

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350452900>

Что такое фотоны

Preprint · March 2021

DOI: 10.13140/RG.2.2.20829.13281

CITATIONS

0

READS

4,148

1 author:



Valeriy Pakulin

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

44 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



The Nature of Gravity [View project](#)



What are photons? [View project](#)

Валерий Пакулин
Санкт-Петербург, Россия
valpak@yandex.ru

Что такое фотоны

Все говорят о фотонах. Но никто не знает, это частица или волна. Все говорят, что фотоны не имеют массы. Но никто не знает, как без массы фотон несет энергию, импульс и момент. Все говорят, что фотоны движутся по инерции. Но если нет массы, то откуда берется инерция? Все знают, что в реакции аннигиляции электрон и позитрон превращаются в два фотона и наоборот. Но, зная это, все продолжают говорить об элементарности и неделимости фотона и электрона. Реальность и проще, и сложнее. Фотоны есть частицы вещества из спаренных вихревых нейтрино. Непрерывное вращение нейтрино в среде электромагнитного поля обеспечивает движение фотона со скоростью света. А все оптические явления связаны с размерами фотона.

Ключевые слова: фотон, нейтрино, электромагнитное поле, свет.

Содержание

Термины и определения.....	2
Введение	2
1. В какой среде мы живем?	3
2. Как устроены фотоны?	4
3. Имеют ли фотоны массу?.....	5
4. А Солнце притягивает фотоны?.....	6
5. Какие особенности имеют вихри?	6
6. Почему свет движется со скоростью света?	7
7. Можно ли моделировать самодвижение фотона?	8
8. Почему фотон имеет волновые свойства?	9
9. Красное смещение определяется усталостью фотонов?	9
10. Отражение и преломление света — это просто разворот фотонов?	11
11. Полное внутреннее отражение света — тоже чистая механика?	12
12. Является ли дифракция только волновым процессом?	13
13. Может ли свет закручиваться?	14
14. Основная функция фотонов — перенос момента импульса?.....	14
Заключение	16
Литература	16

Термины и определения

Материя – субстанция из трех вложенных фаз, заполняющих Вселенную: праматерии (Тёмной энергии), электромагнитного поля (Тёмной материи) и вещества.

Праматерия (Тёмная энергия) – основополагающее фазовое состояние материи в виде невидимой дисперсной среды, заполняющей все пространство.

Электромагнитное поле (Тёмная материя) – фазовое состояние материи в виде невидимой среды вихревых сгущений праматерии.

Гравитоны – мельчайшие частицы среды электромагнитного поля в виде вихрей праматерии.

Скорость света – значение тепловой скорости гравитонов.

Электрическое поле – поступательные потоки вихревой среды электромагнитного поля.

Магнитное поле – кольцевой вихревой поток среды электромагнитного поля.

Вещество – фазовое состояние материи в виде вихревых сгущений электромагнитного поля.

Нейтрино и антинейтрино – мельчайшие частицы вещества в виде вихрей электромагнитного поля. Это единственные элементарные частицы. Остальные частицы составные.

Фотоны и электроны – частицы вещества из спаренных нейтрино.

Антифотон и позитрон – частицы вещества из спаренных антинейтрино.

Масса – количество (кг) гравитонов в материальном теле.

Электромагнитная (релятивистская) масса – количество (кг) гравитонов в пограничном вихревом слое среды электромагнитного поля, присоединенном к материальному телу.

Электрический заряд – количество (кг/с) гравитонов электромагнитного поля, испускаемых электронами или позитронами в виде лучевых потоков, вращающихся с около световой скоростью.

Красное смещение – смещение линий в спектрах излучения галактик к красному концу спектра.

Космический микроволновый фон – «белый шум» среды электромагнитного поля.

Введение

Вселенная заполнена светом. На один нуклон приходится не менее 20 миллиардов фотонов. Можно сказать, что мы живем в *среде фотонов*. Потоки фотонов являются для нас основным источником информации о космосе. И тем не менее, это самая непонятная частица в наших представлениях о природе. Мы не понимаем, почему

- фотон не имеет массы, хотя обладает энергией, импульсом и моментом,
- фотоны проявляют волновые свойства, хотя являются частицей,
- фотоны непрерывно движутся со скоростью света,
- фотоны переносят электромагнитное взаимодействие.

В релятивистской картине мира электромагнитная волна представлена потоком фотонов, имеющих волновые свойства. Фотоны летят через пустое (по сути – математическое) пространство, не взаимодействуя с ним. Релятивистская физика, — это чисто математическая теория, которая не разрабатывает физических моделей реальных природных явлений, которые она исследует математическими методами. Выявленные ею эффекты по сути есть математические теоремы. Они должны браться как данность, без разъяснений и пояснений. В этом разделе физической науки

существует правило, что природа любого физического явления не обязана быть нам понятна, вполне достаточно его математического отображения.

Мы считаем, однако, что понять физическое явление означает чётко представить в своем сознании (вообразить) весь механизм его проявления. Поэтому в данной работе мы описываем *наглядную* физическую модель фотона в различных оптических явлениях.

1. В какой среде мы живем?

Экспериментально установлено, что в окружающем нас мире имеется три вида материи, различающиеся по своим свойствам. Мы предполагаем, что данные виды есть три фазовых состояния материи: *праматерия* (тёмная энергия), *электромагнитное поле* (тёмная материя), *вещество* [1].

На рисунке 1 слева изображена схема вложенных фаз материи нашей Вселенной. Праматерия составляет 72,6%, поле — 23%, вещество — 4,4% от общего количества материи. Фазовые переходы происходят при гравитационных коллапсах и в джетах.

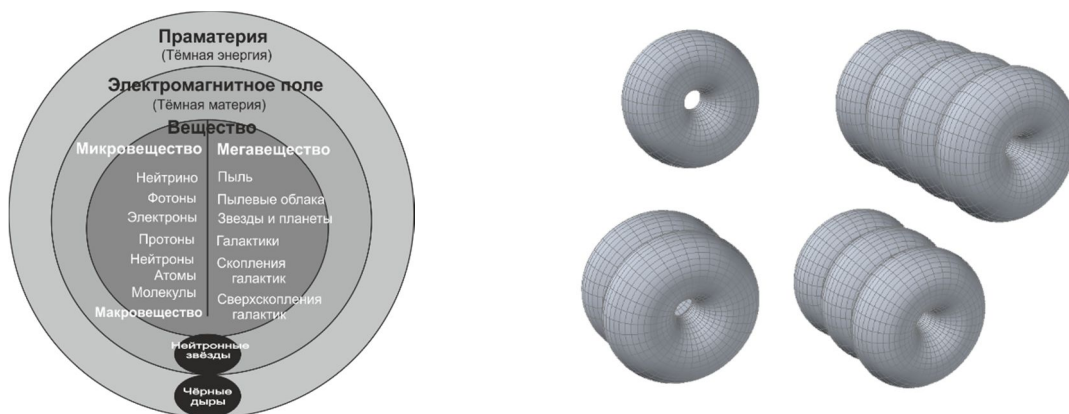


Рисунок 1. Схема трех вложенных фаз материи и вид гравитонов

Раньше праматерию называли *эфиром*. Это легчайший газ с высокой степенью проницаемости. Мельчайшие частицы этого газа обладают высшей, чем для каких-либо иных газов, скоростью своего поступательного движения. Праматерия не структурирована. Поэтому мы не можем измерить ее параметры.

В среде праматерии зарождается множество малых замкнутых вихрей, образующих свою вложенную среду. Мы называем эту среду *электромагнитным полем*. Мельчайшие вихревые частицы этой среды — *гравитоны* — непрерывно движутся со скоростью света (рисунок 1 справа). Электрическое и магнитное поля представляют собой поступательный и вращательный потоки этой среды. Аналогом служат ветры и вихри в воздушной среде. В существовании среды электромагнитного поля мы убеждаемся всякий раз, когда подносим к уху мобильный телефон.

В среде электромагнитного поля также зарождается множество малых замкнутых вихрей, образующих третью вложенную среду — *вещество*. Мельчайшие вихревые частицы вещества — *нейтрино* (спин $-1/2$) и *антинейтрино* (спин $1/2$) — представляют собой торообразные вихревые сгущения среды *электромагнитного поля* (рисунок 2 слева). Условно можно разделить вращение нейтрино на кольцевое и тороидальное. При этом нейтрино вращаются как левовинтовые, а антинейтрино — как правовинтовые вихри. Они непрерывно движутся в среде гравитонов [2].

2. Как устроены фотоны?

Инфракрасное излучение, свет, рентгеновское и гамма излучения представляют собой потоки фотонов. Фотоны — это частицы вещества (А. Эйнштейн, Нобелевская премия, 1921). Хотя некоторые до сих пор считают фотоны электромагнитной волной. Правда, волна должна расплываться по всему пространству. А если волна ограничена и устойчива, то она должна быть замкнутым потоком, т.е. *вихрем*.

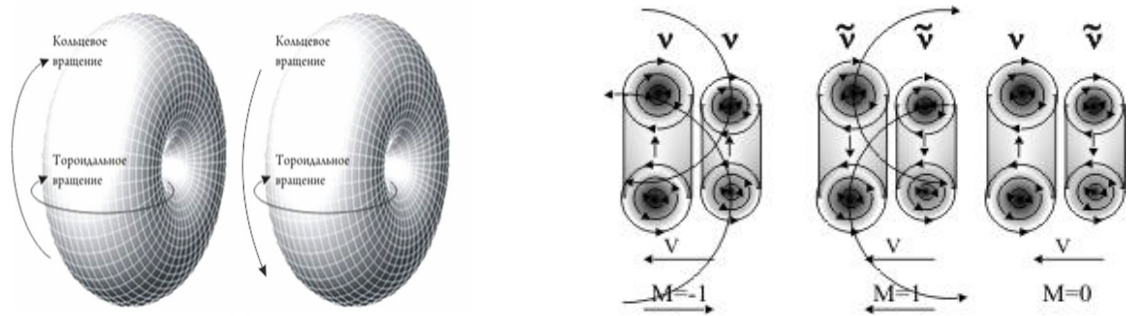


Рисунок 2. Схема нейтрино и антинейтрино, фотона и антифотона

Луи де Бройль считал, что *фотоны* состоят из двух нейтрино, а *антифотоны* из двух антинейтрино [3]. Фотоны из нейтрино левовинтовые (спин -1), а антифотоны из антинейтрино — правовинтовые (спин 1). Это определяет *поляризацию* света. В обычном свете количество фотонов равно числу антифотонов. Рисунок 2 справа показывает, что возможно соединение нейтрино с антинейтрино. Такие «Темные фотоны» являются идеальными кандидатами на роль частиц «Темной материи». Частота кольцевого вращения фотона определяет цвет света, т.е. длину волны.

Непрерывное тороидальное вращение нейтрино в фотоне увлекает прилегающий пограничный слой среды электромагнитного поля. Направление потоков показано стрелками на рисунке 2 справа. Обтекающий фотоны вихревой поток гравитонов поля создает по закону Бернулли градиент нормального давления среды. Эта *сила отталкивания* со стороны внешней среды обеспечивает *притяжение* нейтрино в фотоне, т.е. обеспечивает стабильность частицы.

Нейтрино в фотоне постоянно меняются местами, изменяя свои размеры, и проходя друг сквозь друга по принципу «игры вихревых колец» (рисунок 3 слева) [4].

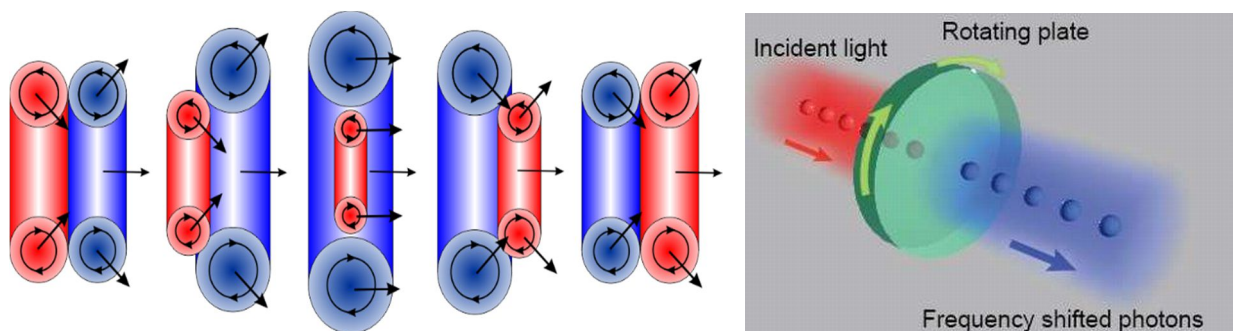


Рисунок 3. Игра вихревых колец нейтрино в фотоне и схема эксперимента

Экспериментально описанная структура фотона подтверждается, например, реакцией аннигиляции, т.е. взаимопревращением фотона в электрон, а антифотона — в позитрон. Другой пример — обратный Комптон-эффект (рисунок 3 справа). Профессор Thomas Zentgraf, доктор Guixin

Li и профессор Shuang Zhang из Бирмингемского университета (University of Birmingham) экспериментальным путем показали изменение энергии фотонов, проходящих через быстро вращающуюся прозрачную среду.

3. Имеют ли фотоны массу?

Все материальные фермионы имеют инертность, гравитационное поле и обладают весом. А какими свойствами обладает фотон? Утверждения, что фотоны являются безмассовыми квантами «энергии» или «электромагнитного поля», не обоснованы. Энергия есть свойство объекта. Ни в электрических, ни в магнитных полях фотонов не обнаружено. То же относится к признанию света электромагнитной волной. Фотон не переносит электромагнитные взаимодействия. Фотоэффект, эффект Комптона, комбинационное рассеяние фотонов ясно говорят о корпускулярном строении фотонов. Поэтому фотон должен обладать массой. «Без массы» — значит «не существует».

Основное уравнение теории относительности определяет соотношение между массой и энергией:

$$E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4; \quad \vec{p} = \frac{\vec{v} E}{c^2}. \quad (1)$$

Рассмотрим систему из двух фотонов. Если фотоны летят в одном направлении, то масса этой системы равна нулю. Каждый из фотонов, следовательно, также будет иметь нулевую массу. Но пусть фотоны летят в противоположные стороны с одинаковыми энергиями E . Суммарный импульс такой системы равен нулю, а суммарная энергия (она же энергия покоя системы двух фотонов) равна $2E$. Тогда масса этой системы равна $2E/c^2$, а масса каждого из фотонов равна E/c^2 . Такое формальное рассмотрение понятия массы требует дополнительно более подробного неформального анализа.

Известны прямая и обратная реакции аннигиляции $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$ и $2\gamma \rightarrow e^- + e^+$. Они показывают нам, что пара заряженных фермионов электрон-позитрон может превращаться в пару нейтральных бозонов фотон-антифотон и наоборот. Электрон с фотоном и позитрон с антифотоном являются *суперсимметричными партнерами*. Они содержат по два нейтрино или по два антинейтрино. В реакции аннигиляции масса как *количество материи в теле* не может исчезнуть. Изменяется лишь структура, взаиморасположение нейтрино и антинейтрино. Масса электрона и позитрона переходит в массу фотона и антифотона.

Энергия E и импульс p являются компонентами четырехмерного вектора, подобно четырехмерным координатам t и r . Поэтому уравнение (1) справедливо для каждой из координат во всем интервале скоростей. Частицы являются не *точечными* объектами, а *осесимметричными вихрями*. Их движение следует рассматривать в цилиндрической системе координат, так как в кольцевых вихрях осуществляются независимые движения вдоль оси и по углу. Полная энергия складывается из энергии поступательного движения и энергии вращения. Поэтому перепишем уравнение (1) для независимых поступательного и вращательного движений вихря:

$$(E_z)^2 - p_z^2 c^2 = m_z^2 c^4, \quad \vec{p}_z = \vec{v}_z E_z / c^2; \quad (2)$$

$$(E_\varphi)^2 - p_\varphi^2 c^2 = m_\varphi^2 c^4, \quad \vec{p}_\varphi = \vec{v}_\varphi E_\varphi / c^2. \quad (3)$$

В уравнениях введены обозначения m_z для *продольной* инертности и m_φ для *поперечной* инертности. Применим уравнение (3) для углового движения фотона. Пусть импульс p_φ равен нулю. Физически это означает остановку кольцевого вращения. Но сохраняются тороидальные потоки колец нейтрино с около световой скоростью. Энергия этих потоков является энергией покоя фотона.

При $p_\phi = 0$ фотон будет иметь поперечную инертность (массу) m_ϕ . Поперечная инертность m_ϕ определяется энергией фотона при отсутствии движения в поперечном направлении. Это есть энергия тороидального вращения гравитонов в двух кольцах нейтрино. Но точно так же выражается энергия покоя для электрона [4]. Следовательно, *поперечная инертность фотона равна продольной инертности электрона m_e* , т.е. масса фотона равна массе электрона.

Масса фотона проявляет себя в энергии и поперечной инертности. Фотоны безынерционны только в продольном направлении, когда их инертная «продольная» масса равна нулю. Луч света является символом прямолинейности. Прямолинейность светового потока обусловлена наличием у фотонов поперечной инертности. Чтобы отклонить фотоны в поперечном направлении, нужно преодолеть инертность поперечной массы. В уравнении (1) масса представляется как потенциальная энергия электрона. Но при рассмотрении более широкой системы она оказывается кинетической энергией потоков гравитонов.

Вращающиеся фотоны увлекают пограничный слой среды электромагнитного поля. Массу потока увлеченных гравитонов мы называем *электромагнитной (релятивистской) массой* [5].

4. А Солнце притягивает фотоны?

Так как фотоны имеют электромагнитную массу, то на них в гравитационном поле действует сила тяготения [6]. Из эксперимента известно притяжение лучей света полем тяготения при прохождении их вблизи Солнца. Из общей теории относительности следует, что сила \mathbf{F} со стороны тела с большой массой M , действующая на легкую частицу с энергией E , движущуюся со скоростью v , определяется тензором энергии-импульса и равна [7]:

$$\vec{F} = -G \frac{ME}{c^2 r^3} [(1 + \beta^2) \vec{r} - (\vec{r} \vec{\beta}) \vec{\beta}], \quad \vec{\beta} = \vec{v}/c.$$

Теория говорит, что величина, играющая роль «пассивной гравитационной массы», зависит не только от энергии частицы, но и от взаимного направления векторов \mathbf{r} и \mathbf{v} . Если фотон летит вертикально ($\mathbf{v} \parallel \mathbf{r}$), то его «гравитационная масса» равна E/c^2 . Если же фотон летит горизонтально ($\mathbf{v} \perp \mathbf{r}$), то его «гравитационная масса» в два раза больше и равна $2 E/c^2$.

В первом случае инертности в продольном направлении нет. Взаимодействие поля тяготения происходит только с поперечной инертностью. Во втором случае, кроме поперечной инертности, проявляется продольная инертность, связанная с энергией движения фотона.

5. Какие особенности имеют вихри?

Движение быстровращающихся вихрей не подчиняется второму закону Ньютона: движение оси вихря определяется направлением не силы, а момента внешней силы. Вихрь будет изменять свои размеры при действии на него силы F в осевом направлении (рисунок 4 слева). Сила F будет толкать оси двух вихрей вверх, где вращающиеся частицы жидкости движутся в противоположные стороны: влево в левой части кольца и вправо — в правой части. Следовательно, кольцо будет растягиваться, т.е. *двигаться перпендикулярно приложенной силе*. Если сила будет направлена вниз, навстречу движению, то размеры кольца должны уменьшиться [8].

Пусть теперь на быстровращающийся тороидальный вихрь, изображенный на рисунке 4 (справа), действует внешняя сила F , направленная влево. Тогда центры круговых линий тока сместятся влево, где вращающаяся жидкость направлена вниз в левой части кольца и вверх — в правой части кольца. Под действием поперечной силы ось тора будет разворачиваться против

часовой стрелки. Вихрь не может свободно двигаться в поперечном направлении. Он обладает *поперечной инертностью*, т.е. *массой*.

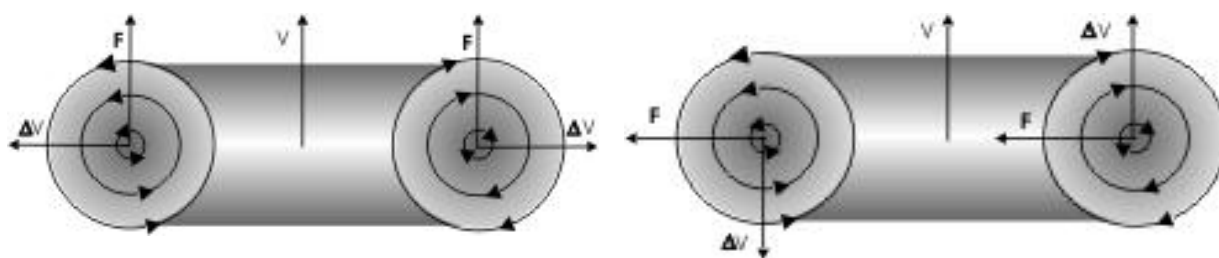


Рисунок 4. Действие силы F на вихревое кольцо: V – скорость, ΔV – ускорение

Вихревое кольцо не может оставаться неподвижным. Оно будет двигаться вдоль оси, в ту сторону, в которую жидкость вытекает из кольца. На рисунке 5 (слева) представлено сечение тороидального вихря в среде. Левый вихрь вращается против часовой стрелки. Он увлекает за собой пограничный слой полевой среды. В месте размещения правого вихря этот поток направлен вверх. Точно так же правый вихрь, вращающийся по часовой стрелке, образует поток среды в месте расположения оси левого вихря вверх с постоянной скоростью. Левый вихрь перемещает вверх правый, а правый вихрь перемещает вверх левый.

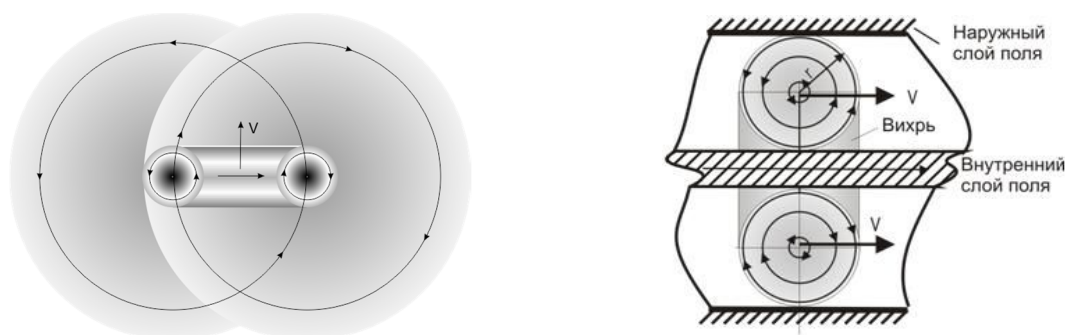


Рисунок 5. Движение вихря в вязкой среде

Своей наружной частью тороидальный вихрь как бы «катится» по наружному трубчатому слою сцепленного с ним поля (рисунок 5 справа). Наружный слой поля отбрасывается назад, а внутренний слой поля выбрасывается вперед. Площадь наружного слоя больше площади внутреннего слоя. Разность между этими площадями обеспечивает импульс вихря.

6. Почему свет движется со скоростью света?

Условием поступательного перемещения вихря является наличие вязкости среды. Частое утверждение о движении «безмассовых» микрочастиц как «безопорном» не обосновано. Чтобы двигаться, надо от чего-то отталкиваться. Кольцевой вихрь имеет собственный «двигатель» в виде тороидального вращения. Нейтрино и фотоны *отталкиваются от окружающей вязкой среды* вихревых гравитонов (рисунок 6 слева). Фотон не похож на снаряд, выпущенный из пушки. Движение фотона аналогично движению лодки: мы толкаем воду назад, а за счет этого лодка идет вперед.

При движении вихря импульс сохраняется: поток среды идет назад, а фотон идет вперед. При этом фотоны не ускоряют гравитоны поля, а только ориентируют их. Средняя «тепловая»

скорость частиц поля — гравитонов — есть скорость света. Она уже максимальна для среды поля. Фотоны не могут ее увеличить, т.е. совершить работу. Поэтому скорость нейтрино и фотонов, находящихся в «тепловом» равновесии со средой, также равна скорости света.

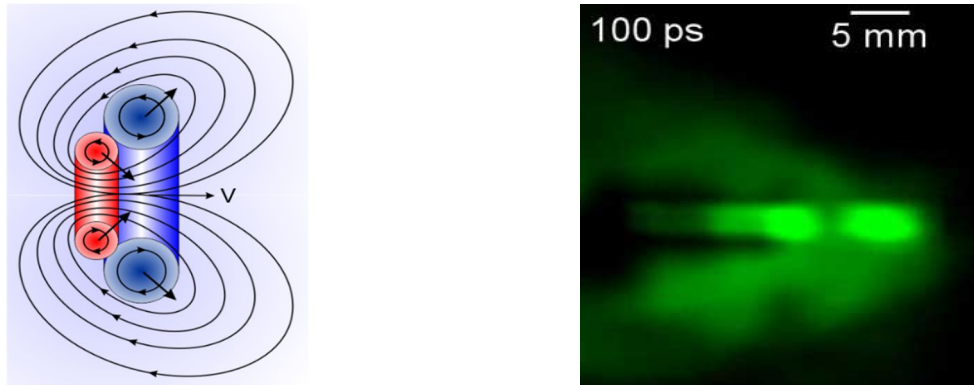


Рисунок 6. Самодвижение фотона в среде

Явления с фотонами, движущимися в среде поля, сходны с движением макротел. Скорость звука V в однородной жидкости или газе и скорость света C определяются формулами:

$$V = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \beta}}; \quad C = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \mu \cdot \mu_0}}.$$

Здесь ρ – плотность жидкости или газа, $\varepsilon \varepsilon_0$ – плотность среды электромагнитного поля,

$\beta = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}$ – адиабатическая сжимаемость среды.

Величину $1/\mu_0$ можно принять за модуль упругости среды поля.

Фотоны проходят через твердое вещество, используя описанный «реактивный» механизм движения. Для иллюстрации приведем фото эксперимента. Ученые из Вашингтонского университета разработали и создали сверхбыстродействующую камеру, способную снимать процесс движения импульса лазерного света. Камера, делающая 100 миллиардов кадров в секунду. Она оказалась способной увидеть процесс рассеяния фотонов на частицах вещества, через которое они двигались. На рисунке 6 справа показана картина движения импульсов света длительностью 7 пс в туннеле, заполненном сухим льдом. Туннель был ограничен стенками из силикона и оксида алюминия.

7. Можно ли моделировать самодвижение фотона?

Посмотрим внимательно на рисунок 6 слева. Фотон при вращении увлекает прилегающий пограничный слой среды электромагнитного поля. Другими словами, вихри магнитного поля обтекают фотон, т.е. он представляет собой магнитный диполь. Форма вихревого потока вокруг фотона сходна с формой магнитного потока соленоида. Но тогда соленоид тоже должен двигаться в среде электромагнитного поля.

Для проведения эксперимента мы намотали катушку (соленоид) медной проволокой $\varnothing 0,5$ мм. Картонный каркас был выполнен в виде двух конусов (рисунок 7 слева) с углом раскрытия 90° . Высота катушки составляла 35 мм, диаметр 50 мм. Катушка 1 была закреплена на крутильных весах на деревянном стержне 2 (рисунок 7 справа). Стержень 1 был подвешен на тонкой медной проволоке 3 длиной 2 м. На другом конце стержня размещался противовес 4. Весы помещались в кожух 5 с прозрачной крышкой.

После затухания всех колебаний через катушку пропусклся постоянный ток (2 -2,5) А. Это вызывало поворот стержня. При смене полярности тока стержень вращался в противоположную сторону.

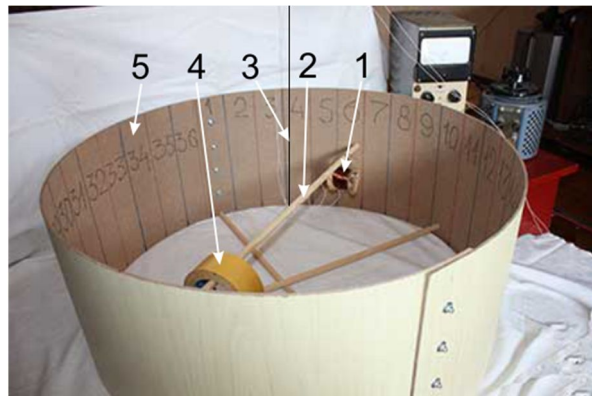
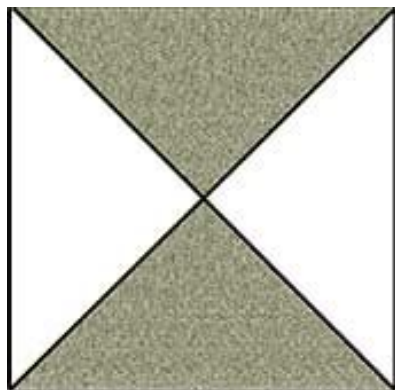


Рисунок 7. Сечение катушки и моделирование самодвижения фотона

В данном опыте соблюдаются все законы реактивного движения. Соленоид отталкивается от среды электромагнитного поля. Импульс и момент импульса системы соленоид – поле сохраняются.

8. Почему фотон имеет волновые свойства?

Тороидальное вращение колец нейтрино определяет движение фотона со световой скоростью. Во время поступательного движения кольца нейтрино непрерывно вращаются вокруг оси, создавая «эффект волны». Корпускулярно-волновой дуализм фотона заключается в периодическом изменении параметров внутреннего движения составляющих нейтрино. Один оборот колец нейтрино определяет «длину волны» света. Она равна (400 – 700) нм для видимого света. Частота кольцевого вращения составляет $(7,5 - 4,3) \cdot 10^{14}$ об/с.

Размер фотона можно оценить из выражения для момента кольцевого вращения. Положим, что масса двух нейтрино в фотоне равна $2m_n = m_e$, а момент инерции тора относительно оси

$$J_z = m_e \frac{4R^2 + 3r^2}{4}.$$

Здесь R и r — большая и малая окружности тора. Полагая $r=R/2$, запишем выражение для момента фотона:

$$h = 1,2m_e R^2 \omega = 2,4\pi m_e R^2 f.$$

Для фиолетового цвета ($\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ м, $f = 7,5 \cdot 10^{14}$ с⁻¹)

$$R^2 = \frac{h}{2,4\pi m_e f} = \frac{1,06 \cdot 10^{-34}}{2,4 \cdot \pi \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 7,5 \cdot 10^{14}} = 2 \cdot 10^{-20}.$$

$$R \approx 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Кольцевое вращение фотонов приводит к поляризации света и самофокусировке мощных поляризованных световых лучей. Вихри с одинаковым направлением вращения притягиваются друг к другу, а вихри с противоположным направлением вращения отталкиваются друг от друга.

9. Красное смещение определяется усталостью фотонов?

Наблюдения показывают, что линии в спектрах всех известных галактик смещены к красному концу спектра (рисунок 7 слева). Сверху показан спектр в приемнике, а внизу — спектр в

источнике. Если обозначить длину волны света, принимаемого в приемнике λ , а длину волны света, испускаемого источником λ_0 , то красное смещение обозначается символом z :

$$z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0 = (\lambda / \lambda_0) - 1, \quad z + 1 = \lambda / \lambda_0.$$

Значение z является стандартным обозначением расстояния в современных работах по космологии.

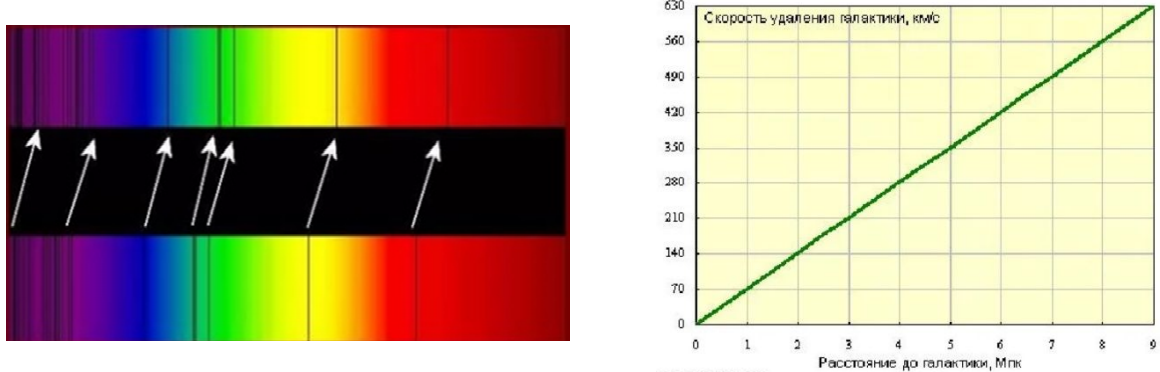


Рисунок 7. Смещение линий спектра и закон Хаббла

В модели общей теории относительности механизм смещения спектральных линий связан с растягиванием электромагнитных волн самим расширяющимся пространством. Но при больших z скорости расширения становятся сравнимы со скоростью света. Красное смещение не может быть следствием эффекта Доплера, так как скорость фотона не зависит от скорости источника. Но если фотоны представляют собой вихревые частицы, то красное смещение связано с их взаимодействием со средой.

Гипотеза о *старении* света (англ. tired light) впервые была предложена Ф. Цвикки в 1929 году. Он предположил, что фотоны теряют энергию в столкновениях с другими частицами. Эта гипотеза не предполагает расширения Вселенной. Однако до сих пор не был указан механизм возможного уменьшения частоты фотонов при их движении в межзвездном пространстве.

Примем массу покоя фотона равной массе электрона m_e . Тогда энергия поступательного движения (а по существу, – энергия покоя, так как считаем, что фотон при этом не вращается):

$$E_0 = m_e \cdot c^2 = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ эВ}.$$

Кинетическая энергия вращения *тороидальных* потоков нейтрино в фотоне есть «*энергия для себя*». Момент этих потоков замкнут сам на себя, его нельзя изменить внешними силами. Эта скрытая внутренняя энергия не может быть растратчена при взаимодействиях с другими объектами. В замкнутости момента заключается гарантия стабильности частицы. За счет тороидального вращения поддерживается постоянное поступательное движение свободного кольцевого вихря фотона в вязкой среде гравитонов.

«*Энергией для всех*» является кинетическая энергия *кольцевых* вращений нейтрино в фотоне. Она вычисляется по формуле Планка $E = h\omega$. Это цвет света. Для фиолетового цвета ($\lambda = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, $f = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$):

$$E = h\omega = 1,06 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 7,5 \cdot 10^{14} = 5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,1 \text{ эВ}.$$

Момент кольцевых потоков нейтрино в фотоне обращен наружу и момент внешних сил может его изменить. На этом основан перенос энергии (момента) фотонами. Вихревая среда

электромагнитного поля обладает вязкостью. Она связана с взаимодействием вихрей. Это своеобразное «трение» способно замедлить кольцевое вращение.

Закон Хаббла устанавливает связь между скоростью галактики V и расстоянием до нее R (рисунок 7 справа):

$$V = H \cdot R \text{ или } cz = HR, \quad z = H(R/c) = H \cdot t.$$

$$H = 66,93 \pm 0,62 \text{ (км/с)/Мпк} = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}.$$

В моделях статического пространства Вселенной z зависит от расстояния R до источника по приближительной формуле [9]:

$$z(R) = \exp(RH/c) - 1, \text{ так что } R = (c/H) \cdot \ln(1+z).$$

В модели Статической Вселенной величина H также имеет размерность частоты и характеризует скорость потери энергии квантов распространяющегося света. Зависимость принимаемой частоты $f(R)$ от излучаемой частоты f_0 имеет вид:

$$f(R) = f_0 \exp(-R/R_0).$$

где R_0 - расстояние Хаббла, равно расстоянию, пройденному квантом света к тому времени, когда его частота уменьшится в e раз.

Если подставить в формулу красного смещения время, равное одному периоду колебания фотона, то получим, что постоянная Хаббла — это величина, на которую уменьшается частота фотона за один период колебания вне зависимости от длины волны. Чтобы определить, насколько уменьшилась частота фотона, надо постоянную Хаббла умножить на число совершённых колебаний.

Потеря энергии фотоном на каждом цикле вращения составляет величину hH . Постоянная Планка h характеризует структуру фотона, а постоянная Хаббла H характеризует внешнюю среду. За время цикла вращения фотон проходит длину волны, так что на каждой длине волны происходит одинаковая диссипация энергии независимо от длины волны.

Фотоны движутся в среде электромагнитного поля со скоростью света c/n , где $n > 1$ — оптическая плотность межзвездной космической среды. Поэтому полагают, что реально наблюдаемое красное смещение приходящего света зависит от многих факторов: от относительной скорости источника и приемника, от орбитальной скорости движения источников в галактике, от гравитации в районах источника и приемника, от химического состава среды, от наличия холодной и горячей плазмы, от степени ее ионизации и пр. Но во всяком случае, основную причину красного смещения следует искать во внутренней структуре фотонов, в их взаимодействии со средой.

Кроме того, нужно учесть факт формирования фотонов в интенсивных потоках нейтрино, исходящих из звезд, активных ядер галактик и квазаров. В фотоны переходит значительная часть нейтрино, которые спариваются между собой. Возможно, что резкое увеличение числа «усталых» фотонов, например, у квазаров, связано с условиями их формирования в потоках нейтрино.

10. Отражение и преломление света — это просто разворот фотонов?

Многие оптические явления становятся более ясными и наглядными, если принять, что фотоны — это вихревые частицы вещества. Они имеют определённые размеры и обладают структурой. Фотоны легко проходят друг через друга без столкновений. Фотоны могут растягиваться, пропуская внутри себя встречные частицы, либо могут сжиматься и проходить вдоль оси внутри встречного вихря.

Рассмотрим отражение света от зеркала — упругий удар (рисунок 8 слева). При ударе со стороны среды «В» на фотон действует перпендикулярная к поверхности сила F . Можно разложить

эту силу на тормозящую силу и поперечную силу. Тормозящая сила останавливает фотон. Действие поперечной силы вызывает разворот фотона против часовой стрелки (рисунок 2 справа).

Отражение фотона от поверхности аналогично отражению мяча от стенки. В точке отражения фотон останавливается, разворачивается и продолжает движение в новом направлении. Работа при этом не совершается, так как фотон не изменяет свою энергию.

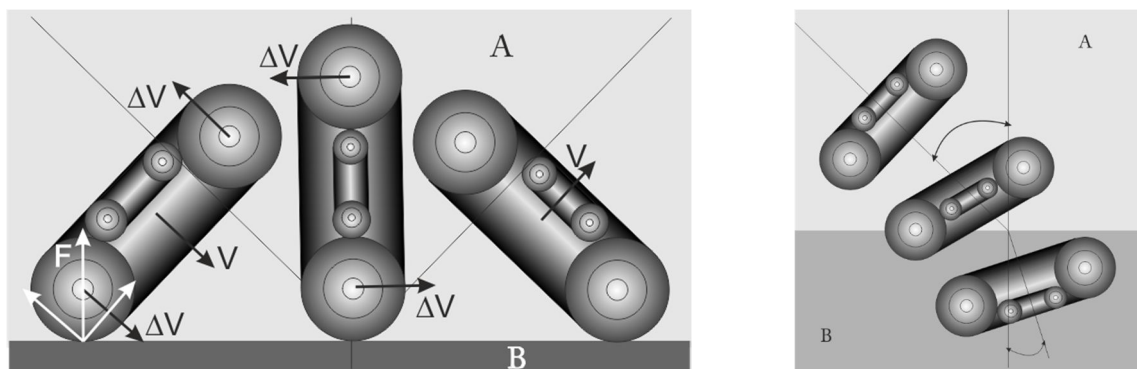


Рисунок 8. Отражение и преломление света на границе раздела двух сред

На рисунке 8 справа показана схема преломление луча света на границе раздела двух сред. Преломление происходит благодаря конечному размеру фотонов. На схеме фотоны проходят из оптически менее плотной среды A в оптически более плотную среду B. Скорости фотонов в этих средах различаются. Если угол падения не равен нулю, то в течение некоторого времени одна часть фотона ещё движется в среде A, а другая часть фотона движется уже в среде B. При этом среда B «притормаживает» фотон, так что он в полете вращается вокруг точки торможения. Фотоны малых размеров (фиолетовые) успевают развернуться быстрее больших фотонов (красных).

11. Полное внутреннее отражение света — тоже чистая механика?

Рассмотрим явление полного внутреннего отражения света от границы раздела двух сред (рисунок 9 слева). Фотоны движутся из среды, где их скорость меньше, т.е. первая среда имеет больший показатель преломления. Пусть угол падения превосходит некоторый критический угол.

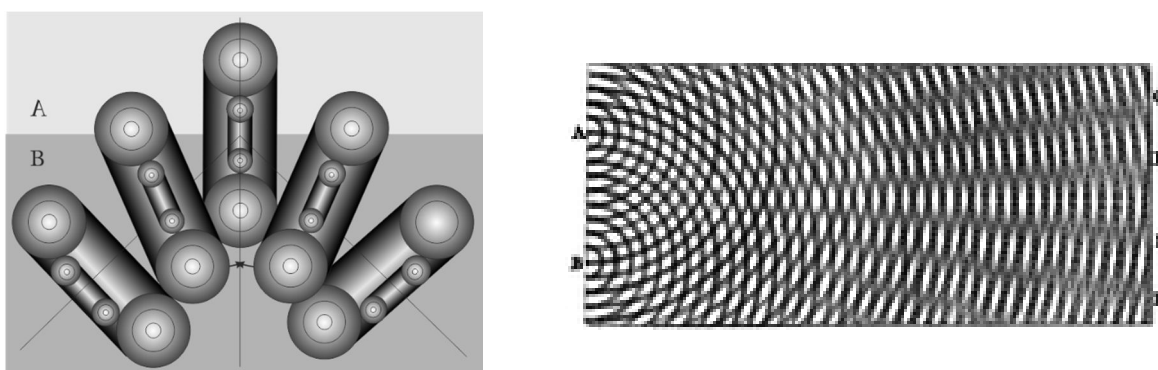


Рисунок 9. Полное внутреннее отражение и схема опыта Юнга

На рисунке 9 слева фотоны проходят из оптически более плотной среды B в оптически менее плотную среду A. Скорости фотонов в этих средах различаются. Если угол падения больше некоторого критического угла, то в течение некоторого времени нижняя часть фотона ещё движется в среде B, а верхняя часть фотона движется уже в среде A. При этом среда B «притормаживает»

фотон, так что он в полете вращается вокруг точки торможения. Преломление происходит благодаря конечному размеру фотонов. Коэффициент отражения при полном внутреннем отражении не зависит от длины волны.

12. Является ли дифракция только волновым процессом?

Опыт Томаса Юнга по интерференции света на двух щелях (1805 г.) показал, что свет может рассматриваться как волна (рисунок 9 справа). Этим опытом были опровергнуты ранние теории света как однородного и равномерного потока частиц.

Каждое физическое явление в своей основе механистично, основано на механических свойствах физических объектов. Если бы частицы были бесконечно малыми точками, то дифракции бы не было. Но частицы имеют конечные размеры — именно в этом причина огибания частицами препятствий.

Те частицы, которые «вписываются» в размер отверстия, проходят за отверстие по прямой. Если центр масс частицы проходит в отверстие, а край задевает за преграду, то частица разворачивается и уходит за отверстие под углом α к первоначальному направлению (рисунок 10 слева). Угол отклонения зависит от энергии частиц в падающем потоке и размера отверстия. Если размер отверстия почти равен размеру частиц, то практически все частицы будут отклонены. Угол поворота частицы α может достигать до 90° .

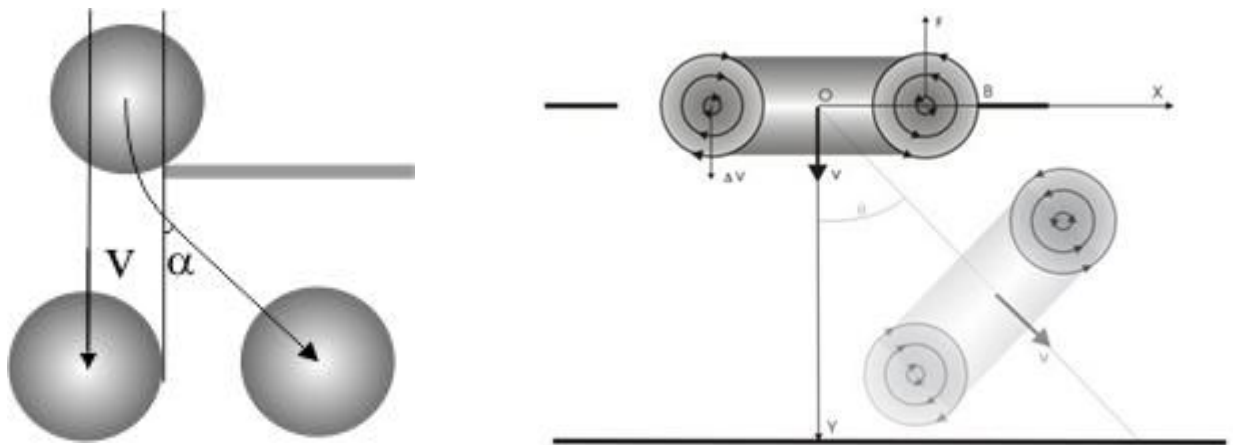


Рисунок 10. Огибание частицами препятствий

Рассмотрим налетающий поток фотонов (или электронов) на отверстие (рисунок 10 справа). Дифракционная картина возникает при взаимодействии вихря частицы с краем преграды. Как обычно, размер отверстия положим соизмеримым с размером частицы и малым по сравнению с расстоянием от преграды до экрана (на рисунке масштаб не выдержан).

Налетающий фотон имеет направленный импульс p_y . При столкновении с краем преграды под действием силы упругости F вихрь начинает вращаться вокруг точки B , изменяя начальный момент. Положение вихря после прохождения отверстия изображено на рисунке. Момент приобрел составляющую вдоль оси Ox и стал равным p . По закону сохранения момента импульса скорость изменения момента M равна моменту действующих сил:

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = \vec{N} = [\vec{D} \times \vec{F}].$$

где \vec{D} — диаметр фотонного вихря. Перепишем уравнение в виде

$$\Delta M = D \cdot F \cdot \Delta t = D \cdot \Delta p = D \cdot p_x.$$

Изменение момента обусловлено изменением импульса частицы. Импульс p_y мы считаем неизменным, а изменение импульса состоит в добавке составляющей p_x . Но момент фотонного вихря квантуется: $\Delta M = \hbar m$ ($m = 1, 2, \dots$), а $p_x = p \sin \theta$. Окончательно запишем условие бокового максимума

$$\sin \theta = \frac{\hbar m}{D p},$$

где $m = 1, 2, \dots$, p — продольный импульс частицы, D — диаметр тора. Данное выражение можно записать и в волновом виде, учитывая, что $\lambda = 2\pi\hbar/p$:

$$\sin \theta = \frac{\lambda m}{2\pi D}.$$

Такой же механизм взаимодействия с краями преграды объясняет дифракцию частиц в «двухщелевом» эксперименте.

13. Может ли свет закручиваться?

Среда электромагнитного поля состоит из вихревых гравитонов. В среде поля образуются вихри нейтрино. Пары нейтрино образуют вихревые фотоны. Вихри легко образуются и в среде фотонов. Интересным проявлением дифракции фотонов является получение *спиральных пучков* света с угловым моментом количества движения («закрученный свет»). Спиральные пучки являются вихревыми потоками.

Рисунок 11 показывает схему получения спиральных пучков света на дислокации дифракционной решетки. Фотоны выходят в виде левовинтового потока. Антифотоны формируют правовинтовой спиральный поток. Значения m на рисунке соответствуют проекции орбитального углового момента на ось пучка.

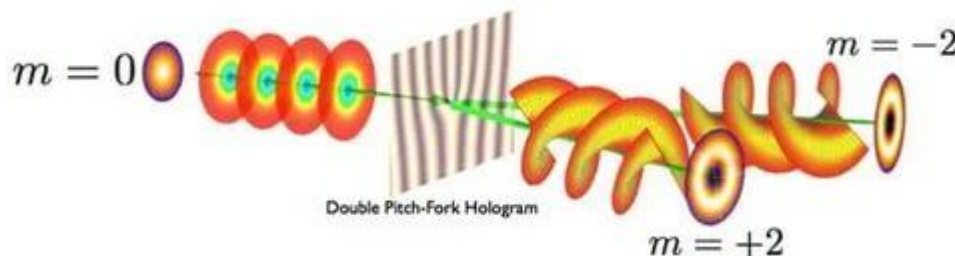


Рисунок 11. Получение спиральных пучков света на дислокации решетки

Характерными особенностями вихревых пучков света является наличие особых точек — дислокаций или оптических вихрей, в которых значение амплитуды равно 0, а фаза неопределенна. В природе возникновение вихревых световых потоков во многом обусловлено неоднородностями среды, в которой происходит распространение светового пучка.

14. Основная функция фотонов — перенос момента импульса?

Фотоны осуществляют обмен моментами импульса между объектами микромира. Сейчас общепринято утверждение, что при излучении света фотон «рождается» атомом, а при поглощении света атомом фотон «исчезает». Где в атоме находится фотон до рождения и куда помещается после поглощения, — не уточняется. Но фотоны не умирают. Когда говорят, что фотон отдал всю

свою энергию, то это значит, что фотон обладает только собственной энергией кольцевого вращения и находится в основном, а не в возбужденном состоянии. На каждый электрон во Вселенной приходится $\sim 10^9$ фотонов. Поэтому электроны окружены со всех сторон летящими со скоростью света фотонами разной энергии. Электроны для световых фотонов являются препятствием: размеры этих частиц одного порядка.

Механизм взаимодействия вихрей уже обсуждался выше (рисунок 4). Фотон движется со скоростью света, догоняет нейтрино электрона и начинает на него давить. Тогда кольцо нейтрино в электроне под действием силы, перпендикулярной плоскости кольца, расширяется. Эта сила, как показано на рисунке 12 слева, заставляет тороидальные вихри в каждом поперечном сечении перемещаться в противоположных направлениях в плоскости кольца. Фотонные кольца, наоборот, под действием вихревого потока электрона последовательно друг за другом уменьшают свой размер и проходят через внутреннее отверстие кольца нейтрино (игра вихревых колец). На рисунке 12 справа показана схема атома водорода. Фотон проходит через электронное нейтрино.

Фотон попадает внутри нейтрино во вращающуюся среду гравитонов — присоединенный к нейтрино вихрь поля. Поле фотона раскручивается в этом вихре полем нейтрино по принципу «от горячего к холодному», т.е. пока их скорости не сравняются. Передается не импульс, а *момент импульса*, так что фотон увеличивает только свою частоту кольцевого вращения. На продольное движение фотона процесс подпитки энергией не влияет. Аналогично проходит процесс возбуждения электрона энергичным фотоном. Фотон передает момент импульса электронному нейтрино.

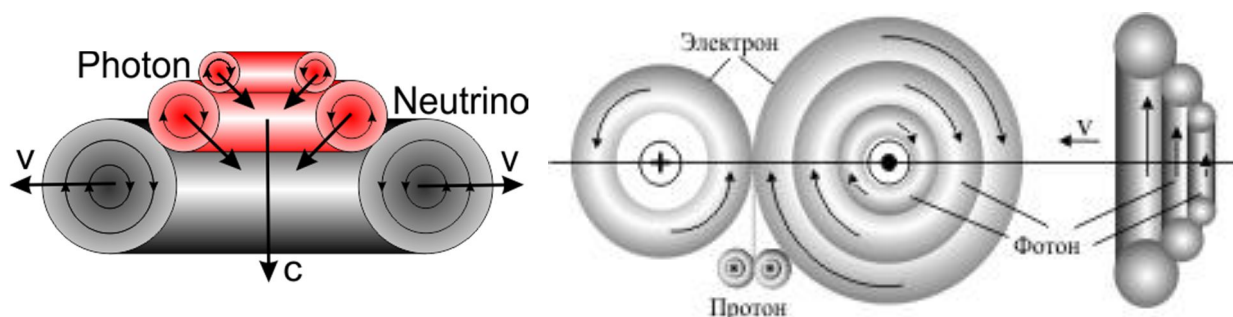


Рисунок 12. Передача момента от фотона нейтрино

Фотоны имеют огромный энергетический интервал: от инфракрасного до жесткого гамма-излучения. Соответственно изменяются их размеры. Момент импульса фотона $[r\hbar p]$ остается равным \hbar , так что размер изменяется обратно пропорционально импульсу:

$$r = \frac{\hbar}{p} = \hbar \frac{c^2}{v \cdot E}.$$

Более энергичные, а значит меньшие по размерам гамма-кванты взаимодействуют не с валентными, а с глубинными электронами атомов и с нуклонами ядра. Фотоны являются основными «переносчиками» тепловой энергии от Солнца к Земле.

Заключение

1. Фотоны и антифотоны являются частицами вещества. Фотоны составлены из двух вихревых нейтрино. Антифотоны составлены из двух вихревых антинейтрино.
2. Фотоны и антифотоны имеют массу, энергию, импульс и момент импульса.
3. Фотоны движутся поступательно в среде электромагнитного поля за счет отброса электромагнитной массы. Среда фотонов находится в тепловом равновесии со средой электромагнитного поля. Поэтому скорость фотонов равна скорости света — тепловой скорости мельчайших частиц среды поля — гравитонов.
4. Угловое вращение фотонов при непрерывном поступательном движении обеспечивает им волновые свойства.
5. Оптические явления: отражение, преломление и полное внутреннее отражение на границах раздела двух сред, а также дифракция связаны с размерами фотонов.
6. Фотоны переносят момент импульса между частицами вещества.

Литература

1. Пакулин В. Три фазы материи, [\(12\) \(PDF\) Три фазы материи \(researchgate.net\)](#)
2. Пакулин В. Структура поля и вещества. Как устроен этот мир. Файл доступен на сайте: [\(13\) \(PDF\) Валерий Пакулин 5 5 Т Структура поля и вещества Как устроен этот мир \(researchgate.net\)](#)
3. ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES 181 EXPOSÉS DE PHYSIQUE THÉORIQUE Published under the direction of LOUIS DE BROGLIE Member of the Institute Professor at the Sorbonne Nobel Prize Laureate XIII. A NEW CONCEPTION OF LIGHT BY LOUIS DE BROGLIE. Translated by D. H. Delphenich. PARIS HERMANN & Co., EDITORS 6, Rue de la Sorbonne, 6, 1934.
4. Пакулин В. Электромагнитная гравитация. Часть 1. Происхождение поля и вещества. [https://www.researchgate.net/publication/330411677 Elektromagnitnaa gravitacia Cast 1 Pr oishozdenie pola i vesestva Struktura castic](https://www.researchgate.net/publication/330411677_Elektromagnitnaa_gravitacia_Cast_1_Pr_oishozdenie_pola_i_vesestva_Struktura_castic)
5. Пакулин В. Электромагнитная масса материальных тел. Файл доступен на сайте: [https://www.researchgate.net/publication/343749097 Elektromagnitnaa massa materialnyh tel](https://www.researchgate.net/publication/343749097_Elektromagnitnaa_massa_materialnyh_tel)
6. Пакулин В. Электромагнитная гравитация. Часть 2. Фундаментальные взаимодействия. [\(12\) \(PDF\) Валерий Пакулин ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ГРАВИТАЦИЯ Часть 2 Фундаментальные взаимодействия Научно-техническая фирма «ИСТРА» Санкт-Петербург 2019 \(researchgate.net\)](#)
7. Окунь Л.Б. Понятие массы. УФН,158,3, 511-530, 1989.
8. Пакулин В. Нейтринная теория света Луи Де Бройля и моделирование фотона и электрона. [https://www.researchgate.net/publication/339618312 NEJTRINNAA TEORIA SVETA LUI DE BROJLA I MODELIROVANIE FOTONA I ELEKTRONA](https://www.researchgate.net/publication/339618312_NEJTRINNAA_TEORIA_SVETA_LUI_DE_BROJLA_I_MODELIROVANIE_FOTONA_I_ELEKTRONA)
9. Чепик А.М. Основная космологическая формула в модели Статической Вселенной [http://redshift0.narod.ru/Rus/Stationary/Redshift/Basic Cosmological Formula 1 abs.htm](http://redshift0.narod.ru/Rus/Stationary/Redshift/Basic_Cosmological_Formula_1_abs.htm)