

МЕХАНИЗМ КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОГО ДВИЖЕНИЯ ФОТОНОВ

Стеценко В.Ю.

*Стеценко Владимир Юзефович – доктор технических наук,
Институт технологии металлов НАН Беларуси,
Ассоциация литейщиков и металлургов Республики Беларусь,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Аннотация: фотон, подобно нейтрину, имеет массу. Это позволяет понять корпускулярно-волновой дуализм фотонов. Предложен механизм корпускулярно-волнового движения фотонов в пространстве. Этот механизм заключается в движении фотонов по траекториям винтовых спиралей. При таком движении каждый фотон одновременно вращается по окружности и движется прямолинейно в направлении импульса. Первый вид движения обеспечивает фотонам волновые свойства, а второй вид движения обеспечивает фотонам корпускулярные свойства. Движение фотонов по траекториям винтовых спиралей делает эти частицы неинерциальными, к которым неприменимы постулаты и уравнения специальной теории относительности.

Ключевые слова: корпускулярно-волновое движение, фотон, масса, винтовая спираль, частица.

MECHANISM OF PARTICULAR-WAVE MOTION OF PHOTONS

Stetsenko V.Yu.

*Stetsenko Vladimir Yuzefovich – Dr. of Engineering Science,
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF METALS OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS, ASSOCIATION
OF FOUNDRYMEN AND METALLURGISTS OF BELARUS,
MOGILEV, REPUBLIC OF BELARUS*

Abstract: a photon, like a neutrino, has mass. This allows us to understand the particle-wave dualism of photons. Disclosed is a mechanism for particle-wave motion of photons in space. This mechanism consists in the movement of photons along the trajectories of helical spirals. With this motion, each photon simultaneously rotates in a circle and moves rectilinearly in the direction of the pulse. The first type of motion provides photons with wave properties, and the second type of motion provides photons with corpuscular properties. The motion of photons along the trajectories of helical spirals makes these particles non-inertial, to which the postulates and equations of special relativity do not apply.

Keywords: particle-wave motion, photon, mass, helical spiral, particle.

УДК 539.1

Корпускулярно-волновой дуализм частиц впервые был обнаружен у фотонов [1, 2]. Экспериментально установлено, что они обладают такими волновыми свойствами, как дифракция, интерференция, поляризация. Также известно, что фотоны проявляют корпускулярные свойства: фотоэффект, эффект Комптона, давление [1, 2]. Согласно Л. де Бройлю, фотону как частице с энергией E и импульсом p соответствует волна частотой E/h и длиной h/p , где h – постоянная Планка [1, 2].

Известно, что фотоны движутся в пространстве с постоянной и предельной скоростью. Тогда не ясен волновой механизм их кооперативного движения. Если волнового кооперативного движения фотонов нет, то не ясен высокочастотный (волновой) механизм движения фотона.

Согласно Стандартной Модели (СМ) – современной теории физики элементарных частиц, фотон имеет энергию, импульс и момент импульса (спин) [1]. Кроме этого, согласно СМ, фотон является безмассовой частицей. В противном случае, согласно специальной теории относительности (СТО), фотон обладал бы бесконечной массой [2]. Стандартная модель не объясняет природу фотона, которая является противоречивой. Согласно СМ, во-первых, фотон – элементарная частица без массы, но имеет энергию, причем не ясно какую. Во-вторых, у фотона есть импульс, но нет массы. В-третьих, у фотона есть момент импульса, но фотон не может обладать вращательным движением, не имея массы. Поэтому целью настоящей работы является определение механизма корпускулярно-волнового движения фотонов.

Частицей, аналогичной фотону, является нейтрино. Из литературных источников известно, что нейтрино имеет энергию, импульс и момент импульса, но не имеет массы и движется со скоростью фотона [3, 4]. Но в 2015 году было экспериментально установлено, что нейтрино имеет массу. А. Макдональд и Т. Каджита получили Нобелевскую премию по физике за «открытие нейтринных осцилляций, показывающих, что нейтрино имеют массу» [5]. Нейтринные осцилляции заключались в том, что виды нейтрино могли взаимно превращаться друг в друга. Экспериментально установлено, что

средняя масса нейтрино составляет 0,51 эВ или $9,1 \cdot 10^{-37}$ кг [6]. Это означает, что нейтрино в миллион раз легче электрона [2].

Известен процесс взаимопревращения (осцилляции) электронно-позитронной пары в фотоны. Такая осцилляция свидетельствует о наличии у фотона массы. Процесс поглощения и испускания фотонов электроном также говорит о том, что фотоны имеют массу. Поскольку фотон и нейтрино подобны, то следует полагать, что их массы примерно равны, то есть можно принять, что масса фотона в среднем составляет $9,1 \cdot 10^{-37}$ кг. Это означает, что фотоны по массе и размеру соответственно в миллион и сто раз меньше электрона.

Наличие масс у нейтрино и фотона означает, что постулаты и уравнения СТО не распространяются на эти частицы. В противном случае фотон и нейтрино имели бы бесконечные массы и энергии. Уравнения СТО применимы к частицам, движущимся прямолинейно с постоянными скоростями (инерциальным частицам). Нейтрино и фотон не укладываются в рамки СТО только потому, что они являются неинерциальными частицами.

Следует полагать, что фотон, обладающий импульсом и моментом импульса, как частица должен вращаться по окружности с частотой света, и при этом двигаться прямолинейно со скоростью света (c). В итоге траекторией движения фотона будет винтовая спираль [7] (рис. 1).



Рис. 1. Винтовая спираль.

Движение фотонов по траекториям винтовых спиралей объясняет их корпускулярно-волновой дуализм. Он заключается в том, что каждый фотон одновременно участвует в двух видах движения – по окружности с частотой ν , тангенциальной скоростью ω и прямолинейно по направлению импульса (p) со скоростью c . Первый вид движения обеспечивает фотонам волновые свойства, а второй вид движения – корпускулярные свойства.

Проекциями траектории движения фотона массой m на плоскость $Z - Y$ является окружность радиуса R , а на плоскость $Z - X$ – косинусоида (рис. 2).

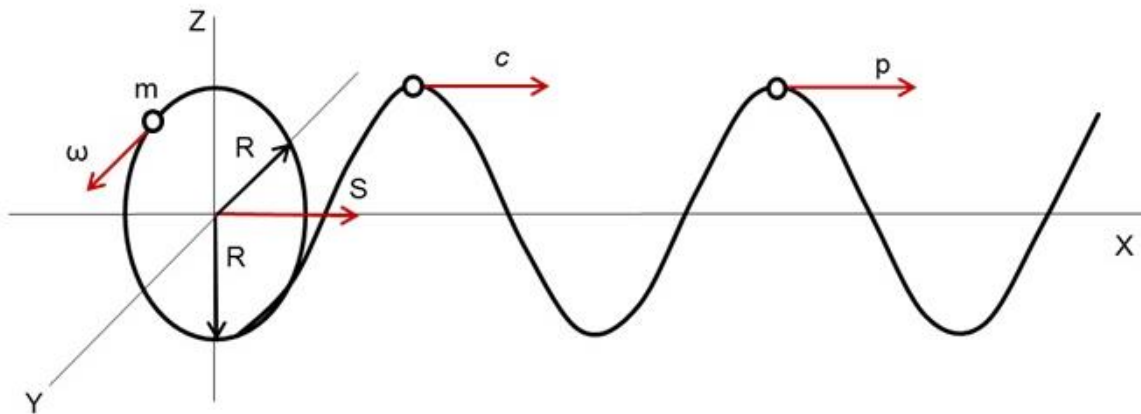


Рис. 2. Проекции траектории движения фотона по винтовой спирали.

При этом проекция спина фотона (S) на прямолинейное направление его импульса (ось X) определяется следующим уравнением [1]:

$$S = \frac{h}{2\pi} \cdot s, \quad (1)$$

где s – спиновое квантовое число фотона, равное 1 [1].

Поскольку $S = m\omega R$, то справедливо следующее уравнение:

$$h = 2\pi R m \omega. \quad (2)$$

Частота волнового движения фотона определяется следующим уравнением:

$$v = \frac{\omega}{2\pi R}. \quad (3)$$

Длина волны фотона (λ) определяется следующим уравнением:

$$\lambda = \frac{c}{v}. \quad (4)$$

Из уравнений (2) – (4) получаем следующую расчетную формулу для λ :

$$\lambda = \frac{ch}{m\omega^2}. \quad (5)$$

Из уравнений (2) и (3) имеем следующую расчетную формулу для v :

$$v = \frac{m\omega^2}{h}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) получаем следующую расчетную формулу для ω :

$$\omega = \sqrt{\frac{hv}{m}}. \quad (7)$$

Из уравнений (3) и (6) имеем следующую расчетную формулу для R :

$$R = \frac{h}{2\pi m \cdot \omega}. \quad (8)$$

Тогда, учитывая, что $c = 3 \cdot 10^8$ м/с (в вакууме); $m = 9,1 \cdot 10^{-37}$ кг, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, получим следующие значения λ , ω и R фотонов в зависимости от частоты корпускулярно-волнового излучения (таблица) [1, 2].

Таблица 1. Параметры корпускулярно-волнового движения фотонов.

Корпускулярно-волновое излучение	ν , Гц	λ , м	ω , м/с	R , м
Радиоволновое	10^5	$3 \cdot 10^3$	$8,5 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
Микроволновое	10^{10}	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^{-5}$
Инфракрасное	10^{13}	$3 \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^{-6}$
	$1,2 \cdot 10^{14}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^8$	$3,9 \cdot 10^{-7}$
Видимое	$4 \cdot 10^{14}$	$7,6 \cdot 10^{-7}$	$5,4 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^{-7}$
	$7,5 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$7,4 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
Ультрафиолетовое	10^{16}	$3 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^9$	$4,3 \cdot 10^{-8}$
Рентгеновское	10^{18}	$3 \cdot 10^{-10}$	$2,7 \cdot 10^{10}$	$4,3 \cdot 10^{-9}$
γ - излучение	10^{22}	$3 \cdot 10^{-14}$	$2,7 \cdot 10^{12}$	$4,3 \cdot 10^{-11}$

Из таблицы следует, что $\omega = c$ при частоте корпускулярно-волнового излучения (движения) фотонов $\nu = 1,2 \cdot 10^{14}$ Гц. До этого значения $\omega < c$, а при $\nu > 1,2 \cdot 10^{14}$ Гц $\omega > c$. При этом ω не влияет на c , и скорости прямолинейного движения фотонов в вакууме всегда равны c .

Двигаясь в пространстве по траекториям винтовых спиралей, фотоны не могут создавать электромагнитные волны, поскольку фотоны не имеют электрического заряда. Но, в зависимости от R , фотоны могут взаимодействовать с движущимися по траекториям винтовых спиралей электронами, которые создают электромагнитные поля. Явление поляризации, которым обладают фотоны, объясняется тем, что они могут двигаться как по часовой стрелке винтовых спиралей, так и против этого направления.

Энергия фотонов определяется следующей формулой:

$$E = \frac{m \cdot \omega^2}{2} + \frac{m \cdot c^2}{2}. \quad (9)$$

Из (7) и (9) имеем следующую расчетную формулу для E :

$$E = \frac{h \cdot \nu}{2} + \frac{m \cdot c^2}{2}. \quad (10)$$

При $\omega = c$ из (5) и (6) получим следующие формулы частоты (ν) и длины (λ) волны корпускулярно-волнового движения фотонов:

$$\nu = \frac{m \cdot c^2}{h} = \frac{E}{h}; \quad \lambda = \frac{h}{m \cdot c} = \frac{h}{p}, \quad (11)$$

где p – импульс фотона.

Формулы (11) справедливы только для фотонов с частотой корпускулярно-волнового движения, равной $1,2 \cdot 10^{14}$ Гц, то есть для инфракрасного излучения фотонов. В этом случае будут справедливы следующие основные формулы квантовой физики [1, 2]:

$$E = h\nu; \quad p = \frac{h\nu}{c}; \quad E = mc^2 \quad (12)$$

Таким образом, для определения механизма корпускулярно-волнового движения фотонов следует исходить из того, что каждый фотон имеет массу и движется по траектории винтовой спирали. В этом случае к фотонам будут неприменимы постулаты и уравнения специальной теории относительности, поскольку фотоны являются неинерциальными частицами. Каждый фотон одновременно вращается по окружности с частотой света и движется прямолинейно в направлении импульса со скоростью света. Вращательно-поступательное движение фотонов обеспечивает им волновые и корпускулярные свойства, что позволяет понять корпускулярно-волновой дуализм фотонов.

Список литературы / References

1. Энциклопедия для школьников и студентов. Т. 2. Физика. Математика. Под ред. Н.А. Поклонского. Минск: Беларуская энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2010. 528 с.
2. Аксенович Л.А., Зенькович В.И., Фарино К.С. Физика в средней школе. Минск: Аверсэв, 2010. 1102 с.
3. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1972. 672 с.
4. Рыдник В.И. Законы атомного мира.. М.: Атомиздат, 1975. 368 с.
5. Герштейн С.С., Куденко Ю.Г. Лауреаты Нобелевской премии 2015 по физике – А. Макдональд и Т. Каджита // Природа. 2016. № 1. С. 59–64.
6. Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1970. 484 с.
7. Стеценко В.Ю. Корпускулярно-волновое движение частиц // Литье и металлургия. 2023. № 2. С. 137–140.