

# SOLITON AS A QUANTUM OF RADIATION

Etkin V.A.

## Abstract

The new view on process of radiation as a result of braking of orbiting electrons by an external force field is offered. The substantiation of the Planck's radiation law without hypotheses and postulates of quantum-mechanical nature is given. The sense of a constant of Planck is opened and is shown that the true quantum of radiation is the soliton.

# СОЛИТОН КАК КВАНТ ИЗЛУЧЕНИЯ

Эткин В.А.

Предложен новый взгляд на процесс излучения как следствие торможения орбитальных электронов внешним силовым полем. Дано обоснование закона излучения Планка, не опирающееся на гипотезы и постулаты квантово-механического характера. Вскрыт смысл постоянной Планка и показано, что истинным квантом излучения является солитон.

## 1. Введение.

В 1900 году М. Планк, известный своими работами по термодинамике, нашел формулу, хорошо воспроизводящую плотность излучения абсолютно чёрного тела (АЧТ) во всём диапазоне частот [1]. При этом он, как и его предшественник Рэлей, представлял себе равновесное излучение в полости абсолютно черного тела (АЧТ) как систему стоячих волн. Однако в отличие от Рэлея, предполагавшего объемную плотность излучения  $\rho_\nu$  пропорциональную числу  $N_\nu$  стоячих волн в этой полости, закон Планка предусматривал более сложную связь излучения с тепловой энергией АЧТ. Последняя характеризовалась особым, «планковским» распределением энергии по частоте  $\nu$ , отличающейся от классической статистики Максвелла-Больцмана. При этом ему пришлось выдвинуть гипотезу о дискретности энергетического спектра осцилляторов. Согласно Планку, испускание и поглощение излучения происходит порциями (квантами), названными впоследствии фотонами, энергия которых  $\varepsilon_\phi = h\nu$ , т.е. пропорциональна частоте  $\nu$  излучения. При этом излучающая полость АЧТ представлялись как набор осцилляторов, которые могли находиться только в определенных дискретных энергетических состояниях с энергиями  $\varepsilon_n = nh\nu$ , где  $n = 1, 2, \dots$  – целочисленное неотрицательное число, названное впоследствии квантовым. Эти энергетические уровни осциллятора представляли собой эквидистантный спектр с одной и той же разностью энергий  $h\nu$  любых двух соседних уровней.

Хотя выражение для плотности излучения  $\rho_\nu$ , полученное М. Планком, прекрасно описывало экспериментальные результаты, сам по себе его вывод был основан на ряде достаточно произвольных допущений и вызывал неудовлетворенность не только его самого, но и многочисленных последователей. Это побуждает к переосмыслению физических представлений, положенных им в обоснование своих допущений.

## 2. Новое представление о квантах излучения.

Известно, что полная энергия одиночного атома остается неизменной, если движение электрона происходит только под действием центральных сил [2]. Следовательно, об излучении атомом энергии можно говорить только в том случае, когда на него действуют сторонние (нецентральные) силы, исходящие от окружающих атом полей. При этом атом будет излучать энергию, если движение его электронов будет ускоренным именно по отношению к этим полям. Естественно, при этом в качестве объекта исследования следует рассматривать не одиночный атом (как в модели Н.Бора), а всю совокупность атомов вещества, находящихся во внешних силовых полях. В таком случае становится ясным, что излучение или поглощение энергии атомом возможно только тогда, когда его электроны испытывают торможение или ускорение под действием внешних сил  $\mathbf{F}$ , когда произведение сил поля  $\mathbf{F}$  на направление скорости электрона  $\mathbf{v}$  отлично от нуля. При  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} < 0$  электрон испытывает кратковременное торможение, длительность которого определяется полупериодом электромагнитной волны. Напротив, при совпадении направлений поля и электрона (когда  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} > 0$ ) возникает его ускорение. Когда же  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = 0$ , электрон движется без излучения или поглощения. Ввиду того, что процесс торможения или ускорения электронов кратковременен, сопровождающий его процесс излучения и поглощения атомами электромагнитной энергии неизбежно приобретает дискретный характер, как это и предполагал М. Планк. При этом каждый акт торможения электрона внешним полем сопровождается единичным изменением амплитуды его волны. Таким образом, квантовая природа излучения обусловлена самим характером процесса и отнюдь не противоречит классической механике. Однако при этом квантуется процесс, а не энергия как функция состояния.

Понимание многих закономерностей процесса излучения существенно облегчается, если учесть, что при изменении фазы падающей волны процесс торможения электрона сменяется его ускорением, так что электрон в этот полупериод не излучает. Следовательно, между актами излучения этого электрона имеется вполне определенный промежуток времени. Последнее означает, что модулирующая внешнее поле «волна возмущения» его распространяется в виде уединенных волн, отделенных промежутком времени. Такие уединенные волны «возвышения» принято называть солитонами. свойства солитона, как известно, во многом близки к свойствам частицы. В частности, при столкновении два солитона как бы «отталкиваются» друг от друга подобно теннисным мячам. В нелинейных средах (где скорость волны зависит от ее амплитуды) солитон представляет собой устойчивое образование (т.е. сохраняет свою форму и скорость при собственном движении и при столкновении с себе подобными волнами), если эффекты нелинейности (увеличение скорости «гребня» волны по сравнению с ее основанием) компенсируются «расползанием» волны вследствие диссипации. Пакет таких уединенных волн, «испущенных» одним электроном за период между его положениями на орбите, при которых  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = 0$ , имеет переменную амплитуду, спадающую до нуля при  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = 0$  и потому весьма сходна с цугом волн, приписываемых фотону. И тот, и другой представляет группу волн, перемещающихся с групповой скоростью, имеет переменную амплитуду, спадающую до нуля на концах пакета, и, будучи отделенными достаточным промежутком времени, воспринимаются детектором как единое целое (частица) В настоящее время класс объектов, подпадающих под понятие солитона, постоянно расширяется. Частицеподобные свойства солитонов снимают проблему дуализма «волна – частица», послужившую одной из основных причин отказа от классических концепций, поскольку объясняют, почему излучение в одних случаях обладает свойствами волны (интерференция,

дифракция, поляризация), а в других – свойствами частиц (фотоэффект, эффект Комптона). Поскольку частота осцилляций внешнего поля в общем случае отличается от периода обращения электрона вокруг ядра, электрон успевает претерпеть за один виток любой (чаще всего незамкнутой) орбиты несколько ( $n_e$ ) актов торможения или ускорения. Так, при скорости орбитального электрона  $v_e$ , равной  $1/137$  скорости света в вакууме  $c$ , и радиусе орбиты  $r$  порядка  $0,5 \cdot 10^{-8}$  м электромагнитное поле уже в оптическом диапазоне спектра (от  $1,5 \cdot 10^4$  до  $3 \cdot 10^6$  Гц) успевает претерпеть за время одного оборота электрона от 2 до 400 возмущений. Соответствующее число раз изменяется и траектория электрона, что воспринимается как ее «размытость».

В результате частоты излучения атома любого вещества  $\nu$  оказываются равными числу актов его торможения внешними (нецентральными) силами, исходящими из внешних электромагнитных полей или эфира. Это число равно произведению числа  $z$  оборотов (витков) электрона в единицу времени на число  $n_e$  актов его торможения или ускорения за один «оборот» электрона на орбите длиной (от апогея до апогея)  $L$ . Число оборотов  $z$  определяется отношением средней скорости электрона  $v_e$  на орбите к ее длине  $L$ , так что

$$\nu = n_e z = n_e v_e / L = n_e m_e v_e / m_e L = p_e / m_e l_e, \quad (1)$$

где  $v_e$ ,  $p_e = m_e v_e$  – средняя скорость и средний импульс электрона на орбите с числом актов торможения  $n_e$ ;  $l_e = L/n_e$  – средняя длина «тормозного пути» электрона.

Согласно (1), при прочих равных условиях ( $m_e$ ,  $l_e = \text{const}$ ) частоты излучения  $\nu$  оказываются пропорциональными импульсу  $p_e$  электронов, что согласуется с идеями де Бройля (1926 г.) о связи частоты волны с импульсом частицы. С другой стороны, при  $p_e = \text{const}$  на одной и той же частоте  $\nu$  излучают энергию все атомы, орбиты которых подчиняются соотношению:

$$L_e / n_e = \text{const}, \quad (2)$$

т.е. имеют одинаковую длину «пути торможения» электрона. Орбиты, характеризующиеся этим свойством, мы в дальнейшем для краткости будем называть *подобными*. При этом каждому виду атомов соответствуют определенные длины волн излучения (поглощения), зависящие от свойств самого вещества. Это также подтверждает гипотезу де Бройля о том, что волновые свойства присущи всем веществам. Кроме того, поскольку число актов торможения  $n_e$  изменяется дискретно ( $n_e = 1, 2, \dots, \infty$ ), частоты излучения образуют дискретный ряд даже в случае непрерывно изменяющихся скоростей  $v_e$  и длин орбит  $L_e$ , что также согласуется с классическими представлениями.

Введение понятия солитона как кванта излучения позволяет представить поток лучистой энергии произведением энергии одного солитона  $\epsilon_s = p_s c$  на число солитонов  $\nu$ , испускаемых одним осциллятором за единицу времени:

$$\epsilon_s \nu = (2p_s / p_e l_e) \epsilon_n, \quad (3)$$

где  $\epsilon_e = p_e^2 / 2m_e$  – средняя кинетическая энергия орбитального электрона. Согласно этому выражению, при постоянстве соотношения импульсов солитона и орбитального электрона их энергии  $\epsilon_s$  и  $\epsilon_n$  также пропорциональны:

$$\epsilon_n = (p_e l_e / 2) \nu = h_0 \nu, \quad (4)$$

где  $h_0 = p_e l_e / 2$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от параметров орбиты.

Таким образом, постулированная Планком пропорциональность энергии орбитальных электронов  $\varepsilon_n$  частоте излучения  $\nu$  является следствием многократного излучения орбитальными электронами солитонов. При этом мы вновь приходим к необходимости учета её среднестатистической величины  $\langle \varepsilon_s \rangle = \langle h_o \rangle \nu$  их энергии  $\varepsilon_s$ , однако теперь уже в зависимости не от абстрактных квантовых чисел, а от конкретного числа  $n_e$  актов торможения электрона на орбите. В этом случае применение бесконечных сумм в «планковском» распределении оказывается вполне оправданным ввиду того, что  $n_e$  могут достигать многих тысяч. Заменяя  $h$  в выражении средней величины энергии кванта  $\langle \varepsilon_n \rangle = h\nu / [\exp(h\nu/kT) - 1]$ , найденной М.Планком, на среднестатистическую величину  $\langle h_o \rangle$  коэффициента  $h_o$ , имеем:

$$\langle \varepsilon_n \rangle = \langle h_o \rangle \nu / [\exp(\langle h_o \rangle \nu / kT) - 1]. \quad (5)$$

Умножая эту величину на число  $dn_\nu$  осцилляторов в этом интервале частот  $d\nu$ , находим для функции  $\rho_\nu(\nu, T) d\nu = \langle \varepsilon_n \rangle dn_\nu$  выражение

$$\rho_\nu(\nu, T) = (\langle h_o \rangle \nu^3 / \pi^2 c^3) / [\exp(h_o \nu / kT) - 1] \text{ (Вт/м}^3\text{)}. \quad (6)$$

Этот закон излучения отличается от закона М.Планка только тем, что вместо постоянной Планка  $h$  в нем фигурирует среднестатистическая величина  $\langle h_o \rangle$  коэффициента  $h_o$ . Поскольку же обе эти величины находятся из эксперимента, это дает основание считать  $h_o \equiv h$ . Это обстоятельство проливает новый свет на структуру и физический смысл постоянной Планка, которая на поверку определяется исключительно среднестатистическими параметрами подобных орбит и приобретает смысл действия, оказываемого единичным потоком солитонов на внешнее поле излучений.

### 3. Обсуждение результатов

Данное здесь обоснование закона излучения Планка открывает возможность новой интерпретации заложенных в нем предпосылок. Прежде всего, становится совершенно ясным, что именно многократное торможение и ускорение электрона нецентральными силами порождает процесс излучения и поглощения атомом электромагнитных или эфирных волн. С этих позиций выглядит совершенно необоснованным не только утверждение о неизбежном «падении» электрона на ядро атома, но и постулат Бора о существовании «устойчивых» (неизлучающих) круговых орбит, что эквивалентно предположению о замкнутости системы атомов и каждого из них в отдельности. Становится также ясным, что излучение атома обусловлено не лишенным длительности «перескоком» электрона с одной устойчивой орбиты на другую (как это постулировалось Н.Бором), а его многократным торможением на орбите. При этом не нарушаются никакие законы классической механики, основанные на понятии взаимодействия и ускорения.

Далее, при выводе закона излучения (6) мы не прибегали ни к каким постулатам квантово-механического характера, о которых говорилось выше. Напротив, мы с самого начала признавали, что дискретность процесса излучения энергии вовсе не означает, что и сама энергия состоит из отдельных квантов и потому не может изменяться непрерывно в реальных процессах. Никому ведь не придет в голову утверждать, что океан состоит из отдельных капель, коль скоро таков пополняющий его дождь! Что же касается представления о солитонах, то оно является вспомогательным, существенно облегчающим понимание природы дуализма «волна-частица». Действительно, сами специфические свойства

солитона как частицеподобной волны объясняют, почему излучение в одних случаях проявляет свойства волны (интерференция, дифракция, поляризация), а в других – свойства частиц (фотоэффект, эффект Комптона).

Предпринятое обоснование закона излучения Планка проливает также новый свет на структуру и физический смысл постоянной Планка. Для многих исследователей оставалось непонятным, каким образом может оказываться универсальным отношение  $h/k$ , найденное из данных о спектре излучения реальных тел, из измерений фотоэффекта различных веществ, из эффекта Джозефсона и т.п., если в ее структуре заложены частные свойства АЧТ, газовая постоянная идеальных газов  $R_{\mu}$ , число Авогадро  $N_A$  и т.д. Теперь становится ясным, что это происходит благодаря усреднению величины  $h_0$  для АЧТ как тел, чья излучающая способность остается постоянной во всем диапазоне частот.

Снимаются и другие отмеченные выше противоречия, обусловленные идеей квантования не процесса излучения или уровней энергии в атоме, а самого понятия энергии. Это открывает новые возможности для органичного синтеза классической и квантовой механики. Коренным образом изменяется и представление о кванте энергии излучения. Если по Планку таким квантом являлся фотон, то теперь в роли истинного кванта излучения предстает солитон как волна, со всей очевидностью дискретная в пространстве и времени, но обладающая в то же время свойством частицы. Изменяются и представления о величине энергии этого кванта, равной частному от деления энергии фотона  $\varepsilon_{\text{ф}} = h\nu$  на число волн в волновом пакете, именуемом фотоном. Это снимает противоречия, связанные с отмеченной А.Эйнштейном избыточностью энергии фотонов сверхвысокой частоты [3].

Представление о частоте  $\nu$  как о потоке солитонов [солитон/с] легко объясняет, почему энергия излучения оказывается в конечном счете пропорциональной этой частоте  $\nu$ . Замена фотона солитоном легко объясняет также обнаруженную еще в 1967 году интерференцию фотона с самим собой. В данном случае интерферируют солитоны одного и того же пакета (цуга) волн, который состоит из множества волн, но фиксируется детектором как единое целое благодаря наличию конечного промежутка времени между этими пакетами. Не менее важным представляется и возможность вычисления на базе выражения (1) средне-статистических параметров орбиты электрона (эквивалентного радиуса круговой орбиты  $\langle r_e \rangle = \langle L_e / 2\pi z_e \rangle$ , средней скорости электронов  $\langle v_e \rangle$ , их импульса  $\langle p_e \rangle = m_e \langle v_e \rangle$  и энергии  $\langle E^k \rangle = \langle p_e^2 \rangle / 2m_e$ ), что выходит за рамки возможностей квантовой механики. Вместе с тем открываются перспективы синтеза классической и квантовой механики [4]. Все это подтверждает правоту академика Вавилова, выразившего сомнение в беспомощности волновой теории перед квантовыми законами действия света.

## Литература

1. Планк М. Избранные труды.- М. : Наука, 1975.
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. Механика. Т.1 – Механика. –М.,1973.
3. Эйнштейн А. О развитии наших взглядов на сущность и структуру излучения. // Собр. науч. трудов в 4-х томах. – М.: Наука, 1966. Т. 3, с. 181-195.
4. Эткин В.А. О законе излучения Планка. // Вестник Дома Ученых Хайфы, 2008.- Т.16, с.12-17.