного поля по отношению к вращениям системы координат, то фотону удобно приписать спин $S = 1$. Из этого следует, что полный момент фотона \vec{J} можно формально рассматривать как векторную сумму спинового \vec{S} и орбитального \vec{L} моментов — $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$, причём орбитальный момент L в данном случае не что иное, как ранг сферических функций Y_{Lm} , входящих в состав волновой функции фотона [4–12].

Фотоны с определённым значением J называются $2J$ -польными (дипольными, если $J = 1$; квадрупольными, если $J = 2$; октупольными, если $J = 3$ и т.д.). Для данного J квантовое число орбитального момента L может принимать три значения: $L = J+1, J, J-1$ так как спин фотона $S = 1$.

Чётность фотона P_ϕ определяется правилом, согласно выражению (35):

$$P_\phi = (-1)^{L+1}. \quad (35)$$

Поэтому фотоны с одинаковым J могут иметь различные значения орбитального момента, а

следовательно, и чётности. Фотоны, для которых орбитальный момент совпадает с полным — $L = J$, имеют чётность $(-1)^{J+1}$ и называются магнитными M_J -фотонами. Фотоны, для которых $L = J \pm 1$, имеют чётность $(-1)^J$ и называются электрическими E_J -фотонами. Таким образом, фотоны электрического типа, в отличие от фотонов магнитного типа, не имеют определённого значения орбитального момента. Их волновая функция является линейной комбинацией состояний с $L = J \pm 1$ [4–17].

Для описания электрического (EJ) и магнитного (MJ) излучений используются электрические и магнитные

потенциалы A_{JM}^E и A_{JM}^M , которые можно рассматривать как собственные функции E_J и M_J излучений, имеющих проекцию полного момента, равную M . Разложение плоской электромагнитной волны по мультиполям есть разложение по характеристическим функциям A_{JM}^E и A_{JM}^M [4–17].

Наиболее простой вид это разложение имеет тогда, когда плоская электромагнитная волна поляризована по кругу и её волновой вектор \vec{k} направлен вдоль оси Oz [4–9, 11–17]. В этом частном случае разложение по мультиполям имеет вид (36):

$$\mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = A_0 \mathbf{e}_p e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r} - \omega t)} = A_0 e^{i\omega t} \sum_{J=1}^{\infty} i^J \sqrt{2\pi(2J+1)} (i\mathbf{A}_{Jp}^E + p\mathbf{A}_{Jp}^M) \quad (36)$$

где \vec{e}_p — базисные векторы комплексной циркулярной системы координат, причём левой круговой поляризации отвечает $p = +1$, а правой $p = -1$. В соответствии с этим проекция полного момента фотона принимает значения $M = \pm 1$.

Для наиболее простого случая, когда начальное состояние квантовой системы имеет нулевой спин $S = 0$ и положительную чётность $J_p^P = 0^+$, возможные конечные состояния (J_p^P) системы, возникающие при поглощении

дипольных и квадрупольных фотонов электрического и магнитного типа, показаны на рис. 2.

Если волновой вектор \vec{k} имеет произвольное направление, то разложение по мультиполям [4–9, 11–17] представляет собой более сложное выражение (37):

$$\mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = A_0 \mathbf{e}_p e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r} - \omega t)} = A_0 e^{i\omega t} \sum_{J=1}^{\infty} \sum_{M=-J}^J i^J \sqrt{2\pi(2J+1)} D_{Mp}^J(\varphi, \theta, 0) (i\mathbf{A}_{Jp}^E + p\mathbf{A}_{Jp}^M) \quad (37)$$

где $p = \pm 1$, D_{Mp}^J — матрица вращений, зависящая от углов θ и φ , которые определяют направление волнового вектора \vec{k} в полярной системе координат. В этом случае проекция полного момента фотона M принимает все возможные значения: $M = \pm J, \pm(J-1), \dots$

Практическое применение новых квантовых свойств фотона. В последнее время началось массовое, серийное производство квантовых генераторов и источников лазерного излучения, а также микропроцессоров на квантовых началах с использованием понятия наличия и изменения собственного орбитального заряда у фотона при серийном производстве мощных, высокопроизводительных и сверхбыстродействующих современных компьютеров. Использование идеи российских учёных о наличии постоянно изменяющегося во времени и в пространстве собственного орбитального заряда фотона легло фундаментальной основой при создании сверхмощного (до 1 МВт) и дальнедействующего боевого лазера (до 220 км), используемого в ограниченном контингенте ВКС РФ в Сирии. Скорость передачи узкокогерентным пучком фотонов модулированной бит-информации в 10^{10} раз больше, чем при передаче аналогичной цифровой информации с использованием электронов в качестве основных носителей заряда и переносчиков информации от источника (передатчика) к своим потребителям (приёмнику).

В этой связи необходимо отметить, что боевой лазер, установленный на эсминцы “Ross” и “Donald Cook” ВМС США имеют мощность до 100 кВт при эффективной дальности поражения цели и противника на расстояние до 30 км. Причём, если на американских военных кораблях лазерная установка работает на полную мощность, то сам корабль или же боевой автомобиль

останавливаются и не имеют возможность идти своим ходом, т.к. не хватает необходимой проектной мощности, тем самым представляя из себя прекрасную неподвижную цель для торпедно-ракетных атак противника с подводных атомных кораблей или же надводных кораблей, с береговых ПЗРК, типа С-400 “Триумф”, а также с воздуха, используя истребители-бомбардировщики. Российский же боевой лазер состоит из одного рабочего, боевого реактора, одного резервного, контрольного реактора и одного реактора для необходимой начально-ускоряющей подкачки. Первые два (боевых) реактора работают на быстрых нейтронах, с использованием собственного, орбитального заряда у узконаправленного, когерентного пучка фотонов, летящих на обнаруженную цель или противника, а третий реактор подкачки функционирует на медленных (тепловых) нейтронах.

Российский боевой лазер работает совершенно автономно, независимо от функционирования энергетической установки военного корабля. Что является большим достижением российской военной инженерной мысли. Российская лазерная установка имеет три автономных, независимых уровня охлаждения рабочего тела — квантового автогенератора непрерывного и импульсного типа генерации фотонного пучка с выхода боевого лазера.

Выводы:

1. Выявлены более новые физические свойства фотона, на атомно-молекулярном уровне взаимодействия излучения и поглощения фотонов при переходе электронов с внешних, удалённых орбит атомов вещества на более низкую орбиту вращения вокруг ядра атомов.

2. Опытным путём обнаружен быстроменяющийся во времени и в пространстве, собственный орбитальный отрицательный и положительный заряды фотона.

3. Фотон — квазинейтральная элементарная частица в природе, обладающая быстро-меняющимся во времени и в пространстве зарядом от «-1e» — отрицательный заряд, численно равный заряду элементарного электрона и до «+1e» — положительный заряд, численно равный заряду элементарного позитрона, как античастице электрона.

Время существования положительного или отрицательного собственного заряда фотона равно $\tau \approx 0,2 \cdot 10^{-18}$ с, когда величина положительного заряда равна $Q^+ = +0,8e \dots +1e$ и отрицательного заряда равна $Q^- = -0,8e \dots -1e$.

Масса фотона будет для каждой частоты, в рассматриваемом диапазоне, своя, отдельная, отличающаяся друг от друга.

Интенсивность, инверсность, мощность и сила лазерного излучения сильно зависят от диапазона рабочих частот входного сигнала.

У фотона существует только так называемая релятивистская масса, отличная от нуля, так как его действительная (реальная) масса, в состоянии покоя равна нулю $m_{\phi 0} = 0$.

Скорость фотона в состоянии покоя отсутствует $v_{\phi 0} = 0$, так как фотон движется со скоростью света как поперечная электромагнитная волна, в определённой среде.

4. Поперечная, монохроматическая, электромагнитная волна, проходя через своё нулевое значение, характеризуется тем, что в этой точке значение заряда фотона начинает уменьшаться по экспоненте со своего максимального значения $Q_{1+} = 1^+ = +1e$, до нуля $Q_{2+} = 0^+ = +0e$, когда сам фотон практически теряет свою скорость, останавливается, имеет практически свою нулевую массу покоя, при этом у фотона, в этот момент времени, также отсутствуют энергия и импульс движения.

5. За весь период $T = 2\pi$ фотон энергетически нейтрален и его полный заряд $Q_{\phi}^{2\pi} = 0$.

6. Рассмотрена нестационарная теория возмущения квантовой системы в присутствии нестационарного внешнего поля. Возмущение $V^+(\vec{r}, t)$ приводит к тому, что квантовая система теряет энергию $\hbar\omega$ путём вынужденного испускания, $E_f = E_i - \hbar\omega$. Под действием возмущения $V^-(\vec{r}, t)$ система приобретает энергию $\hbar\omega$ и $E_f = E_i + \hbar\omega$.

7. Электромагнитное поле излучения фотона представлено в классической форме плоской поперечной монохроматической электромагнитной волны $\text{div} \vec{A} = 0$. Электромагнитная волна, состоящая из фотонов, не может иметь любую интенсивность.

8. Квантовые переходы происходят в состоянии, обладающие энергией $E_f = E_i \pm \hbar\omega$ и плотностью $\rho_f(E_f)$ (E_i и E_f — собственные значения оператора H_0 , отвечающие собственным функциям Ψ_i и Ψ_f).

9. Векторный потенциал $\vec{A}(\vec{r}, t)$ плоской электромагнитной волны не имеющей

определённого момента и чётности, разлагается в ряд по состояниям с определёнными значениями момента количества движения J и чётности P по мультипольным волнам или мультиполям. Отдельные члены такого разложения будут отвечать электромагнитным волнам (фотонам) с определёнными значениями момента и чётности, которые могут быть поглощены атомами и ядрами вещества.

10. Использование идеи российских учёных о наличии постоянно изменяющегося во времени и в пространстве собственного орбитального заряда фотона легло фундаментальной основой при создании сверхмощного (до 1 МВт) и дального действующего боевого лазера (до 220 км), используемой в ограниченном контингенте ВКС РФ в Сирии.

11. Скорость передачи узкокогерентным пучком фотонов модулированной бит-информации в 10^{10} раз больше, чем при передаче аналогичной цифровой информации с использованием электронов в качестве основных носителей заряда и переносчиков информации от источника (передатчика) к своим потребителям (приёмнику).

Библиографические ссылки

1. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. М.: ДОСААФ. 1988. 192 с.
2. Абрамов А.И., Иванов Б.И. и др. Основные тенденции развития датчиков лазерного излучения // Контенант, 2015, № 3, С. 19–26.
3. Лазарев Л.П. Оптико-электронные приборы наведения. М.: Машиностроение, 1989. 512 с.
4. Айрапетян В.С., Ушаков О.К. Физика лазеров. Новосибирск: СГГА. 2012. 134 с.
5. Леонович В.Н. Фотон квантовый. Информация к размышлению. Интернет, <http://www.proza.ru/avtor/vleonovich> сайта proza.ru, 2017. 14 с.
6. Прохоров А.М. и др. Физический энциклопедический словарь. // Под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1983. 928 с.
7. Леонович В.Н. Концепция физической модели квантовой гравитации. Интернет; <http://www.proza.ru/2011/01/12/1571> сайта proza.ru, 2011. 44 с.
8. Ораевский А.Н. Сверхсветовые волны в усиливающих средах. // Успехи физических наук. М.: ФИАН, Т. 168, № 12, 1998. С. 1311–1321.
9. Леонович В.Н. Импульс фотона, фотонный двигатель и философия. Интернет, <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/13311.html>.
10. Костюшко В.Е. Экспериментальная ошибка П.Н. Лебедева — причина ложного вывода об обнаружении им давления света. // Доклады русскому физическому обществу, Энциклопедия русской мысли. М.: Общественная польза, Т. 16, Ч. 3, 2012. С. 34.
11. Эткин В.А. Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). СПб: Наука, 2008, 409 с.

12.Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. // Под ред. В.А. Неганова и С.Б. Раевского. М.: Радиотехника. 2009. 744 с.

13.Прохоров А.М. и др. Справочник по лазерам. // Под ред. А.М. Прохорова; пер. с англ. с изм. и доп., Т. 1, 2. М.: Советское радио. 1978. 400 с.

14.Звелто О. Принципы лазеров. Пер. с англ. М.: Мир. 1990. 558 с.

15.Мэйтленд А., Дан М. Введение в физику лазеров. Пер. с англ. М.: Наука, 1978, 407 с.

16.Шноль С.Э. Космофизические факторы в случайных процессах. // Svenska fysikarkivat, Stockholm (Швеция), 2009. 388 с.

17.Фейнман Ричард, Лейтон Роберт, Сэндс Мэттью. Фейнмановские лекции по физике. Тома 8, 9-Квантовая механика, М.: Мир, 1966. 528 с.

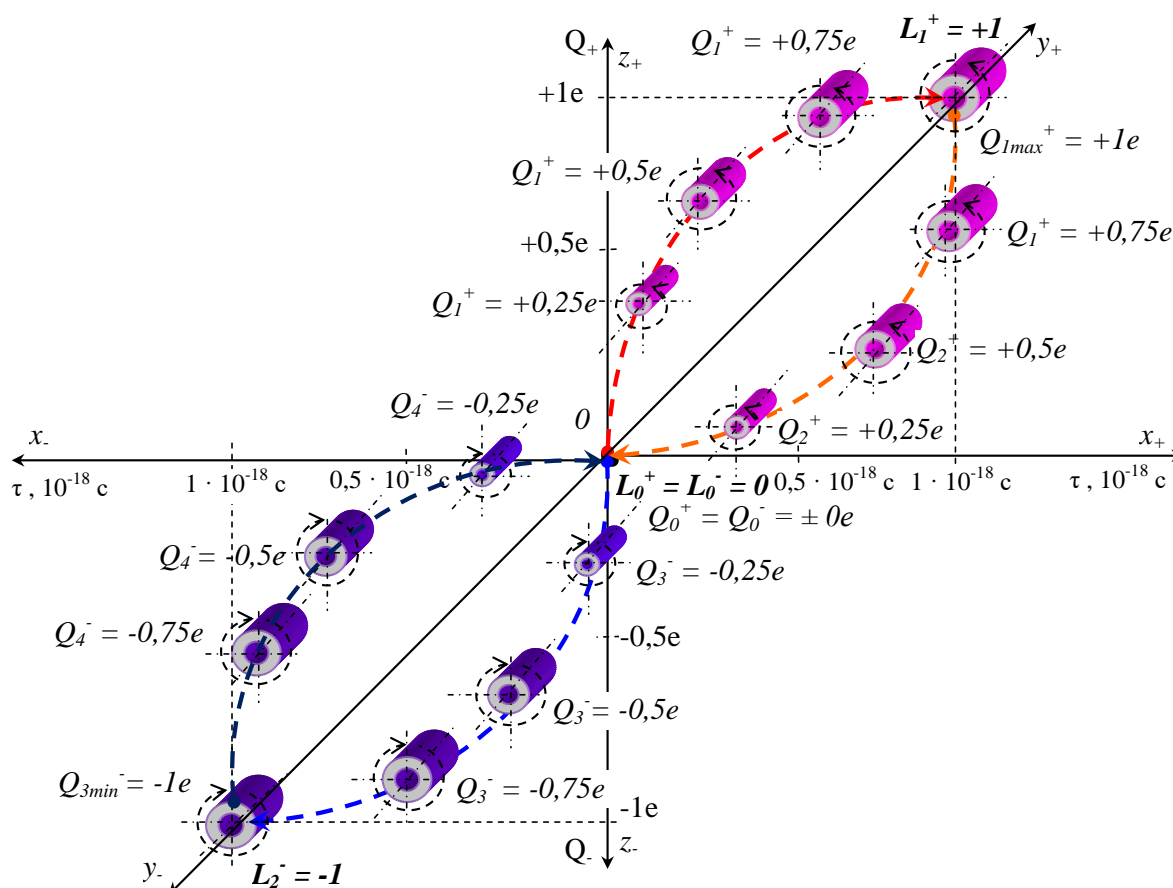


Рис. 1. Спинно-орбитальная модель существования фотона и изменение его собственного орбитального заряда за время наблюдения $\tau = 2 \cdot 10^{-18}$ с.

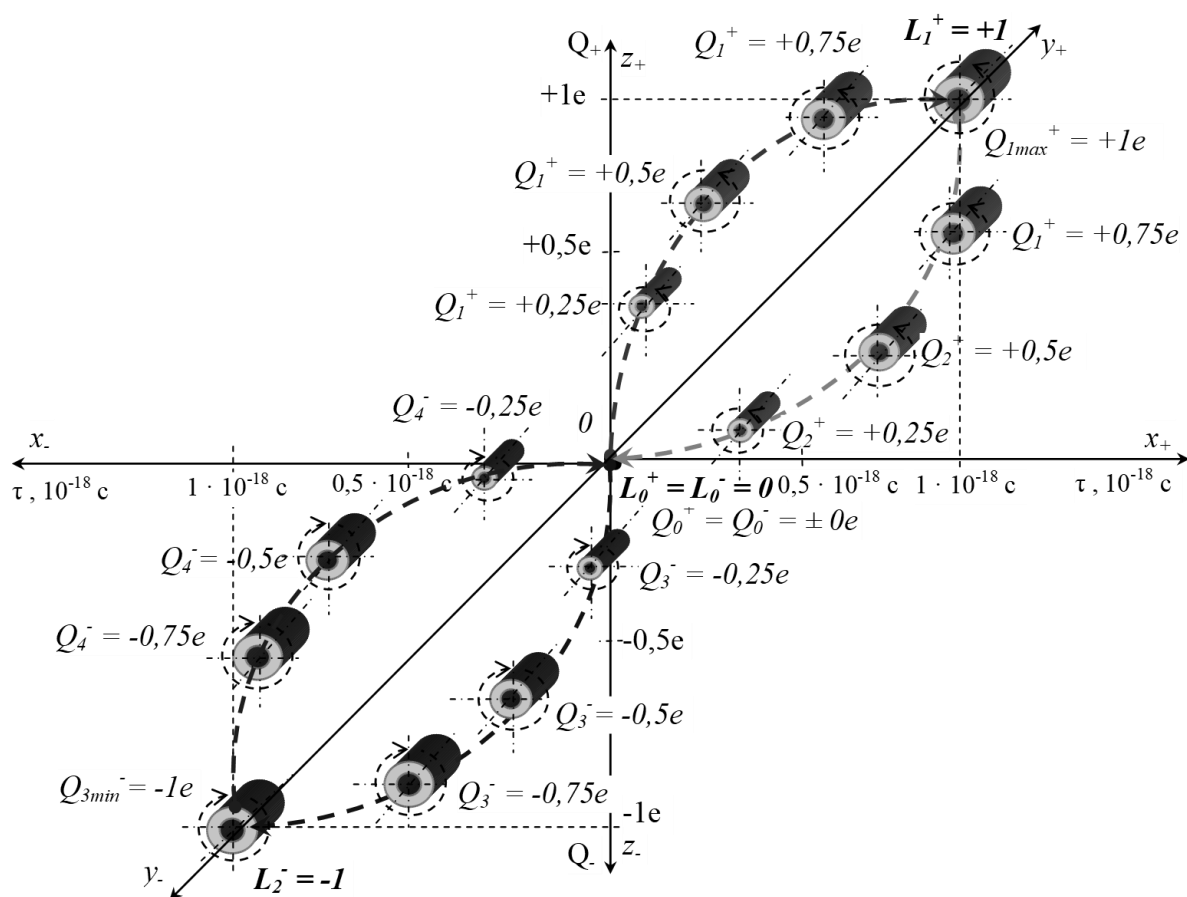


Рис. 1. Спинно-орбитальная модель существования фотона и изменение его собственного орбитального заряда за время наблюдения $\tau = 2 \cdot 10^{-18}$ с.

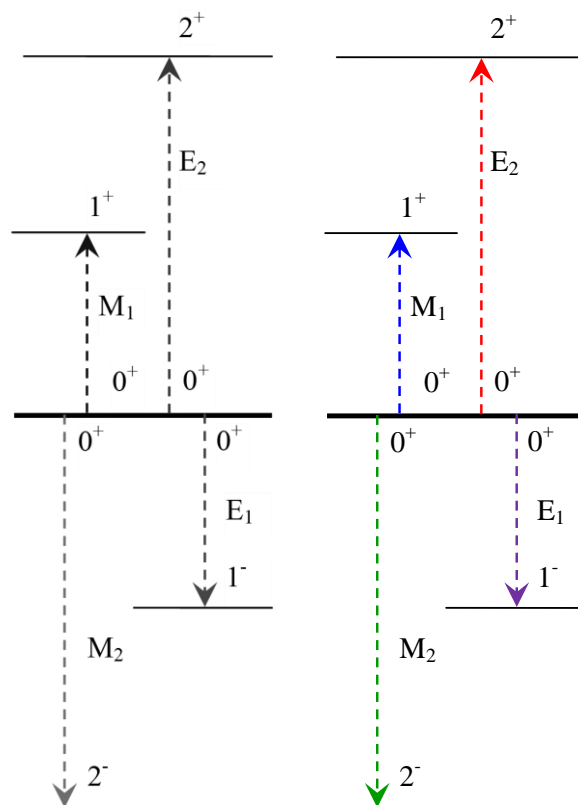


Рис. 2. Спинно-орбитальная модель функционирования конечного состояния электрических и магнитных переходов в квантовой системе фотона за время наблюдения $\tau \approx 10^{-18}$ сек, при нулевом спине $S = 0$ и уровне отсчёта, определяемом положительной чётностью $J_i^P = 0^+$