SECTION I. PHYSICS

Карканица И.А.
Фотон как основа материального мира

doi 10.18411/gq-30-11-2017-01

idsp 000001:gq-30-11-2017-01

Аннотация

В статье развивается и доказывается гипотеза, что основой материального мира является фотон – элементарный квант энергии.

Фотон может существовать в различных состояниях, в которых проявляется многообразие материального мира:

1. Свободное состояние – электромагнитная волна (распространяется со скоростью света);
2. Состояние элементарной частицы (проявляется электрический заряд с электрическим полем и масс покоя с гравитационным полем);
3. Взаимодействия фотона с элементарной частицей с образованием системы «фотон-частица» как единого целого. (Образование единой «системы фотон частица» объясняет феномен приращение массы, сокращения времени и волновые свойства частицы при увеличении скорости ее движения. Увеличение скорости частицы происходит за счет передачи ей энергии фотона.)

Ключевые слова: фотон, квант, энергия, электромагнитная волна, приращение массы, волновые свойства частицы, корпускулярные свойства фотона, электрический заряд, электрическое поле, масса покоя, гравитационное поле, скорость света, элементарная частица, увеличение массы с увеличением скорости, приращение массы с увеличением скорости.

Abstract

The article unfolds and proves the hypothesis, that photon - the quantum of electromagnetic energy - is the basis of the physical world.

Photon can exist in three different states, which constitute the whole diversity of the world:

1. The free state – electromagnetic wave (moving at the speed of light)
2. The state of a particle (when the electric charge with the electric field and the rest mass with the gravitational field appear)
3. The state of interaction with a particle and the formation of the system «photon – particle» when they constitute a single whole. (The formation of this system explains the phenomenon of increase of mass, the shortening of time and the manifestation of wave properties by a particle that become apparent with the increase of its speed. The increase of the speed of a particle is caused by the transmission of photon's energy to it.)

Keywords: photon, quantum, energy, electromagnetic wave, increase of mass, the wave properties of a particle, corpuscular properties of a photon, electric charge, electric field, rest mass, gravity field, speed of light, particle, the increase of mass with the increase of speed.

Фотон

Фотон – квант электромагнитного поля. Обладает волновыми и корпускулярными свойствами. В свободном состоянии фотоны распространяются с предельной скоростью, равной скорости света.

В отличие от корпускул, кинетическая энергия которых определяется массой и скоростью движения массы ($E_k = mv^2 / 2$), энергия фотона определяется его частотой ($E_h = h\nu$), так как скорость распространения фотона величина постоянная, равная скорости света. Способность фотона распространяться в вакууме свидетельствует о том, что электромагнитная волна, в отличие от других типов волн, распространяется без посредничества среды. Все другие типы волн возникают и распространяются в материальной среде путем колебаний частиц среды относительно положения равновесия, следовательно, в вакууме распространяться не могут.

Электромагнитные волны (волны, состоящие из фотонов) представляют собой сгустки энергии фотонов ($E_h = h\nu$), распространяющихся в пространстве без посредничества среды.

Фотон можно рассматривать как продольную волну – проекция на плоскость, параллельную оси распространения фотона – синусоида, или как поперечную волну – проекция на плоскость перпендикулярную оси распространения является окружностью (эллипсом). Формула периодических гармонических колебаний фотона имеет следующий вид:

$$x = A \cos \omega t$$

A – амплитуда колебаний;

$\omega = 2\pi\nu$ – угловая частота;

ν – частота фотона;

Фотон – волна (один период колебаний) – корпускула. Волновые свойства фотона: частота, длина волны, распространение в пространстве в виде электромагнитной волны, свойства, присущие всем типам волн (отражение, преломление, дифракция, интерференция, поляризация, перенос энергии).

Корпускулярные свойства фотона проявляются при его взаимодействии с материальной средой. Фотон обладает импульсом, массой покоя, элементарным электрическим зарядом, механическим моментом (спином), магнитным моментом (магнитон Бора).

Длина волны фотона:

$$\lambda = 2\pi r_h$$

r_h – радиус фотона;

Частота (период колебаний) фотона:

$$\nu = c / \lambda$$

c – скорость света;

Электромагнитная энергия фотона:

$$E_h = h\nu$$

h – постоянная Планка;

Электрический ток фотона:

$$i_h = \frac{ec}{2\pi r_h} = \frac{ec}{\lambda} = e\nu$$

e – элементарный электрический заряд;

Электромагнитная энергия фотона заключена в его магнитном поле.

$$E_h = h\nu$$

$$E_h = L_h i_h^2$$

L_h – индуктивность фотона

$$L_h i_h^2 = h\nu; \quad L_h = \frac{h\nu}{i_h^2} = \frac{h\nu}{e^2 \nu^2} = \frac{h}{e^2 \nu};$$

Магнитный поток фотона – элементарный квант магнитного потока:

$$\Phi_h = L_h i_h = \frac{h e \nu}{e^2 \nu} = \frac{h}{e}; \quad \Phi_h = 4,13 \times 10^{-15} \text{ вб}$$

Поток напряженности магнитного поля фотона сквозь площадь S равен элементарному кванту магнитного потока:

$$\int_s \mu_o H_h ds = \Phi_h$$

H_h – напряженность магнитного поля фотона;

$$\Phi_h = \frac{h}{e} = \frac{\mu_o e c}{2\alpha}$$

$$H_h = \frac{\Phi_h}{\mu_o \pi r_h^2} = \frac{\mu_o e c}{2\alpha \mu_o \pi r_h^2} = \frac{e c}{2\pi r_h^2 \alpha}$$

$S = \pi r_h^2$ – площадь, сквозь которую распространяется напряженность магнитного поля фотона;

Индуктивность фотона, определенная из равенства:

$$\Phi = L_i = \frac{\mu_o e c}{2\alpha}, \quad L_h = \frac{\mu_o e c 2\pi r_h}{2\alpha e c} = \frac{\mu_o \pi r_h}{\alpha}, \text{ равна:}$$

$$L_h = \frac{\mu_o \pi r_h}{\alpha}$$

Энергия магнитного поля фотона:

$$E_{h.m} = L_h i_h^2 = \frac{\mu_o \pi r_h}{\alpha} \times \frac{e^2 c^2}{4\pi^2 r_h^2} = \frac{\mu_o e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha}$$

Энергия магнитного поля фотона равна электромагнитной энергии фотона

$$\frac{\mu_o e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha} = h\nu$$

$$\frac{\mu_o e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha} = \frac{h c \alpha}{4\pi r_h} = \frac{h c e^2}{2\pi r_h 2\varepsilon_o h c}, \quad \frac{e^2}{\varepsilon_o} = \frac{e^2}{\varepsilon_o}$$

$$\frac{\mu_o e^2 c^2}{4\pi r_h \alpha} = \frac{e^2 2\varepsilon_o h c}{4\pi r_h \varepsilon_o e^2} = \frac{h c}{2\pi r_h}$$

$\varepsilon_o = 1/\mu_o c^2$ – электрическая постоянная;

μ_o – магнитная постоянная;

$$\alpha = \frac{e^2}{2\varepsilon_o h c} \text{ – постоянная тонкой структуры.}$$

Поток вектора напряженности электрического поля фотона сквозь замкнутую поверхность равен элементарному электрическому заряду.

$$\oint_s \varepsilon_o E_h ds = e$$

Напряженность электрического поля фотона равна:

$$E_h = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_h^2};$$

Энергия электрического поля фотона:

$$E_{hэ} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_h}$$

Энергия фотона электрическая не равна энергии магнитной. В свободном состоянии фотона энергия проявляется как энергия магнитного поля, образованного движением элементарного электрического заряда со скоростью света.

Вектор Пойтинга фотона – мощность излучения с единицы поверхности:

$$\bar{P} = |E_h \cdot H_h| = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_h^2} \times \frac{ec}{2\pi r_h^2 \alpha} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_h \alpha} \times \frac{c}{2\pi r_h^3}$$

$$\bar{P} = \frac{4\pi^2 h \nu^2}{\lambda^2};$$

Фотон можно представить как корпускулу, масса которой m_h

Энергия фотона корпускулы:

$$E_h = m_h c^2$$

Масса фотона:

$$m_h = h\nu / c^2$$

Импульс фотона:

$$p = m_h c = h\nu / c$$

Фотон имеет габаритные размеры, которые определяются его частотой, длиной волны:

$$\lambda = c / \nu = 2\pi r_h$$

В фотоне заключен элементарный электрический заряд, свойства которого проявляются в элементарной частице, образованной из фотона.

В зависимости от внешних условий длина волны, частота (энергия) фотона могут изменяться.

Фотон – первооснова материального мира, существует постоянно, может находиться в различных состояниях:

1. Состояние свободного распространения;
2. Состояние элементарной частицы;
3. Состояние взаимодействия с элементарной частицей с образованием системы «фотон-частица»;
4. Состояние взаимодействия с элементарной частицей с образованием сложной частицы;
5. Состояние взаимодействия с частицами материальной среды с образованием теплового поля;
6. Состояние взаимодействия с элементарными частицами с образованием атомного ядра;
7. Состояние взаимодействия системы «фотон-частица» с ядром атома, с образованием атомов химических элементов;
8. Состояние взаимодействия с электрически заряженными частицами с образованием электрического тока и магнитного поля, сопровождающего ток;
9. состояние взаимодействия с электрически заряженными частицами с образованием электрического потенциала

10. состояние взаимодействия с частицами среды с образованием колебаний (волн) различных типов и т.д.

В зависимости от состояния фотона, его взаимодействия с материальным миром проявляются многообразные свойства материального мира.

Свет

Свет представляет собой сумму фотонов, отличающихся по частоте и фазе, которые излучаются в пространство источниками света

Источник света представляет собой сумму элементарных источников света.

Элементарный источник излучает фотоны определенной частоты последовательно друг за другом, то есть конец первого фотона является началом последующего фотона, образуя цепочку из фотонов, каждый фотон в которой определяет длину волны и частоту света. Следовательно, непрерывная волна из фотонов может быть разделена на отдельные фотоны – участки волны, равные длине волны, одному периоду колебаний.

Фазы фотонов, излучаемых различными элементарными источниками, не совпадают. Частоты излучения различными элементарными источниками могут совпадать или отличаться друг от друга. Некоторые источники излучения фотонов могут излучать фотоны не непрерывно один за другим, а с некоторой периодичностью по одному фотону.

Источник света, образованный суммой элементарных источников, излучает фотоны, отличающиеся по частоте и фазе или совпадающие по частоте и фазе.

Естественный свет образуется множеством элементарных источников фотонов.

Скорость света

В отличие от корпускул, кинетическая энергия которых определяется скоростью их движения и массой $E_k = mv^2 / 2$, энергия фотонов определяется их частотой, так как скорость распространения фотонов есть величина постоянная, равная скорости света. В случае, когда фотоны излучаются источником и принимаются приемником, неподвижными относительно друг друга, скорость фотона относительно источника и приемника равна скорости света. В случае, когда источник фотонов и их приемник движутся относительно друг друга, скорость фотонов равна скорости света относительно точки пространства, в которой излучается фотон, и не равна скорости света относительно движущегося источника и движущегося приемника.

Рассмотрим случаи излучения источником отдельных фотонов, которые не связаны друг с другом, и их приема приемником:

1. Источник излучения фотонов движется по линии распространения фотонов к приемнику;
2. Источник движется по линии распространения фотонов от приемника;
3. Приемник фотонов движется по линии их распространения к источнику;
4. Приемник движется по линии распространения фотонов от источника;
5. Источник и приемник движутся в пространстве, неподвижны относительно друг друга.

1. Источник движется со скоростью v к неподвижному приемнику по линии распространения фотонов.

Излучение отдельного фотона происходит в течение некоторого промежутка времени, равному периоду колебания фотона. Период колебаний не зависит от того, движется или покоится источник.

$$T = \lambda_0 / c$$

λ_0 – длина волны фотона при излучении его неподвижным источником;

c – скорость света;

T – время излучения отдельного фотона.

Скорость относительного движения фотона и источника от начала до конца излучения фотона равна $c - v$ (источник набегают на излучаемый фотон).

Время излучения фотона движущимся источником T_1 равно времени излучения фотона неподвижным источником T .

$$T = T_1 = \lambda_0 / c = \lambda_1 / c - v$$

$$\lambda_1 = \lambda_0 (1 - v/c)$$

λ_1 – длина волны фотона при излучении его движущимся источником.

Частота фотона при излучении его движущимся источником, приближающимся к приемнику:

$$\nu_1 = c / \lambda_1 = \nu_0 \times \frac{1}{1 - v/c}$$

$$\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

– частота фотона при излучении его неподвижным источником;

С момента излучения скорость фотона равна скорости света относительно точки пространства, в которой произошло излучение.

2. Источник движется со скоростью v от неподвижного приемника по линии распространения фотонов.

Излучение фотона происходит за время, равное периоду колебаний фотона.

Период колебаний фотона:

$$T = \lambda_0 / c$$

Скорость относительного движения фотона и источника от начала до конца излучения равна $c + v$ (источник удаляется).

Время излучения фотона движущимся источником равно времени излучения неподвижным источником

$$T = T_2 = \lambda_0 / c = \lambda_2 / c + v$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 (1 + v/c)$$

λ_2 – длина волны фотона при движении источника от приемника;

Частота фотона при излучении его движущимся источником, удаляющимся от приемника:

$$\nu_2 = c / \lambda_2 = \nu_0 \times \frac{1}{1 + v/c};$$

Излучение фотона движущимся источником приводит к изменению длины волны и частоты фотона по сравнению с длиной волны и частотой фотона при излучении его неподвижным источником.

3. Приемник движется со скоростью v к неподвижному источнику по линии распространения фотонов.

Время приема фотона зависит от скорости приемника:

$$T_1 = \lambda_0 / (c + v)$$

T_1 – время приема фотона движущимся навстречу источнику приемником;

Время приема фотона неподвижным приемником:

$$T = \lambda_0 / c$$

Частота фотона, принимаемого движущимся к источнику приемником:

$$\nu_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{c + v}{\lambda_0}, \quad \nu_1 = \nu_0 (1 + v/c)$$

Длина волны:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} = \frac{c}{\nu_0(1 + v/c)} = \lambda_0 \frac{1}{1 + v/c};$$

4. Приемник со скоростью v удаляется от неподвижного источника по линии распространения фотонов.

Время приема фотона неподвижным приемником равно:

$$T = \lambda_0 / c$$

Время приема фотона движущимся от источника приемником:

$$T_2 = \lambda_0 / (c - v)$$

Частота фотона, принимаемого движущимся приемником:

$$\nu_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{c - v}{\lambda_0} = \nu_0(1 - v/c)$$

Длина волны:

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = \lambda_0 \frac{1}{1 - v/c}$$

Скорость фотона в период времени от начала до конца его приема зависит от скорости приемника. Прием фотона движущимся приемником приводит к изменению частоты фотона по сравнению с частотой при приеме неподвижным приемником.

5. Источник и приемник неподвижны относительно друг друга, движутся в пространстве.

Источник и приемник фотонов находятся на одном объекте, неподвижны относительно друг друга. Объект движется в пространстве по линии распространения фотонов со скоростью v .

Движение объекта направлено в сторону излучения фотонов от источника к приемнику.

Время излучения фотона движущимся источником равно времени излучения неподвижным источником, равно периоду колебаний фотона

$$T_0 = \frac{\lambda_0}{c}, \quad T_0 = \frac{\lambda_1}{c - v}$$

λ_0 – длина волны фотона при излучении его неподвижным источником;

T_0 – период колебаний фотона;

λ_1 – длина волны фотона при излучении его движущимся источником;

$(c - v)$ – скорость относительного движения фотона и источника (источник набежит на фотон) в период времени от начала до конца излучения.

Длина волны фотона при излучении движущимся источником:

$$\frac{\lambda_0}{c} = \frac{\lambda_1}{c - v}, \quad \lambda_1 = \lambda_0 \frac{c - v}{c} = \lambda_0(1 - v/c)$$

Частота фотона:

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c}{\lambda_0} \times \frac{1}{(1 - v/c)} = \nu_0 \frac{1}{(1 - v/c)}$$

ν_0 – частота фотона при излучении его неподвижным источником;

Время приема фотона зависит от скорости движения приемника.

Скорость относительного движения фотона и приемника в период от начала до конца приема при движении приемника в направлении движения фотонов равна $(c - v)$

$$T_{np} = \frac{\lambda_1}{c - v}$$

T_{np} – время приема фотона движущимся приемником

λ_1 – длина волны фотона, излучаемого движущимся источником;

$(c - v)$ – скорость относительного движения фотона и приемника в период от начала до конца приема отдельного фотона.

Частота фотона есть обратная величина периода колебаний фотона (времени приема фотона):

$$\nu_{np} = \frac{1}{T_{np}} = \frac{(c - v)}{\lambda_1};$$

$$\lambda_1 = \lambda_0 \frac{(c - v)}{c}; \quad \lambda_{np} = \frac{(c - v)c}{\lambda_0(c - v)} = \lambda_0$$

Длина волны:

$$\lambda_{np} = \frac{c}{\nu_{np}} = \frac{c}{\nu_0} = \lambda_0$$

Если источник и приемник неподвижны относительно друг друга и движутся в пространстве, то изменение частоты, вызванное движением источника, компенсируется изменением частоты при приеме фотона движущимся приемником.

Выводы:

1. Свободно распространяющийся фотон может считаться абсолютной системой отсчета;
2. Следствием сложения скоростей фотона и движущегося источника в момент излучения фотона от начала до конца излучения, фотона и движущегося приемника в период времени от начала до конца приема отдельного фотона является изменение энергии фотона, его частоты и длины волны;
3. Скорость фотона равна скорости света относительно точки пространства, в которой произошло излучение фотона;
4. Сложение скоростей фотона и физического тела, если фотоны не связаны с этим телом, должно осуществляться как сложение скоростей любых движущихся материальных объектов;
5. Когда источник и приемник неподвижны относительно друг друга и движутся в пространстве, то изменение энергии фотона, вызванное излучением движущегося источника, компенсируется изменением энергии фотона при приеме его движущимся источником.
6. Количество энергии, переносимое фотонами от источника к приемнику при их относительном движении, отличается от количества энергии, переносимой фотонами, когда источник и приемник неподвижны относительно друг друга: вследствие изменения энергии каждого фотона и изменения количества фотонов, достигающих приемника в единицу времени.

Элементарная частица

(состояние фотона в качестве элементарной частицы)

В результате взаимодействия фотона с материальной средой фотон может переходить в качество элементарной частицы. В элементарной частице энергия фотона концентрируется в объеме частицы, электромагнитное поле фотона замыкается в объеме частицы. В отличие от фотона, который существует, двигаясь в пространстве со скоростью света, элементарная частица может находиться в пространстве в состоянии покоя.

Полная энергия электромагнитного поля фотона может быть выражена через энергию электрического заряда, заключенного в объеме частицы, образованной этим фотоном.

$$h\nu = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$

$r_0 = r_h \alpha$ – радиус элементарной частицы;

r_h – радиус фотона;

α – постоянная тонкой структуры;

ϵ_0 – электрическая постоянная;

e – элементарный электрический заряд;

Элементарная частица образуется вследствие объединения начала волны фотона с ее концом и сворачивания замкнутой волны в $1/\alpha$ раз в шар.

Материя элементарной частицы – это материя электромагнитной энергии фотона, преобразованного в частицу.

Электромагнитная энергия фотона в состоянии элементарной частицы, в зависимости от того, как элементарная частица взаимодействует с материальной средой, проявляется как электрический заряд с электрическим полем или как масса покоя с гравитационным полем. Электрическое взаимодействие частицы определяет свойства ее электрического заряда, гравитационное взаимодействие – свойства массы покоя.

Электрический заряд, электрическое поле

Электрический заряд и электрическое поле этого заряда неотделимы друг от друга, единое целое. Электрическое поле является продолжением электрического заряда в пространстве, окружающем заряд, нет четкой границы между зарядом и его полем.

Поток вектора напряженности электрического поля сквозь замкнутую поверхность элементарной частицы равен величине заряда в объеме, ограниченном этой поверхностью, деленному на электрическую постоянную.

$$\oint_s E_0 ds = e / \epsilon_0$$

Напряженность электрического поля заряда равна:

$$E_0 = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0^2}$$

Энергия электрического поля в единице объема:

$$E_v = \epsilon_0 E_0^2$$

Если предположить, что часть электрического поля заряда излучается в пространство, то энергия оставшегося после излучения поля должна уменьшиться на величину излучаемой энергии. Следовательно, должна уменьшиться напряженность электрического поля и величина электрического заряда.

Излучение электрического поля возможно только совместно с электрическим зарядом, энергия которого соответствует излучаемой энергии электрического поля. Не существует электрическое поле без электрического заряда, как нет электрического заряда без электрического поля.

В элементарной частице заключено электрическое поле фотона, которое не может излучаться частями.

Элементарный электрический заряд – это сконцентрированная электромагнитная энергия фотона в объеме элементарной частицы.

Любой фотон содержит в себе элементарный электрический заряд, свойства которого проявляются в элементарной частице, образованной из фотона.

Масса покоя, гравитационное поле

Элементарной частице присущи свойства массы покоя и гравитационного поля.

Поток вектора напряженности гравитационного поля сквозь замкнутую поверхность элементарной частицы, равен массе покоя, заключенной в объеме, ограниченном этой поверхностью, деленной на гравитационную постоянную.

$$\oint g_0 ds = m_0 / G_0$$

$$G_0 = \frac{1}{4\pi\gamma} \text{ – гравитационная постоянная;}$$

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}, \frac{m^3}{кг \cdot c^2} \text{ – постоянная гравитационного взаимодействия}$$

$$g_0 = \frac{m_0}{4\pi G_0 r_0^2} \text{ – постоянная гравитационного поля элементарной частицы на расстоянии } r_0 \text{ от центра частицы;}$$

m_0 – масса покоя частицы;

r_0 – радиус частицы;

Энергия гравитационного поля в единице объема равна:

$$E_{epV} = G_0 g_0^2$$

Масса покоя сопровождается гравитационным полем, является причиной поля. Нет четкой границы между массой и ее гравитационным полем. Гравитационное поле есть продолжение массы в окружающем ее пространстве.

Если предположить, что часть гравитационного поля излучается в пространство и существует самостоятельно, то энергия оставшегося поля уменьшится на величину излученной энергии, следовательно, должна уменьшиться величина напряженности поля и массы, которая является источником поля.

Гравитационное поле может излучаться только совместно с массой – причиной поля. Гравитационное поле не может существовать самостоятельно, отдельно от массы, так как масса и ее гравитационное поле составляют единое целое.

Гравитационное поле физического тела определяется суммой гравитационных полей частиц, входящих в состав макротела, симметрично относительно его центра тяжести.

Характеристикой гравитационного поля в заданной точке пространства является его напряженность в этой точке

$$g = \frac{M}{G_0 4\pi R^2}$$

M – масса;

G_0 – гравитационная постоянная;

$4\pi R^2$ – площадь сферы, радиус которой равен расстоянию от центра тяжести до точки, в которой определяется напряженность поля.

Плотность гравитационного поля равна произведению гравитационной постоянной на напряженность поля.

$$G = G_0 g, \text{ кг/м}^2$$

Полная энергия элементарной частицы, равная электромагнитной энергии фотона в состоянии элементарной частицы, значительно отличается от энергии ее гравитационного поля. Отношение полной энергии частицы к энергии ее гравитационного поля равно:

$$\frac{E}{E_{ep}} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} \times \frac{4\pi G_0 r_0}{m_0^2} = \frac{G_0 e^2}{\epsilon_0 m_0^2};$$

$$E = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} - \text{энергия электрического заряда элементарной частицы};$$

$$E_{ep} = \frac{m_0^2}{4\pi G_0 r_0} - \text{энергия массы покоя частицы}$$

Энергия электрического заряда элементарной частицы равна кинетической энергии массы покоя частицы, умноженной на квадрат скорости света.

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_0 c^2$$

Энергия массы покоя частицы равна кинетической энергии массы покоя, умноженной на квадрат скорости ее движения по замкнутой кривой в объеме элементарной частицы v_0 :

$$\frac{m_0^2}{4\pi G_0 r_0} = m_0 v_0^2, \quad v_0^2 = \frac{m_0}{4\pi G_0 r_0}, \quad v_0 = \sqrt{\frac{m_0}{4\pi G_0 r_0}}$$

Из равенства:

$$\frac{G_0 e^2}{\epsilon_0 m_0^2} = \frac{m_0 c^2}{m_0 v_0^2}, \quad v_0^2 = \frac{c^2 \epsilon_0 m_0}{G_0 e^2}, \quad v_0 = \frac{m_0}{e \sqrt{\mu G_0}}$$

Силы гравитационного взаимодействия элементарной частицы – это центробежные силы, вызванные движением массы m_0 со скоростью v_0 по замкнутой кривой в объеме частицы:

$$F_{ep} = \frac{m_0^2}{4\pi G_0 r_0^2} = \frac{m_0 v^2}{r_0}$$

Гравитация – это действие центробежных сил.

Кинетическая энергия движения массы m_0 по окружности, радиус которой равен r_0 , равна магнитной энергии движущегося электрического заряда e по той же траектории со скоростью v_0 .

$$m_0 v^2 = \mu_0 e^2 v^2 / 4\pi r_0$$

$$m_0 = \frac{\mu_0 e^2}{4\pi r_0} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2,56 \cdot 10^{-38}}{4\pi \cdot 2,82 \cdot 10^{-15}} = 0,91 \cdot 10^{-30}$$

Механический момент элементарной частицы равен:

$$\hbar = m_0 c_0 r_0 / \alpha$$

α – постоянная тонкой структуры

$\hbar = h / 2\pi$ – постоянная Планка, механический момент элементарной частицы.

Выводы:

1. Материя элементарной частицы – это материя электромагнитного поля фотона, перешедшего в состояние элементарной частицы;
2. Элементарная частица – это свернутый в $1/\alpha$ раз фотон. Радиус фотона в $1/\alpha$ раз больше радиуса частицы;
3. Элементарный электрический заряд – концентрация электромагнитной энергии фотона в объеме элементарной частицы;

4. Масса элементарной частицы – это масса, присущая фотону, из которого частица образована. Гравитационное поле – продолжение массы в пространстве, ее окружающем, единое целое с массой. Гравитационное поле не может существовать самостоятельно, отдельно от массы – причины поля;
5. Гравитационные силы – центростремительные силы, образованные движением массы частицы по замкнутой кривой в объеме частицы со скоростью v_0 ;
6. Кинетическая энергия движения массы частицы в ее объеме равна магнитной энергии движения элементарного электрического заряда по той же траектории с той же скоростью;
7. Сигнал об изменении положения в пространстве взаимодействующих масс передается одновременно с изменением их положения;
8. Гравитационные волны, блуждающие в пространстве, невозможны.

Взаимодействие фотона с элементарной частицей.

Образование системы «фотон – частица».

Взаимодействие фотона, энергия которого соизмерима с энергией элементарной частицы, с элементарной частицей может приводить к образованию системы «фотон – частица» с присущими этой системе свойствами.

Увеличение (приращение) массы с увеличением скорости

Рассмотрим взаимодействие фотона с элементарной частицей, находящейся до взаимодействия в состоянии покоя.

В результате взаимодействия частица получает импульс фотона.

$$P = m_h c = \overline{M}v$$

m_0 – масса фотона,

M – масса системы «фотон – частица»

v – скорость системы «фотон – частица».

Скорость фотона, равная скорости света, снижается до скорости v . Масса системы «фотон – частица» M отличается от массы частицы m_0 , находящейся в состоянии покоя, так как складывается из двух составляющих: массы частицы m_0 и приращения массы Δm в следствии «материализации» фотона при замедлении его скорости до скорости системы «фотон – частица», равной v .

Из равенства $\overline{m_h c} = \overline{M}v$, умножая правую и левую часть «с» находим:

$$m_h c^2 = M v c$$

Энергия фотона равна полной энергии системы «фотон – частица».

Импульс системы «фотон- частица» складывается из двух составляющих:

$$\overline{M}v = \overline{m_h v} + \overline{m_0 v}$$

$\overline{m_h v}$ – импульс замедленного фотона;

$\overline{m_0 v}$ – импульс частицы;

Суммарный импульс системы «фотон – частица» получается в результате геометрического сложения его составляющих:

$$M^2 v^2 = m_0^2 v^2 + m_h^2 v^2$$

Масса системы «фотон – частица»:

$$M = \sqrt{m_0^2 + m_h^2}$$

Масса фотона:

$$m_h = \frac{m_0 v}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Масса системы «фотон – частица»:

$$M = m_h c / v = \frac{m_0 v}{\sqrt{c^2 - v^2}} \times \frac{c}{v} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} ;$$

$$M = \sqrt{m_0^2 + m_h^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

В результате взаимодействия фотона с частицей имеет место увеличение массы системы «фотон – частица» по сравнению с массой частицы:

$$M = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$M = \sqrt{m_0^2 + m_h^2}$$

Массы фотона и частицы в системе «фотон – частица» складываются геометрически.

Полная энергия системы «фотон – частица» не равна кинетической энергии движения со скоростью v .

$$M v c \neq M v^2 / 2$$

Полная энергия складывается из следующих составляющих:

1. Кинетической энергии – $M v^2 / 2$;
2. Энергии приращения массы – $\Delta m c^2$;
3. Энергии взаимодействия фотона с частицей – энергия связи – $E_{св}$;

$$M v c = M v^2 / 2 + \Delta m c^2 + E_{св}$$

$$\Delta m = M - m_0 \text{ – приращение массы}$$

Пример:

Скорость системы «фотон – электрон» равна $c/2$.

Определить параметры системы.

1. Масса системы:

$$M = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = \frac{0,91 \cdot 10^{-30}}{\sqrt{1 - 0,25}} = 1,05 \cdot 10^{-30}, \text{ кг}$$

1. Масса фотона:

$$m_h = \frac{m_0 v}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{0,91 \cdot 10^{-30} \cdot 0,5c}{\sqrt{c^2 - 0,25c^2}} = 0,525 \cdot 10^{-30}, \text{ кг}$$

2. Частота фотона:

$$\nu = \frac{m_h c^2}{h} = \frac{0,525 \cdot 10^{-30} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{6 \cdot 625 \cdot 10^{-34}} = 0,713 \cdot 10^{20}, \text{ с}^{-1}$$

3. Приращение массы:

$$\Delta m = M - m_0 = (1,05 - 0,91) \cdot 10^{-30} = 0,14 \cdot 10^{-30}, \text{ кг}$$

4. Полная энергия системы «фотон – частица»:

$$E = h \nu = M v c = 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 0,713 \cdot 10^{20} = 1,05 \cdot 10^{-30} \cdot 0,5 \cdot 9 \cdot 10^{16} = 4,724 \cdot 10^{-14}, \text{ Дж}$$

5. Кинетическая энергия:

$$E_k = Mv^2 / 2 = 1,05 \cdot 10^{-30} \cdot 9 \cdot 10^{16} / 8 = 1,18 \cdot 10^{-14}, \text{ Дж}$$

6. Энергия приращения массы

$$E_{\Delta m} = 0,14 \cdot 10^{-30} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 1,26 \cdot 10^{-14}, \text{ Дж}$$

7. Энергия связи

$$E_{св} = E - (E_k + E_{\Delta m}) = [4,724 - (1,18 + 1,26)] \cdot 10^{-14}$$

$$E_{св} = 2,284 \cdot 10^{-14}, \text{ Дж}$$

Приращение массы частицы при ее взаимодействии с фотоном происходит вследствие «материализации» фотона при снижении его скорости ниже скорости света.

Чем больше скорость системы «фотон – частица», тем больше энергия фотона, тем большая составляющая массы фотона и больше суммарная масса системы.

Волновые свойства материальной частицы

Причиной движения частицы является ее взаимодействие с фотоном, который передает частице свой импульс и энергию. Импульс системы «фотон – частица», которая образуется в результате взаимодействия фотона и частицы, равен импульсу фотона

$$\overline{Mv} = \overline{m_h c}$$

$$\overline{m_h c} = h\nu / c - \text{импульс фотона};$$

$$\overline{Mv} - \text{импульс системы «фотон – частица»};$$

$$m_h - \text{масса фотона};$$

$$c - \text{скорость света}$$

$$h - \text{постоянная Планка};$$

$$\nu - \text{частота фотона};$$

$$M - \text{масса системы «фотон – частица» с учетом ее приращения};$$

$$v - \text{скорость системы «фотон – частица»}.$$

Длина волны, движущейся со скоростью v частицы, равна:

$$\lambda_r = h / Mv \text{ (длина волны де Бройля)}$$

Длина волны фотона, взаимодействующего с частицей равна:

$$\lambda = c / \nu$$

Рассматривая отношение значений энергии фотона к энергии системы «фотон – частица», имеем:

$$\frac{h\nu}{Mv} = \frac{h}{Mv} \frac{\nu}{c} = 1$$

Длина волны частицы равна длине волны фотона:

$$h / Mv = c / \nu$$

Волновые свойства частицы – это волновые свойства фотона, взаимодействующего с частицей, с образованием системы «фотон – частица».

Волна де Бройля – это волна фотона.

Сокращение размеров материальной частицы в направлении движения при увеличении скорости.

Увеличение скорости материальной частицы должно сопровождаться увеличением энергии (частоты) фотона, взаимодействующего с частицей, следовательно, уменьшением длины волны фотона.

Длина волны системы «фотон – частица», движущейся со скоростью v , равна:

$$\lambda_r = h / Mv$$

$$\lambda_r - \text{длина волны системы «фотон – частица» (длина волны де Бройля)};$$

$$h - \text{постоянная Планка};$$

$$M - \text{масса системы «фотон – частица» с учетом ее приращения};$$

$$v - \text{скорость системы «фотон – частица»};$$

Масса движущейся системы «фотон – частица» равна:

$$M = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

m_0 – масса частицы в состоянии покоя;

Представляя значение Mv в выражении $\lambda_r = h / Mv$ имеем:

$$\lambda_r = \frac{h\sqrt{1 - v^2 / c^2}}{m_0 v} = \lambda_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

$\lambda_0 = h / m_0 v$ – длина волны при скорости, когда приращение массы несущественно;

С увеличением скорости длина волны сокращается.

При скоростях, соизмеримых со скоростью света, имеет место уменьшение длины волны фотона, взаимодействующего с частицей, а не сокращение размеров частицы в направлении движения.

Сокращение времени при скорости движения, соизмеримой со скоростью света.

Увеличение скорости частицы связано с увеличением энергии (частоты) фотона, взаимодействующего с частицей.

Импульс фотона равен импульсу системы «фотон – частица»:

$$\overline{h\nu} / c = Mv$$

Частота фотона:

$$\nu = c / \lambda = cMv / h$$

Масса системы «фотон – частица» с учетом ее приращения:

$$M = m_0 / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

Подставляя значение массы в выражение $\nu = Mv c / h$, имеем:

$$\nu = \frac{m_0 v c}{h\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

$$\lambda_0 = \frac{h}{m_0 v} \text{ – длина волны системы «фотон – частица»};$$

$$\nu_0 = \frac{c}{hm_0 v} \text{ – частота системы «фотон – частица»};$$

$$\nu = \frac{\nu_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \text{ – частота системы «фотон – частица» при скорости, соизмеримой}$$

со скоростью света.

Период колебаний фотона:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$\text{Следовательно, } T = T_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

С увеличением скорости имеет место уменьшение периода колебаний фотона, взаимодействующего с частицей по закону $T = T_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$.

Выводы:

1. При взаимодействии фотона с частицей, часть его энергии переходит в массу частицы. Соответственно, приращение массы частицы происходит вследствие преобразования части энергии фотона в массу покоя.

2. Волны материи (волновые свойства частиц) – это волновые свойства фотонов, взаимодействующих с частицами.

3. Сокращение размеров частицы в направлении движения есть сокращение длины волны фотона.

4. Сокращение течения времени при больших скоростях – это сокращение периода колебания фотона в системе «фотон-частица», т.е. увеличения частоты (энергии) фотона, требуемой для увеличения скорости системы «фотон-частица».

Tregulov V.V.

Properties of Raman scattering in the CdS films, formed on the monocrystalline surface and porous silicon by the chemical bath deposition method

*Ryazan state university named for S.A. Yesenin
(Russia, Ryazan)*

doi 10.18411/gq-30-11-2017-02

idsp 000001:gq-30-11-2017-02

Annotation

Raman spectra of light in CdS films formed on the surface of single-crystal and porous silicon are investigated. An explanation is offered for the nature of a wide Raman spectral line in the frequency range 220-275 cm⁻¹.

Key words: Porous silicon, Raman scattering, photovoltaic converter, solar cell, chemical bath deposition method.

Thin films of cadmium sulfide (CdS) made by the chemical bath deposition method can be successfully used as a window layer of photovoltaic solar cells based on p-type silicon [1]. The main advantages of the chemical bath deposition method are the ease of implementation and the possibility of forming high-quality CdS films on large surface areas. Recently, interest has been growing in the problem of the formation of CdS films on the surface of porous silicon in order to improve the characteristics of photovoltaic solar cells and optical sensors has been growing [2].

In this paper we present the results of studying the features of Raman scattering in CdS films formed by the chemical bath on the surface of single-crystal silicon (c-Si) and also on the surface of porous silicon (por-Si) layer. Raman spectra were recorded by the U-1000 spectrometer (Jobin Ivon) in standard geometry, when the laser beam and scattered light are directed along the normal to the surface of the sample. The excitation of Raman scattering in a CdS film was carried out by an argon laser at a wavelength of 488 nm.

As substrates for manufacturing experimental samples, c-Si p-type conductivity plates with a specific resistance of 1 ohm-cm and a surface orientation (100) were used. Before the deposition of the CdS film or the formation of the por-Si layer, the c-Si plates were etched in aqueous KOH solution to obtain a textured surface relief is produced. The por-Si film was formed by anodic electrochemical etching in an electrolyte consisting of HF and C₂H₅OH (ratio 1:1), in galvanostatic mode at a current density of 18 mA/cm² for 10 minutes. The thickness of the por-Si film is 2.2 μm.

Thin films of CdS by precipitation from an aqueous solution containing cadmium chloride CdCl₂ (0.44M) and thiourea N₂H₄CS (0.22M) were formed. At the beginning, a concentrated aqueous solution of ammonia NH₄OH was added to the CdCl₂ solution until the precipitate formed completely dissolved, with a chemical reaction [3]:

The compound [Cd(NH₃)₄]Cl₂ is not stable and dissociates to form a complex ion [Cd(NH₃)₄]²⁺. Then, an aqueous solution of thiourea to the resulting solution is added. The CdS compound is formed due to the chemical interaction of the complex ion with sulfur ions arising upon the dissociation of thiourea [1]: