



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-109-119>  
УДК 669.714, 621.718

Поступила 28.04.2021  
Received 28.04.2021

## ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ: ФОТОН

И. О. САЗОНЕНКО, г. Могилев, Беларусь. E-mail: [sazonenko2@mail.ru](mailto:sazonenko2@mail.ru),  
В. И. САПОН, г. Минск, Беларусь

Для случая взаимодействия поляризованного света с анализатором (поляризационным прибором) предложена схема эксперимента на основе идеи Фейнмана – интегралов по путям. Рассмотрены реальные и виртуальные фотоны в контексте правила Ленца (в терминах конструктивной и деструктивной индукции). Рассмотрена формула Планка для энергии фотона в формате словесного описания. Показана сложность отождествления волнового описания фотона с идеями Древних Греков об элементарных частицах. С точки зрения хроногеометрии показано, что неподвижный наблюдатель существует не в точке пересечения конуса прошлого и будущего, а во временном интервале, разделяющим эти области. Предложено рассматривать флуктуации физического вакуума как реликт процесса перманентной инфляции по Линде.

На основе предположения о самоизмерении Вселенной, квантового эффекта Зенона и идеи Хокинга о Вселенной, являющейся квантовым объектом с  $N$ -й суммой фейнмановских историй, предполагается, что история Вселенной детерминирована. С ракурса ортогональности векторов электромагнитного поля  $E$  и  $B$  рассмотрено равенство Гейзенберга вида  $\Delta p \times \Delta x = \hbar/2$ . Рассмотрен мысленный эксперимент, показывающий сложность в описании взаимодействия фотона с электроном атома с точки зрения классического взаимодействия электромагнитной волны с антенным устройством. Предложено рассматривать поглощение фотона электроном как его инерционный коллапс на атоме.

**Ключевые слова.** Поляризованный свет, правило Ленца в терминах конструктивной и деструктивной индукции, элементарная частица, перманентная инфляция, самоизмерение Вселенной,  $N$ -я сумма фейнмановских историй, инерционный коллапс.

**Для цитирования.** Сазоненко, О.И. Относительность: фотон / О.И. Сазоненко, В.И. Сапон // Литье и металлургия. 2021. № 2. С. 109–119. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-109-119>.

## RELATIVITY: PHOTON

I. O. SAZONENKO, Mogilev, Belarus. E-mail: [sazonenko2@mail.ru](mailto:sazonenko2@mail.ru),  
V.I. SAPON, Minsk, Belarus

For the case of interaction of polarized light with an analyzer (a polarizing device), an experimental scheme based on the Feynman idea of path integrals is proposed. Real and virtual photons are considered in the context of the Lenz rule (in terms of constructive and destructive induction). The Planck formula for the photon energy in the format of a verbal description is considered. The complexity of identifying the wave description of the photon with the ideas of the Ancient Greeks about elementary particles is shown. From the point of view of chronogeometry, it is shown that the stationary observer does not exist at the point of intersection of the cone of the past and the future, but in the time interval separating these regions. It is proposed to consider the fluctuations of the physical vacuum as a relic of the process of permanent inflation according to Linde.

Based on the assumption of the self-measurement of the Universe, the quantum Zeno effect, and Hawking's idea of the Universe being a quantum object with the  $N$ th sum of Feynman stories, it is assumed that the history of the Universe is deterministic. From the perspective of the orthogonality of the electromagnetic field vectors  $E$  and  $B$ , the Heisenberg equation of the form  $\Delta p \times \Delta x = \hbar/2$  is considered. A thought experiment is considered showing the complexity in describing the interaction of a photon with an electron of an atom from the point of view of the classical interaction of an electromagnetic wave with an antenna device. It is proposed to consider the absorption of a photon by an electron as its inertial collapse on an atom.

**Keywords.** Polarized light, Lenz's rule, constructive and destructive induction, elementary particle, permanent inflation, self-measurement of the universe, the  $n$ th sum of Feynman stories, inertial collapse.

**For citation.** I. O. Sazonenko, V. I. Sapon. Relativity: photon. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 2, pp. 109–119. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-2-109-119>.

Один из основных законов, описывающих распространения поляризованного света, – закон Малюса. Он определяет значение интенсивности линейно поляризованного света при его прохождении через анализатор (поляризационный прибор) [1]. Эта зависимость имеет вид:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

где  $I$  – интенсивность выходящего из анализатора света;

$I_0$  – интенсивность падающего на анализатор света;

$\alpha$  – угол между плоскостями поляризации падающего света и анализатора.

На рис. 1 представлена схематическая визуализация этого закона.

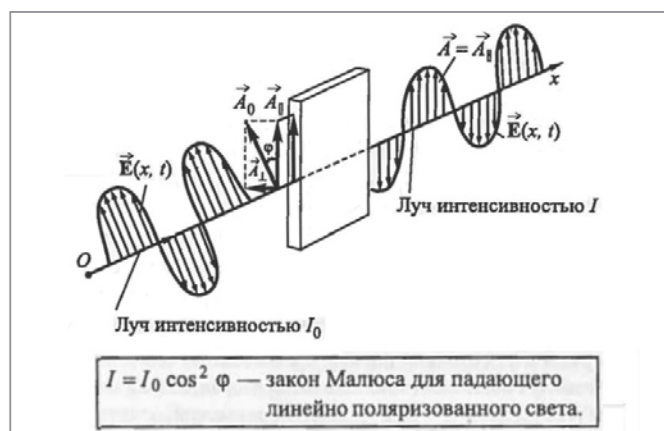


Рис. 1. Закон Малюса (сюжет с сайта <https://en.ppt-online.org/396173>)

Рассматривая данную схему, нам вспомнился дивный сон Чжуан Чжоу [2]: «Однажды я, Чжуан Чжоу, увидел себя во сне бабочкой – счастливой бабочкой, которая порхала среди цветков в свое удовольствие и вовсе не знала, что она – Чжуан Чжоу. Внезапно я проснулся и увидел, что я – Чжуан Чжоу. И я не знал, то ли я Чжуан Чжоу, которому приснилось, что он – бабочка, то ли бабочка, которой приснилось, что она – Чжуан Чжоу». Ведь с этой мистико-философской точки зрения у закона Малюса два варианта возможного взаимодействия линейно поляризованного света с анализатором.

Первый, назовем его условно «классический». Предполагает «дворачивание» анализатором плоскости линейно поляризованных фотонов до своей плоскости с вероятностью  $\cos^2\alpha$ . Таким образом, мы предполагаем существование строго определенной абстрактной плоскости, за пределы которой поляризация фотона «выйти» самостоятельно не может.

Второй, с условным названием «квантовый». Предусматривает возможность существования в соответствующем образом линейно поляризованном свете фотонов с плоскостью поляризации, параллельной плоскости анализатора с вероятностью  $\cos^2\alpha$ , т.е. соответствует условию, что через анализатор проходят только те фотоны, плоскость поляризации которых параллельна плоскости анализатора (такое граничное условие селекции). Основа данного варианта – идея Фейнмана о том, что фотон движется из точки А в точку В по всем мыслимым путям с соответствующими вкладами каждого из путей в траекторию фотона [3].

Соответственно при современном уровне развития нанотехнологий вполне осуществим эксперимент, схематически изображенный на рис. 2. В нашем эксперименте на наноанализатор под некоторым углом к плоскости его поляризации падает линейно поляризованный свет. Соответственно наноанализатор оснащен индикатором угловых перемещений.

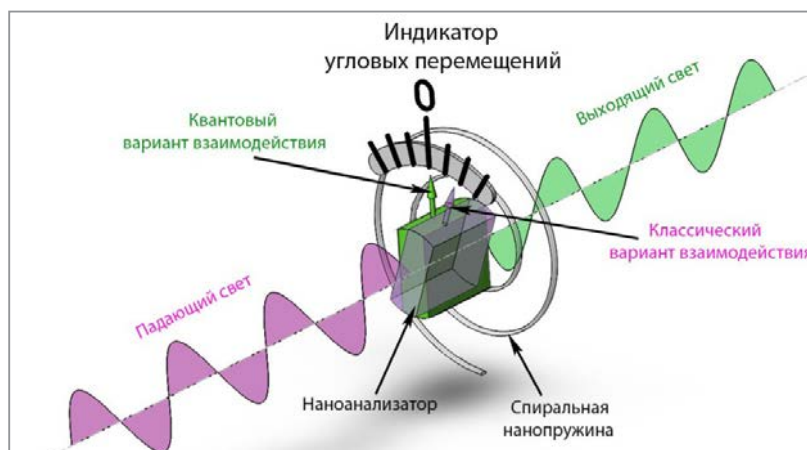


Рис. 2. Схема проведения эксперимента

Предположим, закон сохранения момента количества движения выполняется в квантовом мире. Тогда в случае «классического» варианта индикатор должен зарегистрировать некоторое значение крутящегося момента, пропорционального интенсивности падающего света. В случае с условным названием «квантовый» угловое перемещение наноанализатора должно быть пропорционально разности интенсивностей падающего и выходящего лучей.

Может возникнуть вопрос – зачем мы пытаемся переосмыслить закон, который известен уже очень давно. Дело в том, что закон Малюса и экспериментальная проверка теоремы Белла базируются на одном и том же явлении – взаимодействия света с поляризационным прибором. Теорема утверждает, что локальные теории соответствуют неравенству Белла, в то время как квантовая механика нарушает это неравенство. Другими словами, теорема утверждает, что квантовые параметры не являются локальными (согласно копенгагенской интерпретации, они не являются объектом реальности, т.е. до измерения не существуют). Но вот закон Малюса говорит нам, что поляризация света есть объективная реальность. В противном случае трудно объяснить, почему при совпадении плоскости поляризации падающего света и анализатора интенсивность падающего и выходящего лучей остается неизменной. Здесь уместно привести следующее высказывание, которое приписывают Гедделю по утверждению [4]: «голый результат – это труп, оставивший позади себя тенденцию». Ведь при измерении мы получаем «голый результат», теряя при редукции фон Неймана, что-то сокрытое за понятием «тенденция».

Возможно, Вам доводилось задаваться вопросом. Каково не математическое описание фотона, которое выражает форму, а не его содержание? Мы имеем ввиду не количественное, а качественное представление фотона в терминах волна или частица. В обозримой литературе для фотона, рассматриваемого как частица, мы нашли достаточно скромное описание. Фотоны – это «домены», на которые распадается в данной области пространства электромагнитная волна, поле в которых эквивалентно полю одного фотона [5]. Описание же процесса формирования свободной электромагнитной волны достаточно подробно дано в [6]. Оно базируется на теории Максвелла и использует понятия тока смещения и вихревого электрического поля. Но в этом описании за скобками стоит правило Ленца, и, с нашей точки зрения, – это очень интересный момент. Суть правила примерно в следующем: возникающий индукционный ток имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле стремится компенсировать то изменение поля, которым вызывается данный ток [7].

На рис. 3 показано схематическое изображение процесса формирования свободной электромагнитной волны.

Процесс формирования свободной волны сводится к следующему [6]: «Представим себе, что в некоторой точке  $O$  внутри безграничной непроводящей среды создано каким-либо способом электрическое поле  $E$ . Если нет электрических зарядов, поддерживающих это поле, то оно будет **исчезать**. Но **убывающее** поле  $E$ , согласно Максвеллу, вызывает магнитное поле  $H$ . Так как поле  $E$  **убывает**, то плотность тока смещения  $j = \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$  направлена противоположно  $E$  и линии индукции магнитного поля направлены по часовой стрелке. Так как в среде нет постоянных токов, поддерживающих поле  $H$ , то последнее в свою очередь будет **исчезать** и вызовет вихревое электрическое поле  $E_1$ . Линии напряженности этого поля будут направлены против часовой стрелки, как показано на рис. 3. Поле  $E_1$  уничтожит первоначальное поле  $E$  в точке  $O$ , но зато проявится в соседней точке  $1$ . **Исчезая** в точке  $1$ , электрическое поле  $E_1$  приведет к появлению магнитного поля  $H_1$ , которое будет направлено, как и поле  $H$ , по часовой стрелке. Поле  $H_1$  уничтожит поле  $H$  и обнаружится в более удаленной точке. **Исчезая**, оно вызовет вихревое электрическое поле  $E_2$ , которое уничтожит поле  $E_1$  в точке  $1$ , но проявится в точке  $2$  и т.д. Таким образом, вместо первоначального поля  $E$  мы получим и электрическое, и магнитное поля, взаимно связанные друг с другом и распространяющиеся в пространстве, т.е. электромагнитную волну».

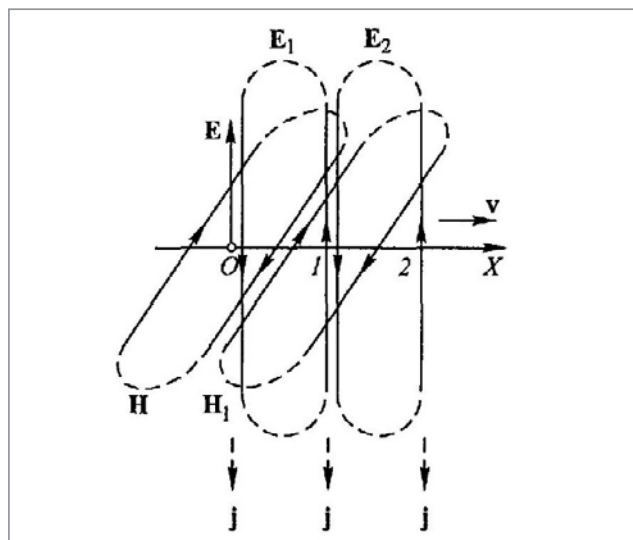


Рис. 3. Процесс формирования свободной электромагнитной волны (сюжет из книги С. Г. Калашникова «Электричество»)

В тексте мы выделили условия существования свободной электромагнитной волны, и оно описывается одним словом – *исчезновение*. Применяя здесь правило Ленца, можно предположить, что убывающее поле поддерживается конструктивной индукцией, обеспечивая процесс существования свободной волны. Соответственно возрастающее поле должно характеризоваться деструктивной индукцией. Такой вид индукции должен приводить к подавлению свободно распространяющихся электромагнитных волн. Возможно, последствие этого процесса – виртуальные электромагнитные волны (фотоны) нашего мира. Но тогда, чтобы существовали виртуальные электромагнитные волны, должен также существовать изначальный этап зарождения этих волн, которые благодаря деструктивной индукции гасятся, так сказать, в зародыше. Вероятно, стремление что-либо «породить» – это исконное свойство вакуума без относительно того, как его называют – истинным или ложным. Ведь каким-то образом давным-давно в нашей истории случился Большой взрыв. А бозон Хиггса потребовался Стандартной теории для того, чтобы придать массу изначально безмассовым частицам (не имеющим массу покоя). Тогда возникает любопытный вопрос. Каковы условия существования электромагнитных волн при возрастающих полях? Ответ прост – они могут существовать вдоль проводных линий и антенн и в этом случае к ним понятие «свободная волна» не применимо. Сразу же возникает следующий наивный вопрос. Каковы граничные условия, которые могли бы послужить проводником, обеспечившим переход тенденции в реальность? Ведь рассмотрение электромагнитной волны в терминах конструктивной и деструктивной индукции приводит к внутреннему ощущению, что наша реальная материя все время пытается «исчезнуть» из нашего пространство-времени, тогда как виртуальная материя пытается «проявиться» в нем... Конечно, может возникнуть закономерный вопрос о правомочности использования в нашем рассуждении логического метода индукции. Но в свое оправдание мы хотим привести, для примера, следующие утверждения, на первый взгляд, не имеющие между собой никакой связи:

- правило Ленца (возникающий индукционный ток имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле стремится компенсировать то изменение поля, которым вызывается данный ток);
- принцип Ле-Шателье (внешнее воздействие на систему, находящуюся в состоянии равновесия, приводит к смещению равновесия в направлении, при котором эффект произведенного воздействия ослабляется);
- квантовый эффект Зенона (чем чаще производится измерение над частицей, тем больше вероятность найти ее в исходном состоянии).

Рассматривая эти правила-принципы, у нас появилась некая внутренняя убежденность. Вряд ли мы сильно погрешим против истины, если возьмемся утверждать – все это, частные описания такого фундаментального свойства материи, как инертность (в ее более узком смысле – инерции). И в данном случае под понятием материи мы принимаем расширенную формулировку, данную автором [4]: *«Современный физический вакуум есть скорее всё, чем ничто»*.

Другой, наивно-простой вопрос – каковы линейные размеры фотона? У фотона, как известно, есть, по крайней мере, одна размерная характеристика – это длина волны, входящая в формулу энергии фотона. Используя общепризнанное схематическое представление электромагнитных волн, мы попробовали изобразить фотон на рис. 4. И вот то, что у нас получилось, вызвало ряд вопросов.

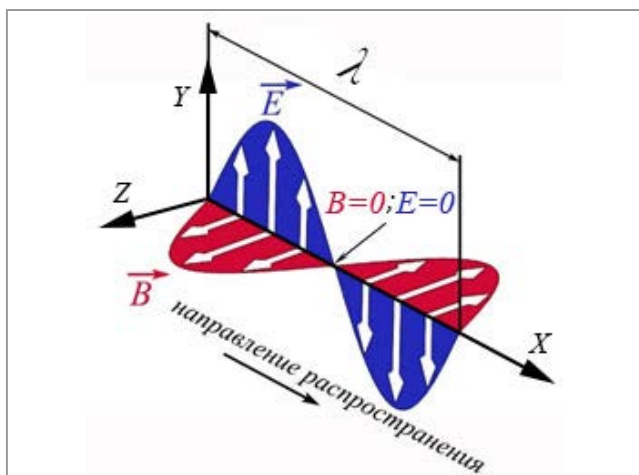


Рис. 4. Фотон как волна на основании общепризнанного представления электромагнитных волн

Рассмотрим следующую ситуацию. Источник единичных фотонов неподвижен относительно наблюдателя. Этим условием мы исключаем из рассмотрения эффект Доплера и его релятивистское расширение. Но тогда в предположении, что фотон является материальным объектом возникает вопрос. Почему на фотон, имеющий в направлении распространения определенную размерную характеристику (длину волны), не действует лоренцево сокращение длины? На наш взгляд, это возможно в случае, когда движение фотона соответствует апории Зенона – «Стрела». Содержание апории сводится к следующему [8]: *«Время полета стрелы можно представить себе в виде множества мгновений, в виде мельчайших неделимых далее элементов; во время полета стрела каждое*

мгновение находится в каком-то определенном месте, и это, в свою очередь, означает, что каждое мгновение она находится в покое...». И вроде, как в случае электромагнитной волны, так оно и есть. Ведь это поперечная волна. Но вот фотон также и частица, как же тогда движется он? (Имеется ввиду движения как порции энергии без деления его на поля E и B, векторы которых ортогональны направлению движения).

Следующий вопрос. Любая монохроматическая волна, ограниченная в пространстве конечным количеством периодов, должна иметь сложный спектр. По современным представлениям фотон – это электромагнитное поле, распавшееся на отдельные области размером порядка длины волны излучения, внутри которых применимо понятие когерентности и содержится вся энергия фотона [5]. Но мы попытались «перевести» знаменитую формулу Планка в формат словесного описания. У нас получилось следующее: энергия фотона пропорциональна количеству единиц Планка, равному количеству длин волн фотона, умещающихся на отрезке длиной  $\approx 300\,000\,000$  м. На рис. 5 дана визуализация формулы Планка. Из рисунка видно, что при условиях, в которых формула «рассматривает» (расчетный отрезок  $\approx 300\,000\,000$  м) энергию фотона, даже волны километровой длины будут выглядеть вполне себе монохроматическими. Но почему это так, не вполне понятно. Отсюда же получается, что предельная длина волны, к которой можно отнести понятие «фотон», равна приблизительно  $300\,000\,000$  м?

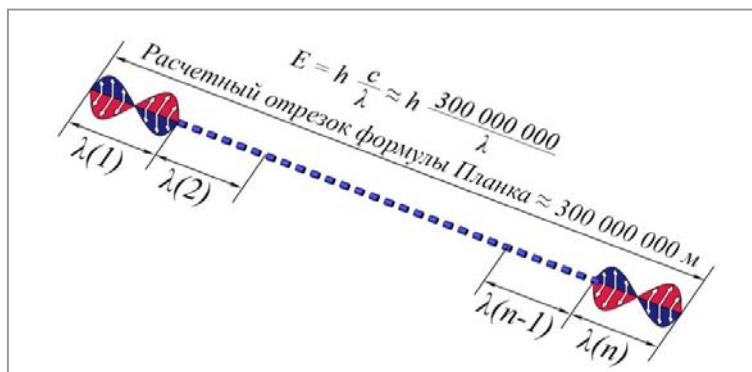


Рис. 5. Визуализация формулы Планка

Теперь предлагаем отойти от общепризнанного представления электромагнитной волны (см. рис. 4) и воспользоваться представлениями Фарадея о силовых линиях, взяв за исходный сюжет из [6]. Здесь следует отметить следующее. Современный взгляд на электромагнитные волны подчеркивает их подобие механическому осциллятору, т.е. массе на пружине [9]. В этой аналогии энергия электрического поля соответствует потенциальной энергии деформации пружины. Энергия магнитного поля – аналог кинетической энергии движущейся массы. Но в классическом механическом осцилляторе при его колебаниях мы наблюдаем переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно. Соответственно мы никогда при колеблющемся осцилляторе не сможем наблюдать состояние, в котором одновременно равны нулю потенциальная и кинетическая энергии (рис. 6). Но в классическом представлении (см. рис. 4) существует состояние, когда энергии электрического и магнитного поля одновременно равны нулю.

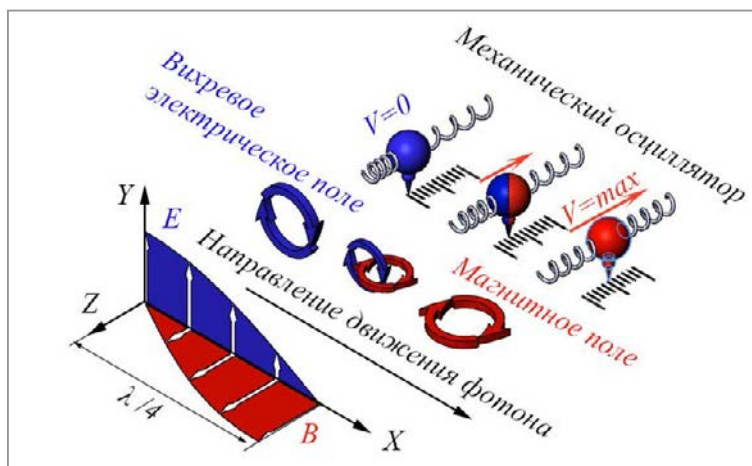


Рис. 6. Фотон по Фарадею и механический осциллятор

Таким образом, у нас получилась странная конструкция фотона (рис. 7). При этом, исходя из аналогии между фотоном и механическим осциллятором, энергия вихревого электрического поля должна преобразовываться в энергию магнитного поля (и наоборот) в пределах пространственной области с размерами  $\lambda/4$  (четверть длины волны) (см. рис. 6).

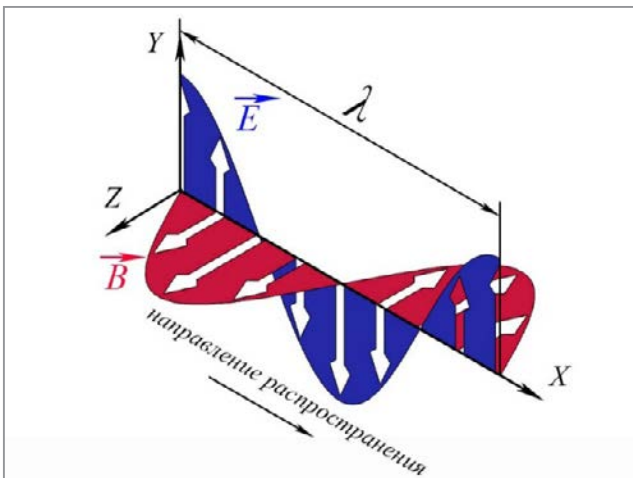


Рис. 7. «Странный» фотон

электромагнетизм – живые и искусственные системы). Все это многообразие, по нашим представлениям, формируется, развивается и умирает со временем. Согласно геометрическому представлению Минковского, мы как наблюдатели существуем в точке настоящего, являющейся точкой пересечения конуса прошлого и конуса будущего. Естественно любое рассмотрение геометрии пространство-времени базируется на понятии систем отсчета. По большому счету в отношении к определению момента времени какого-либо события существуют две системы отсчета: монадная и хроногеометрия [11]. Монадному методу соответствует случай, рассматривающий континуум наблюдателей, т.е. основанный на конгруэнции временно-подобных мировых линий. Хроногеометрия – система отсчета, в которой происходит регистрация приходящих световых сигналов.

Исторически так сложилось, что хроногеометрия отошла на вторые позиции при рассмотрении пространство-времени. Возможно, это произошло из-за следующего высказывания Альберта Эйнштейна [12]: «Желая определить время событий, мы могли бы, конечно, удовлетвориться тем, что заставили бы некоторого наблюдателя, находящегося с часами в начале координат, сопоставлять соответствующее положение стрелки часов с каждым световым сигналом, идущим к нему через пустоту и дающим знать о регистрируемом событии. Такое сопоставление связано, однако, с тем **неудобством**, известным нам из опыта, что оно не будет независимым от местонахождения наблюдателя, снабженного часами.» С тех пор, по-видимому, и повелось рассматривать все события из монадных систем отсчета, которым соответствует плоскость одновременных событий № 1 на нашем рис. 8. Соответственно плоскость одновременных событий хроногеометрии представлена нами под № 2. Эта кривая, описываемая уравнением  $t^2 - x^2 = 1$ .



Рис. 8. Плоскости одновременных событий двух систем отсчета

Еще в прошлом столетии Хазеном высказывалась следующая идея [10]: «Адиабатическое уравнение состояния в классической механике есть аналог соотношения неопределенности Гейзенберга. В специфических формах неопределенность типа гейзенберговской существует для классических механических траекторий». В связи с этим нет ничего удивительного в том, что при некотором перестроении [13] кривая  $\Delta p \cdot \Delta x = \hbar/2$  (где  $\Delta p$  – среднее квадратическое отклонение импульса;  $\Delta x$  – среднее квадратическое отклонение координаты) совпадет с плоскостью одновременных событий в хроногеометрической интерпретации (рис. 9). Соответственно также ложится и другое равенство  $\Delta E \cdot \Delta t = \hbar/2$  (где  $\Delta E$  – среднее квадратическое отклонение энергии;  $\Delta t$  – среднее квадратическое отклонение времени).

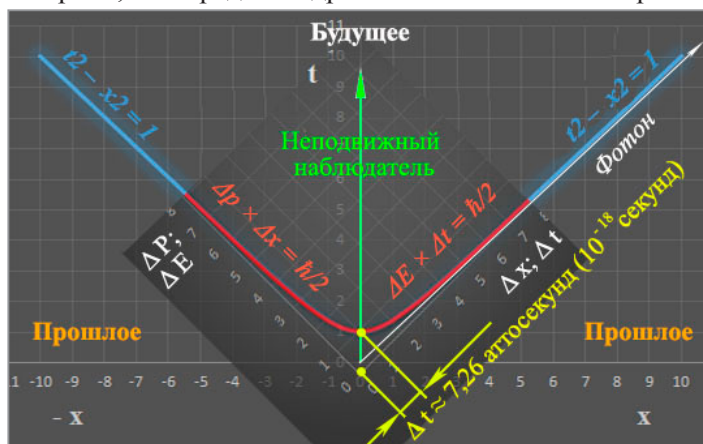


Рис. 9. Совмещение области будущего в хроногеометрии и области действительных значений неравенств Гейзенберга

И если хорошо присмотреться к рисунку, то мы увидим, что настоящее для неподвижного наблюдателя – это не временная точка, а некоторый временной промежуток. Другими словами, постоянная Планка определяет для него:

«...миг

Между прошлым и будущим

Именно он называется жизнь» [14].

И тогда числовое значение временного промежутка в нашей неподвижной системе отсчета (с учетом того, что числовые значения  $\Delta t$  и  $\Delta E$  равны между собой) по порядку величины будет:

$$\Delta E = \Delta t = \sqrt{\hbar / 2} \approx \sqrt{1,054 \cdot 10^{-34} / 2} \approx 7,26 \cdot 10^{-18}.$$

Согласно Ричарду-Фейнману, все электромагнитное взаимодействие можно кратко описать тремя действиями [3]:

- электрон летит из одного места в другое;
- электрон поглощает фотон;
- электрон излучает фотон.

Но перед тем, как электрон полетит из одного место в другое, он должен покинуть соответствующую орбиту в атоме. И очень любопытен тот факт, что, согласно [15], электрон отправляется летать от связей своего родительского атома в невероятно быстром процессе. Все происходящее от начала до конца занимает от 7 до 20 аттосекунд ( $10^{-18}$  с). При сопоставлении этого значения с нашим элементарным расчетом возникает вопрос – это случайное совпадение? Возможно, где-то здесь «маячит» антропный призыв (принцип)?

Предлагаем еще раз, обратиться к идее конструктивной и деструктивной индукции и соответствие ее реальным и виртуальным фотонам. Предположим, конструктивной индукции соответствует электромагнитная волна, амплитуда которой изменяется по синусоидальному закону. Тогда возможно виртуальную электромагнитную волну необходимо рассматривать как лежащую «по другую сторону» от нашей синусоиды (рис. 10).

Далее из этой идеи мы продолжили цепь суждений в сторону стремления вакуума что-либо «породить» без относительности того истинный он или ложный. С этой точки зрения сделаем следующее простейшее предположение о «картинке мира». Процесс рождения Вселенной, в контексте вечной инфляции по Линде, выродился в состоянии виртуальные частицы + квантовая пена по Уилеру в нашем пространство-времени. Другими словами, его величество Вакуум – реликт перманентной инфляции.

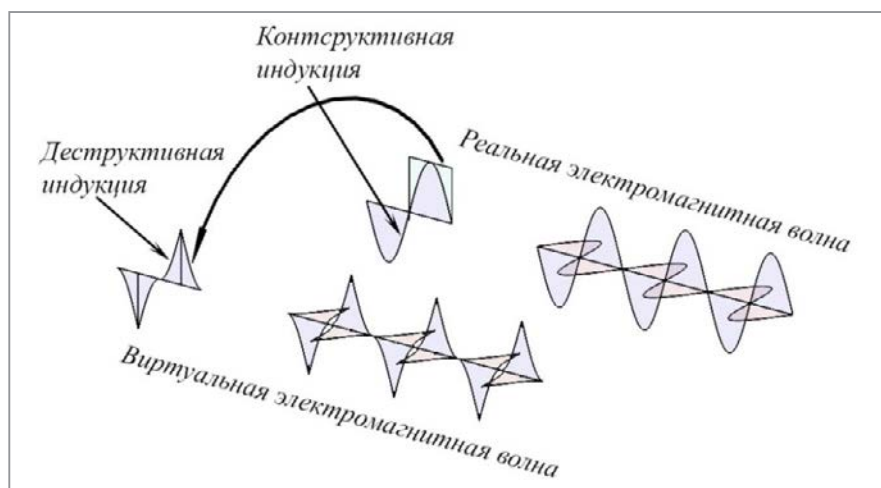


Рис. 10. Реальная и виртуальная электромагнитная волна

Зададимся резонным вопросом. Чем процесс рождения виртуальных частиц не перманентная инфляция Линде в миниатюре? Ведь если взять за основу идею деструктивной индукции, то любая виртуальная частица – это «неудавшаяся попытка» зарождения другой Вселенной в рамках нашей Вселенной. Следующий шаг. Вакуум определяет пространственно-временную конфигурацию нашей Вселенной. Он, выражаясь терминами математических задач, является граничным условием существования нашей Вселенной. И такая граница полностью соответствует интересному мнению из [16]: «Граница Вселенной не может находиться в одном фиксированном месте, так как согласно космологическому принципу во Вселенной не могут существовать привилегированные точки и направления. Поэтому граница Вселенной должна проходить через любую произвольную точку...». Пройдем еще чуть-чуть далее по обозначенному нами пути. Сделаем следующее допущение: флуктуации вакуума есть перманентная процедура измерения нашего реального четырехмерного пространство-времени. Воспользуемся, в контексте самоизмерения Вселенной квантовым эффектом Зенона и идеей Хокинга о том, что Вселенная является квантовым объектом с  $N$ -й суммой фейнмановских историй [17]. В результате получим механизм, по которому в момент рождения Вселенной, ей из множества вариантов историй выпал один единственный, по которому сейчас она и движется. С нашей точки зрения история Вселенной детерминирована.

Неравенства Гейзенберга – это удивительнейшие по своей простоте математические выражения. Считается, что одно из них описывает возможность появления в вакууме виртуальных частиц с массой, эквивалентной энергии  $\Delta E$  на время  $\Delta t$ , т.е. в данном случае его необходимо рассматривать как равенство. Но мы, в литературе по квантовой механике, нигде не встречали запрета на существование обратного процесса – «исчезновение» массы эквивалентной энергии  $\Delta E$  на время  $\Delta t$ .

При квантовом подходе к описанию фотона принято рассматривать операторы  $\Delta E$  и  $\Delta E/\Delta t$  как не коммутирующие [5]. Оператор  $\Delta E/\Delta t$  в свою очередь определяет значение тока смещения и соответственно магнитное поле. Также не оспорим тот факт, что векторы электромагнитного поля  $E$  и  $B$  взаимно ортогональны. Давайте с этого ракурса рассмотрим равенство Гейзенберга вида  $\Delta p \cdot \Delta x = \hbar/2$  (где  $\Delta p$  – среднеквадратическое отклонение импульса;  $\Delta x$  – среднеквадратическое отклонение координаты). Известно – импульс векторная величина [18]. В трехмерном пространстве произвольный импульс раскладывается на три проекции. С наивной точки зрения в нем «заключена» структура наших трех пространственных измерений.

Если теперь в нашем равенстве вида  $\Delta p \cdot \Delta x = \hbar/2$  предположить, что в импульсе «заключены» три наших пространственных измерения, то тогда любая ортогональная к нему координата может находиться только в другом измерении. Такая интерпретация позволяет получить ситуацию, в которой периодически изменяющийся импульс будет преобразовываться в дополнительное измерение (рис. 11).

В квантовой механике принято рассматривать частицы, имеющие массы покоя, как волну де Бройля. Естественно возникает желание представить частицу как механический осциллятор. В нем мы бы допустили переход импульса в дополнительное пространственное измерение. Обладая врожденным отсутствием должного пиетета к математическим формулировкам, мы вычеркнули из нашего арифметического действия понятие физической корректности. В равенстве Гейзенберга, связывающего неопределенность импульса с неопределенностью положения частицы, мы допустили изменение импульса по



косинусоидальному закону. Соответственно получили следующее выражение для неопределенности координаты:

$$\Delta x = \frac{\hbar}{2\Delta p_0 \cos \alpha},$$

где  $\hbar$  – постоянная Дирака;

$\Delta p_0$  – амплитуда неопределенности импульса.

На основании этого выражения мы провели некоторые расчеты. За амплитуду неопределенности импульса было взято значение импульса ультрахолодного нейтрона, рассматриваемого в работе [19], при его 1D-движении. На рис. 12 отображены результаты расчетов. В нашем расчете значение дополнительного измерения получилось ограниченным предельным значением  $1,515 \cdot 10^{11}$  м. Это ограничение вызвано применением программного средства таблиц Excel. В теории значение стремится к бесконечности. Такой результат вполне себе в духе фейнмановских идей интегралов по путям. При таком подходе возможна следующая трактовка. Стремящаяся к нулю вероятность обнаружения в данном месте частицы – это следствие перехода импульса в дополнительное измерение, теоретически в бесконечность.

Несколько сложнее, по нашему мнению, дела обстоят в случае фотона. По идеям волнового электромагнетизма «внутри» его должен осуществляться переход энергии электрического поля в магнитное и наоборот. Если твердо стать на представление Фарадея о силовых линиях, то можно предложить следующий мысленный эксперимент (рис. 13). В нем в качестве детекторов электрического и магнитного полей задействованы углеродные нанотрубки. Одна из них размещена в зоне вихревого электрического поля и выполняет роль нанополосы. Но в отличие от нанополос, которые используются для прямого преобразования света в электричество [20], наша нанотрубка

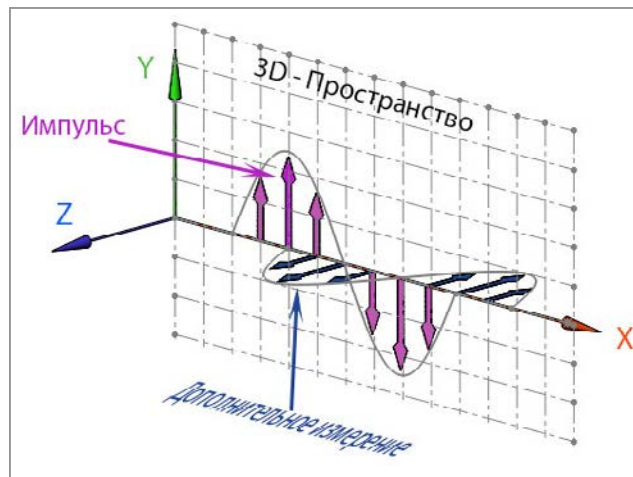


Рис. 11. Преобразование импульса в дополнительное измерение

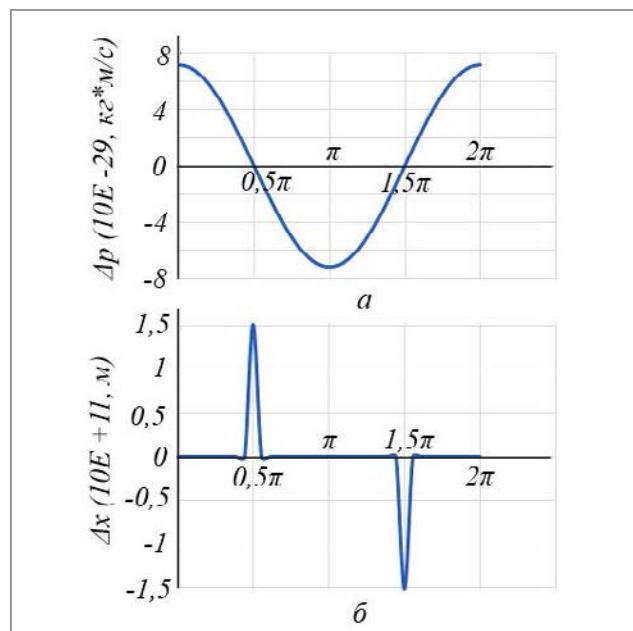


Рис. 12. Результат расчетов: а – изменение импульса; б – изменение дополнительного измерения

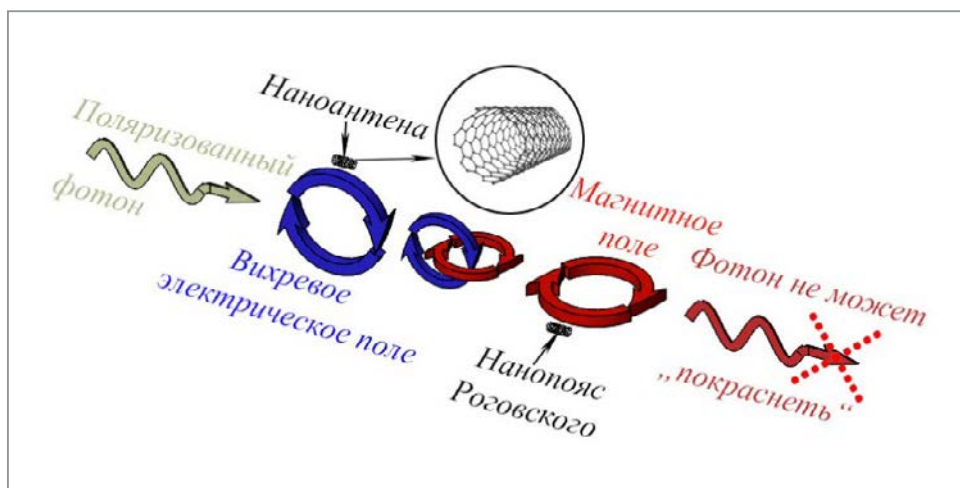


Рис. 13. Мысленный эксперимент по детектированию фотона как волны

должна иметь длину существенно меньше  $\lambda/4$  (четверть длины волны) фотона. Соответственно такая же нанотрубка, помещенная в зоне магнитного поля, могла бы выполнить роль фрагмента короткозамкнутого пояса Роговского. При прохождении такой наноструктуры фотоном в предположении, что он электромагнитная волна, можно было бы ожидать «покраснение» фотона на выходе из нашего устройства. Но проблема в том, что, как известно, фотон, взаимодействуя с электроном атома, переводит его на более высокий энергетический уровень, поглощаясь при этом целиком, без остатка.

Таким образом, в нашем мысленном эксперименте возникает следующий вопрос. Возможно ли взаимодействие фотона с какой-либо материальной структурой без его поглощения и переизлучения электроном? По всем квантовым канонам такого взаимодействия быть не должно.

Но тогда возникает вопрос. Каким образом энергия фотона, заключенная, согласно [5] в объеме  $\lambda^3$ , переходит в объем, занимаемый возбуждаемым атомом, который заведомо меньше? Приведем пример. Важнейшие спектральные линии гелия в видимой части спектра лежат между 706,52 и 447,14 нм, а размер атома гелия имеет радиус порядка 32 пм. На рис. 14 мы попытались воспроизвести соотношение масштабов фотона и атома гелия. В рамках нашего рисунка это получилось не совсем корректно. Чтобы хоть как-то в выбранном масштабе атом отобразить в виде точки, нам пришлось увеличить его размер в 100 раз.

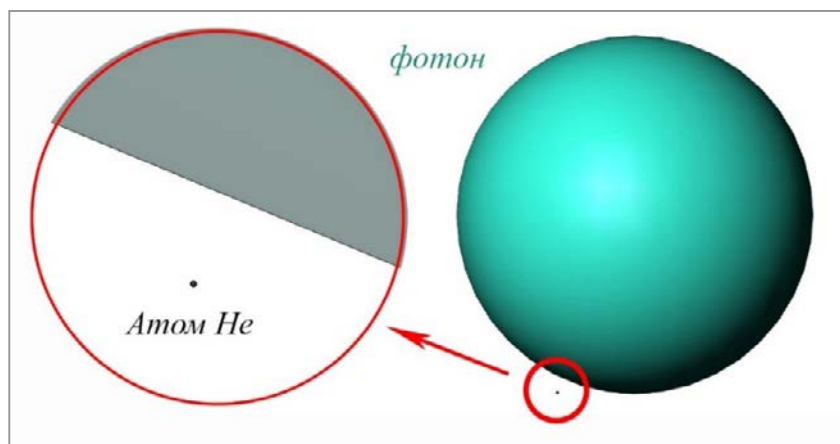


Рис. 14. Отношение масштабов фотона с длиной волны 447,14 нм и атома гелия (32 пм)

При таких соотношениях размеров наши классические представления о взаимодействии электромагнитных волн с антенными устройствами явно не подойдут. Как ни странно, но простейшее объяснение взаимодействия в данном случае могло бы основываться на эйнштейновском принципе эквивалентности, который он использовал при построении общей теории относительности. Ведь фотон всегда фотон. Он летит и поглощается всегда с одной и той же скоростью – скоростью света. При поглощении в зоне «контакта» он должен «затормозиться». А поле инерционных сил обладает интересным свойством «включаться» и «выключаться» в силу отсутствия у него источников. Рассмотрение этого же поля в терминах «дальнодействующих» и «близкодействующих» сил приведет нас к выводу, что оно является короткодействующим. По определению оно вряд ли может выйти за пределы взаимодействующих тел. Используя эти соображения, можно тогда рассматривать поглощение фотона электроном как его инерционный коллапс на атоме. И эта довольно странная идея, в конечном итоге, появилась на основе понятий, известных нам со школьной и институтской скамьи.

В заключение хотелось бы отметить. Как и в предыдущих публикациях, мы попытались посмотреть на наш мир взглядом человека, непосредственно не связанного в профессиональной деятельности с областью знаний под названием «физика микромира» и «космология».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физическая энциклопедия / А. М. Прохоров и др. М.: Большая Рос. энциклопедия. 1992. Т. 3. 672 с.
2. Чжуан-цзы, Ле-цзы / Пер. с кит. В. В. Малявина. М.: Мысль, 1995. 439. с.
3. Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества / Пер. с англ. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 144. с.
4. Полищук Р. Ф. Современная картина мира. [http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk\\_kartina.pdf](http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/polischuk_kartina.pdf)
5. Канавин А. П., Крохин О. Н. Что такое фотон: структура и волновая функция // Квантовая электроника. 2018. Т. 48. № 8. С. 711–714. с.
6. Калашников С. Г. Электричество: Учеб. пособ. 6-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 624. с.

7. **Кабардин О.Ф.** Физика. Справ. материалы. Учеб. пособ. для учащихся. 3-е изд. М.: Просвещение, 1991. 367. с.
8. **Кессиди Ф.** От мифа к логосу: Становление греческой философии / А.Е. Зимбули. Алетейя, 2003. 360 с.
9. **Зельдович Я.Б.** Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии // Успехи физических наук. Март 1981 г., Т. 133. Вып. 3. С. 479–503.
10. **Хазен А.М.** Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. 2-е изд. М.:РАУБ, 1998. 241 с.
11. **Владимиров Ю.С.** Системы отсчета в теории гравитации. М.: Энергоиздат, 1982. 256 с.
12. **Эйнштейн А.** Собрание научных трудов. Работы по теории относительности. 1905–1920. Т. 1. М.: Наука, 1965. 702 с.
13. **Сазоненко И.О., Сазоненко В.И.** Частная теория относительности: взгляд стороннего наблюдателя // Литье и металлургия. 2019. № 4. С. 26–30.
14. Песня из кинофильма «Земля Санникова». сл. Леонида Дербенева.
15. Ученые измерили самый маленький отрезок времени в истории. <https://www.sciencealert.com/scientists-measure-the-smallest-fragment-of-time-ever-witness-an-electron-escaping-an-atom>.
16. **Лешан К.З.** От конечной Вселенной – к дырочному вакууму. <http://holevacuum.narod.ru/>
17. **Хокинг С., Млодинов Л.** Высший замысел / Пер.с англ. СПб.: Амфора. ТИД. Амфора, 2013. 208 с.
18. Физическая энциклопедия. М.: Большая Рос. энциклопедия, 1992. т. 2. 705 с.
19. **Артемьев В.А.** О взаимодействии ультрахолодных нейтронов вблизи поверхности твердых тел // Письма в журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра». 2002. № 2. С. 56–65.
20. Наноантенна. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Наноантенна>.