

Письмо к автору.

...Ты делаешь попытку создать «феноменологическую картину» для электрических зарядов (а может быть и не только для них, ведь существуют еще три типа зарядов, определяющих другие взаимодействия фермионных частиц). Иначе ты это называешь «физической картиной», не объясняя, что это такое.

Примечание.

Нет. "феноменологическая картина" - это как раз тот метод, который применяют Ньютон - не вдаваясь в обсуждение причин взаимодействия, описать его математически.

Блестящую физическую электродинамическую картину, вытекающую из квантовой теории света и вещества, изложил Ричард Фейнман в начале 80-х годов в цикле лекций, прочитанных для гуманитариев без использования столь нелюбимой многими математики. Лекции изданы в Библиотечке «Квант» под названием «КЭД Странная теория света и вещества». Возможно, что придуманная тобой физическая картина будет более оригинальной, но вряд ли она будет более убедительная. Конечно, за исключением случая, если тебе эта картина была надиктована свыше.

Примечание.

Именно поэтому я и решил в конце концов после разработки общих основ "Физической физики") попробовать почитать Фейнмана.

Если все же речь идет о природе электрического заряда (или о попытке заменить это понятие чем-то более «физическим»), то, как я тебе писал, истоки природы зарядов располагаются на таких глубинах материи, куда сегодня эксперимент залезть не может, а без эксперимента говорить о феноменологическом подходе невозможно (утверждаю на собственном опыте экспериментатора).

(Рэм Ровинский)

Примечание.

Совершенно справедливо. Как можно описать то, чего нельзя исследовать экспериментально? Однако методология науки позволяет нам продвинуться и в этом направлении....Итак...

**«Но сады сторожат
И стреляют без промаха – в лоб»
(В.Высоцкий)**

О книге Р.Фейнмана «КЭД – странная теория света и вещества»

(Выдержки из книги, которые меня заинтересовали.)

Жирный шрифт – мои замечания 2016 года.

Синий шрифт – корректура 2021 года.

Текст в рамочках и курсив – выдержки из книги Фейнмана «КЭД»

*Эта книга представляет собой рискованную затею, на которую, насколько нам известно, никто еще не решался. Это честное прямое объяснение непрофессиональной аудитории довольно сложного предмета – квантовой электродинамики. Она задумана таким образом, чтобы дать заинтересованному читателю правильное представление о типе рассуждений, к которым прибегают физики, чтобы объяснить поведение Природы.
(Из предисловия редактора к «КЭД»)*

Я – как раз этот самый читатель и заинтересован именно в этом. И, как следует из других книг и лекций Фейнмана, этот «тип рассуждений» к собственно физике явлений часто не имеет отношения. Обычно это попытки внушить слушателю идею о математической основе физики. А идея этой не менее 2000 лет – она идет прямо от Пифагора.

*В детстве Ричарда Фейнмана вдохновила на занятия математическим анализом книга, которая начиналась так: «То, что может сделать один глупец, может и другой» Он хотел бы обратиться к своим читателям с похожими словами: «То, что может понять один глупец, может и другой»
(Из предисловия редактора к «КЭД»)*

Мне кажется, что при первом чтении книги я стал понимать это яснее, чем раньше. Но простой глупец не может понять рассуждений Фейнмана, для этого нужно быть «глупцом» с верхним математическим образованием.

*Часто в популярных изложениях науки кажущая простота достигается за счет существенного искажения того, что берутся описывать. Уважение к нашему предмету не позволило нам этого сделать. Мы провели в обсуждениях много часов, стараясь добиться максимальной ясности и простоты, и бескомпромиссно отвергали искажения истины.
(Там же)*

Таким образом, следует ожидать, что сама суть дела изложена так, что понять ее можно, и можно понять именно ее. В конце книги автор говорит об этом совершенно ясно еще раз.

История физики состоит в синтезировании на основе множества явлений нескольких теорий. Например, с давних пор были известны тепловые, световые, звуковые явления, движение и гравитация. Однако, после того, как сэр Исаак Ньютон объяснил законы движения, оказалось, что некоторые из этих, на первый взгляд не связанных вещей – разные стороны одного и того же явления. Например, звуковые явления – не что иное, как движение атомов воздуха. Так что звук перестали считать чем-то отличным от движения. Обнаружилось также, что и тепловые явления легко объясняются законами движения. Таким образом, огромные разделы физики сливались в более простую теорию. С другой стороны, гравитацию не удавалось объяснить законами движения, и даже сегодня она стоит обособленно от всех прочих теорий. Гравитацию пока нельзя объяснить никакими другими явлениями.

До последнего времени так и было. Но обратим внимание: «легко объясняются законами движения». Движения **ЧЕГО?**

Как волны не могут существовать без среды (это абсурд, волны это колебания, а колеблется всегда ЧТО-ТО (поле, говоришь? Ха!)), так и Движение не может существовать само по себе, это нонсенс, движется всегда ЧТО-ТО. Движение без объекта - это улыбка Чеширского кота.

С другой стороны, гравитацию не удавалось объяснить законами движения, ДВИЖЕНИЯ как такового или движения ЧЕГО-то? Что это за жонглирование терминами? "Гравитацию не удавалось объяснить законами движения". Так ясен пень, что «законами движения» ничего объяснить невозможно. Объяснить можно (по самому определению понятия ОБЪЯСНЕНИЕ) только с помощью модели, на основании имеющегося у человека ОПЫТА.

Тут мы с самого начала сталкиваемся уже с теми характерными "типами рассуждений, к которым прибегают физики". "Законы движения" - это ФОРМУЛЫ, описывающие движение. Ньютон написал отличные формулы, по которым можно рассчитывать движение гравитирующих объектов. Но Фейнман сначала пишет, что "гравитацию нельзя объяснить законами", и тут же пишет, что ее "нельзя объяснить явлениями". Законами, очевидно, можно. А что значит - "объяснить явлениями"????

Ну, хорошо, а если бы удалось?

Примерно в 1900 г. была создана теория, объясняющая, что такое вещество. Она получила название электронной теории вещества, и гласила, что внутри атомов находятся маленькие заряженные частицы. Развитие этой теории привело к пониманию того, что электроны движутся вокруг тяжелых ядер.

Не к пониманию, а к общему согласию. В этой теории полно «дыр».

Все попытки объяснить вращение электронов вокруг ядра законами механики – теми же, при помощи которых Ньютон вычислял движение Земли вокруг Солнца, – оказались неудачными. Ни одно предсказание не подтвердилось. (Между прочим, теория относительности, которую вы все считаете великой революцией в физике, разрабатывалась примерно в то же время. Но по сравнению с этим открытием – что законы движения Ньютона не годятся для атомов – теория относительности была всего лишь незначительным усовершенствованием).

*Выработка новой системы взглядов, способной заменить законы Ньютона, заняла долгое время, так как все, что происходило на атомном уровне, казалось очень странным. **Надо было расстаться со здравым смыслом**, чтобы представить себе, что же происходит на атомном уровне. Наконец, в 1926 г. была разработана «бредовая теория», объяснявшая «новый тип поведения» электронов в веществе. Она только казалась сумасшедшей. Ее назвали квантовой механикой. Слово «квантовая» относится к той странной особенности природы, которая противоречит здравому смыслу. Про эту особенность я и собираюсь вам рассказать.*

О-кей.. Объяснить не удавалось. Наконец сумели найти обходной путь – расстаться со здравым смыслом. Хочу обратить внимание читателя на то, что упомянутый Фейнманом «метод» (сегодня его называют «математизацией физики») как раз и направлен на создание математических моделей, входящих в прямое противоречие с так называемым «здравым смыслом» (а по сути – с предшествующим тысячелетним человеческим опытом).

Следует здесь же отметить, что выдвинутая нами первоначальная гипотеза о причине гравитации («Гравитоника» [Л.2]) использует именно ньютоновское представление о движении электрона в атоме. Другое дело, что некоторые физические особенности строения протона и электрона (а также полный отказ от атомистической концепции и замена ее на концепцию бесконечной делимости объектов [Л.1, Л.3]) позволили все же использовать основные ньютоновские представления о движении материи в атоме, и продолжать использовать здравый смысл хотя бы в физике...

Квантовая электродинамика существует уже свыше пятидесяти лет. Она многократно подвергалась все более и более тщательной проверке во все более разнообразных условиях. В настоящее время я могу с гордостью сказать, что между экспериментом и теорией нет существенных расхождений!

Готов согласиться.

Эту теорию, можно сказать, прокрутили в центрифуге, и она выдержала испытание на прочность. Приведу несколько последних данных. Эксперименты дают для числа Дирака 1,00115965221 (с погрешностью около 4 в последнем знаке), а теория — 1,00115965246 (с примерно в пять раз большей погрешностью). Чтобы вы смогли оценить точность этих чисел, представьте себе, что вы измерили расстояние от Лос-Анджелеса до Нью-Йорка с точностью до толщины человеческого волоса. Вот с какой точностью была проверена квантовая электродинамика за последние пятьдесят лет — как теоретически, так и экспериментально. Между прочим, я привел вам только один пример. И многие другие величины, измеренные со сравнимой точностью, также очень хорошо согласуются с теорией. Теория проверялась в диапазоне расстояний от ста размеров земного шара до одной сотой атомного ядра. Я привожу эти числа, чтобы заставить вас поверить, что теория не так уж плоха! Впоследствии я расскажу, как делались эти вычисления.

Как могут делаться такие вычисления я еще могу понять. Но каким образом можно поставить эксперимент, обеспечивающий точность измерения до одиннадцатого знака (и более, потому что они надеются еще более уточнить теорию) – это мне непонятно.

И, тем не менее, последние сообщения об обнаружении гравитационных волн якобы базируются на гораздо большей точности – уже 10^{-19} !![Л.4]

Мы, физики, всегда стараемся проверить, все ли в порядке с теорией. Такова игра, потому что если что-нибудь не так, то становится интересно! Но до сих пор мы не нашли ничего неправильного в квантовой электродинамике. Поэтому я бы сказал, что это жемчужина физики и предмет нашей величайшей гордости.

И это очень хорошо. Потому что если мои собственные соображения будут в какой-то мере согласовываться с КЭД (а они таки будут согласовываться), то чего же еще мне желать?

То, о чем я собираюсь вам рассказать, студенты-физики изучают на третьем или четвертом курсе – и вы думаете, что я собираюсь это объяснить так, чтобы вы все поняли? Нет, вы не сможете этого понять. Зачем же вам сидеть и слушать все это, если вы все равно ничего не поймете? Моя задача – убедить вас не отворачиваться из-за того, что вы этого не понимаете. Дело в том, что мои студенты-физики тоже этого не понимают. Потому что я сам этого не понимаю. Никто не понимает.

Один из ключевых моментов. ЧТО ИМЕННО автор понимает под словом ПОНИМАТЬ?
Ведь он прекрасно ориентируется в операциях, которые следует осуществлять, и в условиях, которые определяют, какие именно нужно осуществлять операции. Но тут автор сам идет нам навстречу:

Мне хотелось бы сказать несколько слов о понимании. Существует много причин, по которым вы можете не понимать, о чем говорит лектор. Одна из них — плохой язык. Лектор не может выразить то, что хочет, или начинает не с того конца — и его трудно понять. Это довольно простой случай, и я буду изо всех сил бороться со своим нью-йоркским акцентом.

Другая причина, особенно, если лектор — физик, состоит в том, что он употребляет обычные слова в необычном значении. Физики часто используют обычные слова, например, «работа», или «действие», или «энергия», или, даже, как вы увидите, «свет» — в необычном, специальном смысле. Так, говоря о «работе» в физике, я имею в виду одно, говоря о «работе» на улице — совсем другое. Во время лекции я могу употребить одно из таких слов, не замечая, что употребляю его необычным образом. Я буду стараться следить за собой — это моя обязанность, но такую ошибку легко совершить.

Следующая причина, по которой вы можете решить, что не понимаете, о чем я говорю, состоит в том, что, когда я буду описывать, как устроена Природа, вы не поймете, почему она так устроена. Но знаете, ведь этого никто не понимает. Я не могу объяснить, почему Природа ведет себя именно так, а не иначе.

Наконец, возможно и такое: я сообщаю вам нечто, а вы не можете в это поверить. Вы этого не принимаете. Вам это не нравится. Опускается завеса, и вы больше ничего

не слушаете. Я буду рассказывать, как устроена Природа, если вам не понравится, как она устроена, это будет мешать вашему пониманию. Физики научились решать эту проблему: они поняли, что нравится им теория или нет — *неважно*. Важно другое — дает ли теория предсказания, которые согласуются с экспериментом. Тут не имеет значения, хороша ли теория с философской точки зрения, легка ли для понимания, безупречна ли с точки зрения здравого смысла. Квантовая электродинамика дает совершенно абсурдное с точки зрения здравого смысла описание Природы. И оно полностью соответствует эксперименту. Так что я надеюсь, что вы сможете принять Природу такой, как Она есть — абсурдной.

Я с удовольствием предвкушаю рассказ об этой абсурдности, потому что она, по-моему, восхитительна. Пожалуйста, не отворачивайтесь из-за того, что вы не можете поверить, что Природа устроена так странно. Выслушайте меня до конца, и я надеюсь, что когда мы закончим, вы разделите мое восхищение.

Вот в ЭТОМ – ключ к моей проблеме:

Я буду рассказывать, как устроена Природа, и если вам не понравится, как она устроена, это будет мешать вашему пониманию. Физики научились решать эту проблему; они поняли (!), что нравится им теория или нет – неважно. Важно другое – дает ли теория предсказания, которые согласуются с экспериментом. Тут не имеет значения, хороша ли теория с философской точки зрения, легка ли для понимания, безупречна ли с точки зрения здравого смысла.

Квантовая электродинамика дает совершенно абсурдное с точки зрения здравого смысла описание Природы. И оно полностью соответствует эксперименту. Так что я надеюсь, что вы сможете принять природу такой, как Она есть – абсурдной.

То есть непонимание не есть следствие причин, указанных выше Фейнманом. Оно есть следствие абсурдности, то есть противоречия утверждений Фейнмана именно практическому опыту.

Ниже мы увидим, какое именно абсурдное предположение допускает автор. А пока он нам пытается внушить, что математическое описание явлений и не обязано иметь никакого отношения к самим этим явлениям. И объясняет нам на примере бобовых, что такое абстракция. Речь идет у него о том, что для того, чтобы пересчитать бобы в мешке можно использовать изображения палочек на песке, и с помощью определенных с ними манипуляций вычислить, сколько бобов в мешке осталось, когда вождь племени забрал оттуда свою долю. А также – почему не является абсурдным результат вычисления плотности населения, равный 32,5 человека на кв.км. Потому что всем понятно, КАК делается расчет и ЧТО при этом имеется в виду. И что ко всему этому нужно только ПРИВЫКНУТЬ.

Поэтому у нас есть правила для черточек и точек. Правила сложные, но при помощи этих правил гораздо легче получить ответ, чем пересчитывая бобы. Но что касается ответа, то совершенно неважно, каким способом он получен: мы можем предсказать появление Венеры, считая бобы (этот способ медленный, но простой и понятный), или применяя сложные правила (это намного быстрее, но требует многих лет учебы в школе).

Автор, конечно, гениальный педагог, хотя я думаю, что здесь он несколько расширил понятия. Но я и не собираюсь оспаривать его методику. **Напротив, я собираюсь ее ИСПОЛЬЗОВАТЬ. И я хочу указать, что к физике поведения света в материале все это не имеет ровно никакого отношения.**

По Фейнману, вполне допустимо предположить что угодно, что любому (и даже ему самому) покажется абсурдным предположением, и назвать это **математической теорией физического процесса ПРИ ОДНОМ УСЛОВИИ** – чтобы «манипуляции с черточками и точками» приводили к результатам, соответствующим наблюдающимся в реальности явлениям.

Мы оставим в стороне вопрос, ПОЧЕМУ Природа устроена так, а не иначе; для объяснения этого хороших теорий нет.

Тут мы видим сразу два момента, на которые надо бы обратить внимание.

Во-первых, автор много раз еще повторит нам, что он НЕ ЗНАЕТ, как на самом деле УСТРОЕНА природа, то есть КАК ИМЕННО протекают процессы, результат которых он анализирует с помощью математической теории (между прочим, специально для этого случая разработанной!) Автор на этот вопрос отвечать отказывается, он везде говорит, что математическая теория соответствует результатам экспериментов, И ТОЛЬКО.

То есть его интересует не КАК устроена Природа, а как надо манипулировать палочками, чтобы получить нужный результат и предсказать "восход Венеры" в нужное время и в нужном месте. А уж устроена ли она по Птолемею, по Копернику или по-индейски – это не суть важно.

Простите, но тогда какого черта нужно было Копернику и всем остальным? Ведь теория Птолемея прекрасно работала полторы тысячи лет, и к приходу Коперника не было сделано никаких таких уж душераздирающих астрономических открытий, которые не могли бы быть "объяснены" теорией Птолемея. Ну, введем еще одну-две сверхсферы, уточним погрешности... Наука того времени вполне успешно отвечала на вопросы типа "КАК надо сложить палочки и стрелочки, чтобы получить нужный результат". А ПОЧЕМУ - да какая разница! Наплевать! Мы этого можем еще долго не узнать, а стрелочки – вот они! Шлагбаум...

Однако некоторым коперникам просто не удается. Они "пузом чувствуют", что существующая теория по-своему соответствует какому-то иному состоянию дел, и что "НА САМОМ ДЕЛЕ" происходит что-то иное....

Вопрос же «ПОЧЕМУ Природа устроена так, а не иначе» вообще неправилен. Природа есть Природа, и мы ее изучаем. Мы изучаем, КАК протекают в ней те или иные процессы, и ПОЧЕМУ они протекают так или иначе, ЕСЛИ природа устроена вот таким образом. Но автор сам предостерегает против того, чтобы считать, что предложенная им математическая теория (а это именно так) воспринималась кем-либо как утверждение, что НА САМОМ ДЕЛЕ в Природе процессы происходят именно так. КЭД дает возможность теоретических расчетов РЕЗУЛЬТАТА протекающих процессов, хотя сами эти процессы от нас скрыты, и мы не знаем, что именно происходит в этой глубине. Он и сам видит «абсурдность» своих предположений, заставляющих **отбросить здравый смысл**, но он и не говорит о том, что **в действительности** два фотона, сдвинутых по фазе относительно момента своего вылета, могут самоуничтожиться, что только и может привести к снижению частоты регистрируемых фотонов (см. в тексте первой части книги «КЭД»).

Со своей стороны, я вынужден оставить математикам их право создавать подобного рода теории. Все, на что я рассчитываю – это на взаимность с их стороны: математики (и им сочувствующие) не должны запрещать мне создавать иные теории, не математического характера, но способные объяснить любому гуманитария (с физиками как-то труднее получается), **ПОЧЕМУ** Природа «устроена» именно так. И думаю, что подобно математикам, я имею право ввести любые предположения, которые могут показаться им абсурдными; но вовсе не потому, что эти предположения противоречат нашему ежедневному опыту (как раз нет, они ему полностью соответствуют!), а лишь потому, что когда-то какой-то академик опустил шлагбаум на этой дороге и выставил около него караул. А мотивировал он свои действия тем, что еще никому не удавалось по этой дороге куда-нибудь прийти. Вот один из таких «шлагбаумов»:

Заметим, что в начале изучения электричества часто возникает стремление "объяснить" электрическое поле, то есть свести его к каким-либо иным, уже изученным явлениям, подобно тому, как тепловые явления мы сводим к беспорядочному движению атомов и молекул. Однако многочисленные попытки подобного рода в области электричества неизменно оканчивались неудачей. Поэтому мы считаем, что электрическое поле есть самостоятельная физическая реальность, не сводящаяся ни к тепловым, ни к механическим явлениям. Электрические явления представляют собой новый класс явлений природы, с которыми мы знакомимся на опыте, и дальнейшая наша задача должна состоять в изучении электрического поля и его законов.

Ландсберг (т.2, 1971, стр.43)

Простите, а если бы академику все же удалось свести электрические явления к каким-то уже изученным явлениям, то это считалось бы нормальным?! Почему же тогда любая попытка такого рода (хотя предыдущие и не удались, но ведь это общее свойство всех непрекращающихся попыток) САМА ПО СЕБЕ, независимо от результата, с порога встречает жуткое сопротивление, объявляется ненаучной и неприемлемой для науки просто потому, что все уже отчаялись на этом пути что-то понять? Или потому, что это не пришло в голову самому академику?

И ученые предпочитают «расстаться со здравым смыслом» только потому, что предложенная математическая теория, игнорируя собственно происходящее, обеспечивает хорошее предсказание и точное вычисление результатов? Значит, только поэтому уже можно прекратить поиски, основанные на здравом смысле?

Одновременно возникает и другой вопрос – а если теория прекрасно объясняет все происходящее самым простым языком и способом (там, где все прочие теории пасуют), разве это не основание принять ее как менее абсурдную, и уже после этого подвести под нее математическую базу?

*

Какие же предположения были положены в основу КЭД, которые могли бы показаться нефиту абсурдными?

Если вы расставите вокруг много фотоумножителей и будете светить тусклым светом в разных направлениях, свет попадет в один из фотоумножителей и произведет щелчок полной громкости. Все или ничего: если один фотоумножитель срабатывает в данный момент, то никакой другой уже не срабатывает (кроме того редкого случая, когда два фотона вылетают одновременно из источника света). Свет не распадается на «половинки частиц», которые летят в разные места.

*Хочу особенно подчеркнуть, что **свет существует именно в виде частиц** – это важно знать. Это особенно важно знать тем из вас, кто ходил в школу, где, возможно, что-то говорили о волновой природе света. Я говорю вам, как он НА САМОМ ДЕЛЕ ведет себя – как частицы.*

Последнее высказывание на самом деле «дорогостоящее». Разве «дуализм света» уже сдан в архив? И, несмотря на свои прошлые высказывания, автор тут что-то нам рассказывает про происходящее «на самом деле»? Но как тогда автор может объяснить разделение света полупрозрачным зеркалом?

Теперь я хотел бы описать вам один эксперимент и сообщить его удивительные результаты. В этом эксперименте

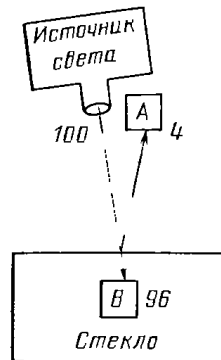


Рис. 2. Эксперимент для измерения частичного отражения света от одной поверхности стекла. Из каждых 100 фотонов, покидающих источник света, 4 отражаются от передней поверхности и попадают в фотоумножитель А, в то время как остальные 96 проходят сквозь переднюю поверхность и оказываются в фотоумножителе В

несколько фотонов одного цвета, допустим, красного, попадают из источника на кусок стекла (см. рис. 2). Фотоумножитель установлен в точке А над стеклом и ловит все фотоны, отраженные передней поверхностью. Чтобы определить, сколько фотонов проходит через переднюю поверхность, другой фотоумножитель установлен в точке В внутри стекла. Не обращайте внимания на очевидные трудности,

То есть как это «не обращайте внимания»? А может быть именно вторая сторона стекла принимает участие в этом опыте??? И таки да, в конце полета мы в этом убедимся....

связанные с установкой фотоумножителя внутри стекла. Каковы же результаты этого эксперимента?

Из каждых 100 фотонов, летящих вниз под прямым углом к стеклу, в среднем 4 попадают в точку *A* и 96 — в *B*. Итак, в этом случае частичное отражение означает, что 4 % фотонов отражаются передней поверхностью стекла, в то время как остальные 96 % пропускаются. Мы *уже* столкнулись с большой трудностью: как это свет может *частично* отражаться? Каждый фотон заканчивает свой путь в *A* или в *B* — как фотон решает, куда ему лететь, в *A* или в *B*? (Смех в аудитории.) Это может звучать как шутка, но мы не можем просто смеяться. Нам придется объяснить это при помощи теории! Частичное отражение — это уже непостижимая загадка, и это была очень трудная задача для Ньютона.

Преонная оптика легко это объясняет [Л.2, глава 7]. Отражается только часть фотонов. Волновая оптика тут пасует. Кроме того, автор сам себе противоречит — ниже он нам покажет, что при очень малой толщине пластинки отражение практически равно нулю. Если считать, что это влияние нижней стороны пластинки, то придется принять, что два фотона могут самоуничтожиться? Если же отражает только верхняя половина, то вот вам пример:



Озеро в пещере с исключительно чистой водой
(отражение от поверхности практически отсутствует)

Через минуту мы столкнемся с такой странной особенностью частичного отражения, что она собьет с толку любого сторонника теории «дырок и пятен» - или другой какой-нибудь разумной теории!

То есть еще раз – до сих пор ничего более разумного, чем КЭД не придумано, а значит и невозможно придумать.... Шлагбаум...

Другая возможная теория состоит в том, что фотоны имеют какой-то внутренний механизм — «колесики» и «шестеренки», которые поворачиваются некоторым образом,— так что когда фотон «нацелен» правильно, он проходит сквозь стекло, а когда неправильно — отражается. Мы можем проверить эту теорию, постаравшись отфильтровать фотоны, нацеленные правильно, при помощи нескольких дополнительных стеклянных пластинок между источником и первым стеклом. После прохождения через фильтры *все* фотоны, достигшие стекла, должны быть нацелены правильно, и ни один из них не должен отразиться. Эта теория плоха тем, что не согласуется с экспериментом: даже пройдя сквозь много слоев стекла, 4 % фотонов, достигших данной поверхности, отражаются от нее.

Но внутри самого стекла отражения нет, есть только слабое рассеяние. Если мы говорим о ПОВЕРХНОСТИ, то это значит, что есть «поверхность раздела». И там есть слой либо воздуха, либо вакуума.

Сколько бы мы ни старались изобрести разумную теорию, объясняющую, как фотон «решает», проходить ли ему сквозь стекло или отскакивать назад, предсказать, как будет двигаться данный фотон, невозможно.

Опять то же самое.... **Невозможно!** Даже двух шлагбаумов недостаточно... Крайне неприятный метод обсуждения. Крайне...

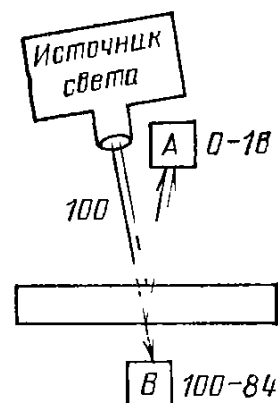
Философы утверждали, что если одинаковые условия не приводят всегда к одинаковым результатам, предсказания невозможны и наука потерпит крах. Вот условие, которое приводит к различным результатам: одинаковые фотоны летят в одном направлении к одному куску стекла. Мы не можем предсказать, попадет ли данный фотон в *A* или *B*. Все, что мы можем предсказать — это то, что из 100 вылетевших фотонов в среднем 4 отразятся от поверхности. Значит ли это, что физику, науку великой точности, свели к тому, чтобы вычислять *вероятность* события и не предсказывать точно, что произойдет? Да. Так оно и есть. Это отступление. Природа позволяет нам вычислять только вероятности. Но наука не потерпела краха.

Естественно. Потому что философ и наука – вещи несовместные. Простое подбрасывание монеты должно было убедить любого такого «хвлылософа» в абсурдности его позиции. Ан нет...

Автор, видимо, преднамеренно путает статистику и непостоянные результаты при постоянных условиях. Весьма схоластические утверждения...

Если частичное отражение от одной поверхности — это непостижимая загадка и трудная проблема, то частичное отражение от двух или более поверхностей совершенно ошеломляет. Позвольте показать, почему. Поставим второй эксперимент, в котором мы будем измерять частичное отражение света от двух поверхностей. Заменяем кусок стекла очень тонкой стеклянной пластинкой со строго параллельными поверхностями и поместим фотоумножители под пластинкой на пути света от источника (см. рис. 4). На этот раз фотоны могут отразиться от передней или задней поверхности и попасть в *A*; все остальные попадут в *B*.

Рис. 4. Эксперимент для измерения частичного отражения света от двух поверхностей стекла. Фотоны могут попасть в фотоумножитель *A*, отразившись либо от передней, либо от задней поверхности стеклянной пластинки; кроме того, они могут пройти сквозь обе поверхности и попасть в фотоумножитель *B*. В зависимости от толщины стекла от 0 до 16 фотонов из каждых 100 попадают в фотоумножитель *A*. Эти результаты представляют трудность для любой разумной теории, включая теорию «дырок и пятен» (см. рис. 3). Оказывается, частичное отражение может быть «погашено» или «усилено» наличием добавочной поверхности



Обратите внимание:

*В зависимости от толщины стекла от 0 до 16 фотонов из каждых 100 попадают в фотоумножитель *A*. Эти результаты представляют трудность для любой разумной теории, включая теорию «дырок и пятен». Оказывается, частичное отражение может быть «погашено» или «усилено» наличием добавочной поверхности!*

*Мы могли бы ожидать, что передняя поверхность отразит 4% света, а задняя — 4% из оставшихся 96%, т.е. в целом отразится примерно 8%. Так что мы должны обнаружить, что из каждых 100 фотонов, испускаемых источником, примерно 8 попадут в *A*.*

*В действительности в этих тщательно контролируемых лабораторных условиях очень редко 8 из 100 фотонов попадают в *A*. С некоторыми пластинками мы постоянно получаем 15 или 16 фотонов — вдвое больше ожидаемого результата! Другие пластинки всегда дают 1 или 2 фотона, третьи — 10, а от некоторых свет вообще не отражается!*

Таким образом мы имеем дело с типичным подходом мат-физика к физическому явлению, суть которого ему ни один физик растолковать не мог. Не мог принципиально — преоники тогда не существовало. Обратите внимание — все время говорится об отражении ОТ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА! Но ведь это — МОДЕЛЬ! Причем автор-фокусник очень хитро СКРЫЛ от зрителя тот (известный ему!) факт, что он использовал пластинки РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ! И ЭТО автору было известно! Но он либо находился в плену догмата о поверхностном отражении, либо .. не хочется думать о нем плохо....

А преоника предлагает ДРУГУЮ МОДЕЛЬ, про которую автор выше сказал, что ее придумать нельзя принципиально! И в преонной модели нам станет все предельно ясно. И вот только теперь автор упоминает о разной толщине пластинок:

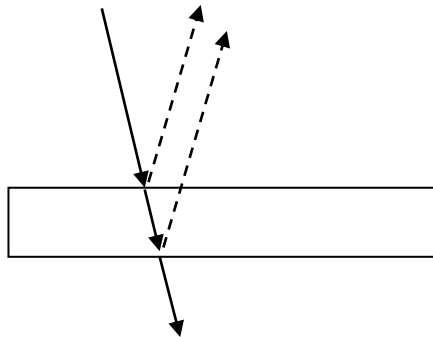
По мере постоянного утолщения пластинок количество света, отраженного двумя поверхностями, достигает максимума 16% (это происходит при толщине в 5 миллионных дюйма), а затем снова понижается до 8% и далее до нуля.

Автор предусмотрительно не указывает, при какой длине волны монохроматического (ли?) света производятся «тщательно контролируемые» эксперименты. Но из других соображений мы можем понять, что это красный свет (λ около $0,5 \text{ мк} = 500 \text{ нм}$).

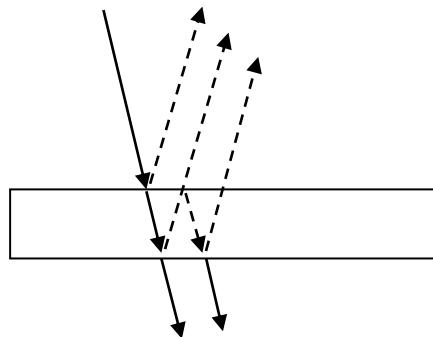
Один дюйм равен $2,5 \text{ см}$ или $0,025 \text{ метра}$. Одна миллионная метра – микрон. Одна миллионная дюйма – это $0,025 \cdot 10^{-6} \text{ метра}$. 5 миллионных дюйма это $0,125 \cdot 10^{-6} \text{ метра}$, то есть сто миллимикрон. Это существенно короче длины волны синего света. Имеется в виду такая тонкая пластинка? Насколько мне известно такую толщину имеют лишь пленки на просветленной оптике?

125 нм это 25% длины волны красного света $\lambda = 500 \text{ нм} = 0,5 \text{ мк} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Туда и обратно - это почти **0,5** длины волны. Это очень важно!

На самом деле рис.4 неправильный. Вот как нарисовано на рис 4.



А ДОЛЖНО БЫТЬ нарисовано вот так:



Но, положим, что это сейчас неважно для выяснения главного «абсурдного» предположения...

Стр.24

Фейнман: *На протяжении многих лет после Ньютона частичное отражение от двух поверхностей благополучно объяснялось волновой теорией. Эта идея основывалась на способности волн взаимно усиливаться или взаимно гаситься, и расчеты в рамках этой модели соответствовали результатам как экспериментов Ньютона, так и экспериментов, проводившихся на протяжении столетий после Ньютона.*

Но когда были разработаны приборы, достаточно чувствительные, чтобы реагировать на единичный фотон, волновая теория предсказала, что щелчки фотоумножителя будут становиться все тише и тише, в то время как они сохраняли полную силу, только становились все реже и реже.

И когда провели эксперименты, в которых на фотоумножители светили очень слабым светом, волновая теория потерпела крах. По мере того, как свет становился все более тусклым, фотоумножители продолжали издавать полновесные щелчки – только они раздавались все реже. Свет вел себя как частицы.

Ни одна разумная модель не могла объяснить этот факт, поэтому наступил период, требовавший известной хитрости. Надо было знать, какой эксперимент вы анализируете, чтобы сказать, что такое свет - волны или частицы. Эта путаница была названа "корпускулярно-волновым дуализмом" света, и кто-то пошутил, что свет представляет собой волны по понедельникам, средам и пятницам, частицы - по вторникам, четвергам и субботам, а по воскресеньям мы думаем об этом!

Цель этих лекций - рассказать, как эта загадка была в конце концов "разрешена"

Обратим особое внимание на кавычки в слове "разрешена". В физике это называется "решающим экспериментом".

Сегодня ситуация такова, что у нас нет хорошей модели для объяснения частичного отражения от двух поверхностей; мы только вычисляем вероятность того, что в данный фотоумножитель попадет фотон, отраженный от стеклянной пластинки. Я выбрал эти вычисления в качестве первого примера, чтобы познакомить вас с методом квантовой электродинамики. Я собираюсь показать вам, «как мы считаем бобы», — что делают физики, чтобы получить правильный ответ. Я не собираюсь объяснять, как фотоны в действительности «решают» вопрос, отскочить ли назад или пройти насквозь. Это неизвестно. (Возможно, вопрос не имеет смысла.) Я только покажу вам, как вычислить правильную вероятность того, что свет отразится от стекла данной толщины, потому что это единственное, что физики умеют делать! То, что нам приходится делать, чтобы решить эту задачу, аналогично тому, что приходится делать, чтобы решить любую другую квантово-электродинамическую задачу.

Сегодня мы уже можем уточнить, что не просто «физики», а «математические физики», присвоившие себе право называться физиками.

Это исключительно важный пункт! Никто из них не знает, что происходит на самом деле! Просто было НАЙДЕНО, что если рассчитывать вот по такой методике, то результаты расчета совпадут с тем, что показывает эксперимент.

Да, ЭТО НЕ ОБЪЯСНЕНИЕ происходящего! И Фейнман об этом говорит прямо.

Если вы будете наблюдать за числом посетителей универмага, то вы выясните, что их число резко снижается по субботам. И даже найдете формулу для приблизительного расчета. Но ПОЧЕМУ это происходит, вы не знаете. И говорите - это меня не интересует. И я объявляю это ЗАКОНОМ. И даже назову его "Законом Субботы". А когда число посетителей будет увеличиваться по пятницам, тогда я напишу другую формулу, которая будет учитывать и то и это, и тоже объявлю это ЗАКОНОМ. И назову это "Законом Пятницы". И так далее... А тому, кто скажет, что он ДОГАДЫВАЕТСЯ, почему число посетителей уменьшается по субботам, вы расхохочетесь в лицо и скажете - на сегодняшнем уровне наших представлений о посетителях это пока еще невозможно достоверно узнать. Поэтому мы подождем, пока... пока другие узнают?

Это серьезный подход? За кого нас держат?

Конечно, я понимаю, что ТОГДА у физиков могло не быть иного выхода. А теперь?

Ниже мы увидим, что само понятие "решающий эксперимент", сформулированное на самом деле "хвылософами науки", вряд ли может быть безусловно применимо в подобных ситуациях, когда на одной чаше весов лежит все же более-менее "физическая" теория, основанная на предыдущем опыте, а на другую чашу кладется полностью математическая теория, да еще с искусственными предположениями, которые кажутся абсурдными самому автору. Да еще при этом открыто заявляется, что автора не интересует ФИЗИЧЕСКАЯ сторона дела, то есть "ЧТО ТАМ НА САМОМ ДЕЛЕ ПРОИСХОДИТ" (вот так можно в конце концов определить, что я имею в виду под словами "физический подход"): ведь даже сам автор понимает, что не вероятности же сами по себе вызывают те или иные явления, которые мы наблюдаем. В чем же суть этой самой "абсурдной теории"?

Фейнман:

Давайте нарисуем некую стрелку и поставим ей в соответствие некое событие.

Что общего между стрелкой и вероятностью того, что определенное событие совершится? В соответствии с правилами, с которыми мы «считаем бобы», вероятность события равна квадрату длины стрелки. Например, в нашем первом эксперименте (когда мы измеряли частичное отражение только от одной передней поверхности) вероятность того, что фотон попадает в фотоумножитель А, была равна 4%. Это соответствует стрелке длиной 0,2, так как 0,2 в квадрате равно 0,04 (см. рис. 6).

Рис. 6. Странная особенность частичного отражения от двух поверхностей заставила физиков отказаться от абсолютных предсказаний и ограничиться вычислением вероятности события. Квантовая электродинамика дает нам для этого метод, состоящий в рисовании стрелочек на листе бумаги. Вероятность события представлена площадью квадрата, стороной которого является стрелка. Например, стрелка, соответствующая вероятности 0,04 (4%), имеет длину 0,2



В нашем втором эксперименте (когда мы заменяли тонкие пластины чуть более толстыми) фотоны, отскакивая от передней или задней поверхности, попадали в А. Как нарисовать

стрелку, чтобы изобразить эту ситуацию? Длина стрелки должна меняться от нуля до 0,4 чтобы представить вероятности от нуля до 16% в зависимости от толщины стекла.

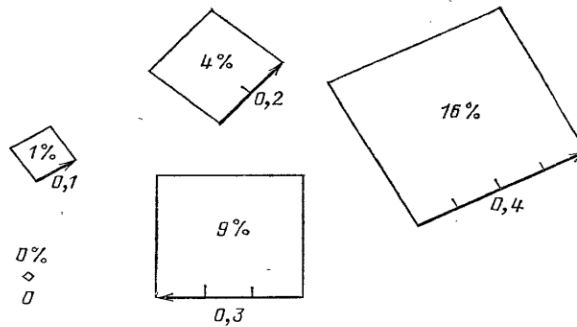


Рис. 7. Стрелки, соответствующие вероятностям от 0 до 16 %, имеют длины от 0 до 0,4

И далее на стр. 25 [Л.1] объясняются правила работы со стрелочками.

Однако не будем упускать из виду интересного обстоятельства:

Вероятность регистрации фотонов однозначно соответствует МОЩНОСТИ светового сигнала. Поэтому для инженера понятно, что величина стрелочки соответствует АМПЛИТУДЕ синусоидального сигнала (какого именно - вопрос отдельный). И понятно, что при расчете движения фотона по разным путям (да еще с учетом ФАЗЫ (!!!!!)) как раз и следует использовать именно амплитуды. Мощности будут являться результатом сложения амплитуд в соответствующих фазах.

Конечно, Фейнман это знает и понимает. Поэтому здесь он вроде бы делает все правильно, только вводит новое понимание, что мы имеем дело не с регулярно отражающимися фотонами, а с неким средним вероятностным параметром, сама причина которого не рассматривается.

Ну, пока все находится в пределах здравого смысла (стр.26 [Л.1]), где автор по-сути объясняет дилетантам правила векторного анализа, как бы безотносительно к процессам, которые собираются рассматривать. Хотя уже намечается подход к точке, где возникнет абсурд, о котором нас предупредили. УГОЛ вектора предполагается зависимым от пути, пройденного фотоном. И это еще пока тоже ничего еще. Действительно, если задержки увеличиваются, то фотоны уже не могут складываться просто по амплитуде, а значит и по мощности. Расхождение фотонов предполагает снижение амплитуды результирующего вектора... до какого момента?

До конца страницы 26 и начала стр.27:

Чтобы определить направление каждой стрелки, давайте представим себе, что у нас есть часы, которые идут, пока фотон летит. У этих воображаемых часов есть только одна стрелка, и она вращается очень-очень быстро. Когда фотон летит, стрелка часов вращается (делая примерно 36 000 оборотов на дюйм пути фотона, если свет красный). Наконец, фотон попадает в фотоумножитель, и мы останавливаем часы. Стрелка часов останавливается, указывая в каком-то определенном направлении. В этом направлении и мы нарисуем нашу стрелку.

Но этого мало.

Чтобы правильно **вычислить** ответ, нам потребуется еще одно правило (по сути – еще одна гипотеза – прим. А.В.) Когда мы имеем дело с траекторией движения фотона, отскочившего от передней поверхности стекла, мы меняем направление стрелки на обратное. Другими словами, мы рисуем стрелки так, что стрелка заднего отражения указывает в том же направлении, что и стрелка часов, а стрелка переднего отражения – в противоположном направлении.

Таким образом была учтена очень важная вещь, причиной которой автор тоже пока не интересуется - ФАЗА СТРЕЛКИ меняется на обратную при соприкосновении фотона с поверхностью.

Обратим внимание, что структурой фотона автор не интересуется, и потому само понятие о фазе у фотона им не рассматривается. Важно, чтобы ответ получился правильным, то есть совпадающим с результатами эксперимента!

Но и это еще не все...

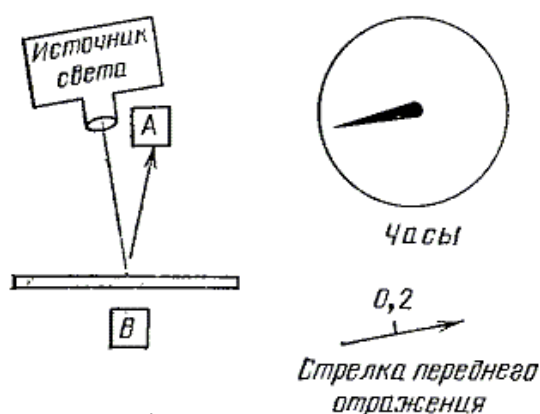


Рис. 10. В эксперименте с отражением от двух поверхностей мы можем сказать, что один фотон может попасть в *A* двумя способами: отразившись от передней или задней поверхности. Для каждого способа рисуется стрелка длиной 0,2, причем ее направление определяется стрелкой «часов», которая вращается, пока фотон движется. Стрелка «переднего отражения» рисуется в направлении, *обратном* оставшейся стрелке часов

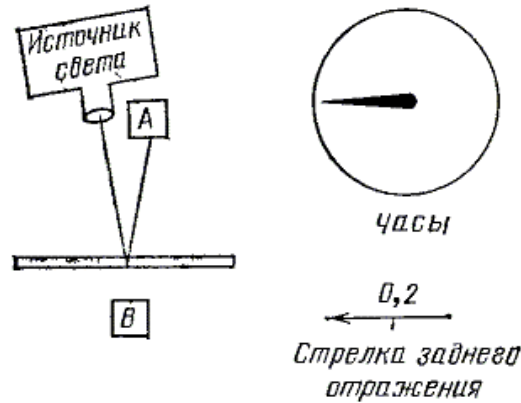


Рис. 11. Фотону, отразившемуся от задней поверхности тонкой стеклянной пластинки, требуется немного больше времени, чтобы попасть в А. Так что стрелка часов, остановившись, указывает слегка в другом направлении, чем когда мы имеем дело с фотоном, отразившимся от передней поверхности. Стрелка «заднего отражения» рисуется в *том же* направлении, что и стрелка часов

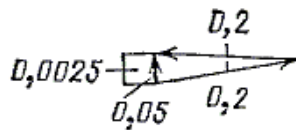
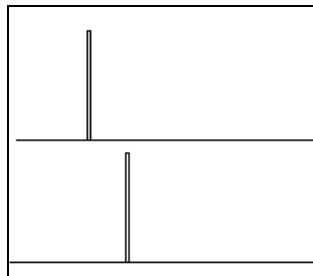


Рис. 12. Результирующая стрелка, квадрат которой представляет собой вероятность отражения от очень тонкого слоя стекла, получается при сложении стрелки переднего отражения и стрелки заднего отражения. Результат почти равен нулю

28

Вот тот момент, когда наступил "час абсурда".

Автор сложил два противоположно направленные вектора, получил (согласно векторному анализу, все правильно) результат, близкий к нулю, который **СООТВЕТСТВУЕТ** тому, что мы наблюдаем на практике... но! Ведь если волновая теория по мнению автора "потрепела крах" (см. выше), и он представляет себе и нам фотоны как **КОРПУСКУЛЫ**, то есть частички очень малых размеров, то их сдвиг друг относительно друга не может привести к подобным результатам! Два одиночных импульса не могут скомпенсироваться до нуля, если наложатся друг на друга в результате какого угодно запаздывания.



Но автор не так прост! Рисуя стрелочки, он протащил в наше сознание незаметно для нас ФАЗУ импульса. Теперь два фотона - это уже не два реальных объекта, а два объекта, помноженные на фазовый множитель, который может принимать и отрицательные значения.

С этого момента от физической картины ничего не осталось. Более того, ничего не осталось и от заявлений о "корпускулярности" фотона. Автор в чистом виде подменил корпускулярную картину картиной волновой.

Более того, векторная форма сложения фотонов, предложенная автором, вообще возможна только в случае совершенно иной структуры фотона. Но о структуре фотона нам не разрешено говорить. На каком же основании вводится ФАЗА у фотона? И пусть мне объяснят, каким образом запаздывание одного импульса относительно другого может привести к снижению их суммарной амплитуды (да еще периодическому!), и что такое вообще эта самая фаза собой представляет. Очевидно, это не просто задержка одного импульса относительно другого. Очевидно, здесь применен специально разработанный для такого случая математический аппарат специального векторного анализа, который дает правильный результат, но, даже по мнению самого автора, никакого отношения к "происходящему на самом деле" может и не иметь.

Нечто аналогичное было использовано в теории Максвелла. Сила Лоренца отклоняла электрон не по направлению действия сил, а перпендикулярно к ним. Это противоречило всей ньютоновой механике (только гироскоп вел себя аналогичным образом). И тогда «на складах математики» нашлось «векторное произведение».... [Л.3]

Вот это и есть тот самый "абсурд", который нам предлагается принять для того, чтобы вычисления давали нужный нам результат. И при этом еще утверждается, что это - единственное, что физики умеют делать!

толщины, потому что это единственное, что физики умеют делать! То, что нам приходится делать, чтобы решить эту задачу, аналогично тому, что приходится делать, чтобы решить любую другую квантово-электродинамическую задачу.

Итак, есть эксперимент, необъяснимый пока физически. Приходит математик, и говорит – у меня есть математическое «объяснение», с точки зрения теории вероятности. Но оно основано (см. ниже) на некорректном с вашей точки зрения физическом эффекте (сложение импульсов с учетом их несуществующей фазы). Абсурд. А математика дает правильный результат. Поэтому я, с вашего позволения, гений!

С нашей точки зрения проблема тут в другом. Похоже, что в математике наверняка существуют другие способы описания происходящих явлений. И даже можно на пустом месте сконструировать «новую математику» со своими правилами работы с операндами. Но, поскольку математик не ПОНИМАЕТ физическую сторону процесса (которая обычно и называется «здравым смыслом»), он не может и найти соответствующего «здравому смыслу» подходящего математического аппарата (который наверняка существует, если здравый смысл не отправлять на свалку). Он счастлив и горд, что нашел (или соорудил) один из математических способов описания (!), и на этом останавливается. Ему плевать на физический смысл, он поднимается выше, до объявления Природы абсурдной. А **абсурден сам способ поиска математического описания вне связи с физическим смыслом.**

Да... уважения к физикам от этого не прибавляется... Однако Фейнману виднее, чем именно он занимается.... Далее автор продолжает «гнуть свою прямую линию»....

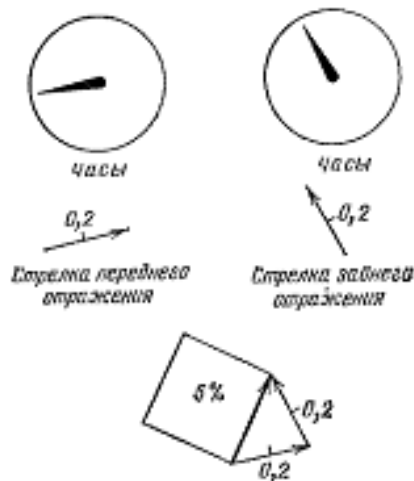


Рис. 13. Результирующая стрелка для чуть более толстой стеклянной пластинки несколько длиннее благодаря большому относительному углу между стрелками заднего и переднего отражения. Это связано с тем, что фотону, отражающемуся от задней поверхности, требуется больше времени, чтобы попасть в А, по сравнению с предыдущим примером

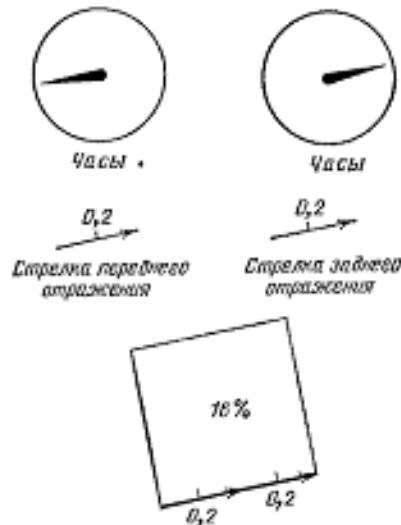


Рис. 14. Когда толщина стекла такова, что стрелка часов дает дополнительный поворот для фотона, отразившегося от задней поверхности, стрелки переднего и заднего отражения указывают в одном направлении. Это дает результирующую стрелку длиной 0,4, что соответствует вероятности 16 %

29

Здесь единственно верно с точки зрения здравого смысла только изображенное на последнем рисунке - два фотона с равными амплитудами сложатся и дадут то, что надо.

В дальнейшем автор называет "амплитудой" не абсолютную величину вектора, а его величину с учетом "фазы", что, конечно, вводит читателя, знакомого с электричеством, в дополнительное заблуждение. Но это в конце концов ему можно простить...

Таким образом, говоря короче, автором предложена "новая математика", которую можно назвать "теорией комплексных векторов неопределенных явлений". Суть некоего явления остается неизвестной, но если к ней применить эту математику, то можно получить результаты, адекватные эксперименту. А что мы еще можем сделать?

Да пока что - ничего... - говорит автор. А теория прекрасная; не то, чтобы все объясняет, это преувеличение так говорить, но ПРИМЕНИМА к множеству явлений.

Только вот, уважаемые коллеги, при чем тут ФИЗИКА как таковая? Что "блестящего" в этой теории с точки зрения физики? Совпадение результатов теории с экспериментом? Простите, какой ТЕОРИИ? Математической? Верно. Но поняли ли мы что-нибудь из этого о том, что такое ФОТОН, и что это за мистическая "фаза запаздывания", которая приводит к абсурдному представлению о возможности уничтожения импульсов, которые прошли разное расстояние? И не введет ли Фейнман нас, физиков, в дополнительное заблуждение, если мы будем в дальнейшем представлять себе фотоны вот таким образом?

Фейнман честно говорит, что он ЭТОГО не понимает. Ему достаточно, что "работает теория". А вот для меня этого недостаточно...

И понятно, почему. Потому что меня интересует именно то, что якобы не интересует автора (якобы физика) – ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО фотона и электрона (да и всех остальных заодно), зная которое можно было бы действительно ОБЪЯСНИТЬ, ПОЧЕМУ происходят те или иные явления. Не понимая физики, можно оступиться в любой момент!

Ибо, по моему нескромному мнению, без понимания физической сущности происходящих процессов нельзя быть уверенным, что при сто первой попытке применить эту "теорию" на практике мы не получим абсурдного решения. Но, говорит Фейнман, это не беда. Наука как раз так и развивается - несовпадение эксперимента с теорией - новая теория - полное совпадение... до следующей ямы.

*

Я полагаю, что если считается допустимым создать "новую математику", в которой одиночные импульсы (называемые фотонами) способны складываться алгебраически в зависимости от запаздывания (что является абсурдом по мнению самого автора предложения), и применить эту математику к тем или иным явлениям, в приложении к которым она дает адекватные результаты, то **не менее допустимо** (а с моей точки зрения даже более) вводить предположения о существовании тех или иных физических объектов или явлений (или о соотношении этих объектов и явлений), которые во всяком случае не противоречат нашему предыдущему опыту... и даже могут кое-кому КАЗАТЬСЯ сколь угодно абсурдными, если их применение приводит нас к адекватным выводам!

Дальнейшее развитие этого метода в книге Фейнмана «КЭД» приводит его к необходимости **принять как данность нарушение причинно-следственной связи в физических явлениях** в микромире. Возможно, таким путем можно заработать «научное бессмертие» после того, как вас уже причислили к «сонму великих». Но нам с вами на это рассчитывать не приходится. Поэтому нам придется найти более разумное, «физическое» объяснение основному эксперименту Фейнмана. А там уже – посмотрим...

Литература

1. Р.Фейнман. «КЭД – странная теория света и вещества»
2. А.Вильшанский. «Физическая физика (Гравитоника)»
<http://www.geotar.com/position/kapitan/indexcap.html>
3. А.Вильшанский. «Физическая физика (Преоника)» (GOOGLE)
4. А.Вильшанский. Комментарий к «обнаружению гравитационных волн».
<http://www.vilsha.iri-as.org/stat/vilshan-comment.pdf>

Конец первой части

О книге Р.Фейнмана «КЭД – странная теория света и вещества»

Часть вторая

–О-кей, положим, – скажет кто-то. – Но критиковать легко. А каковы ВАШИ собственные представления о том, ЧТО ПРОИСХОДИТ НА САМОМ ДЕЛЕ?

Для того, чтобы на это ответить, нам придется перечитать книжку Фейнмана еще и еще раз... Вернемся к началу книги Фейнмана и обратим бóльшее внимание на рассуждения автора.

Я рассказал вам о фотоумножителе, чтобы проиллюстрировать основополагающий факт, который мог быть вам неизвестен,— что свет состоит из частиц, но теперь, надеюсь, вы знаете и это!

Полагаю, всем вам известно, что свет частично отражается от некоторых поверхностей, например от воды. Сколько романтических полотен посвящено отражению в озере лунного света (и сколько раз вы попадали в беду

17

из-за лунного света, отражавшегося в озере!). Глядя на воду, вы можете увидеть (особенно днем) то, что находится в глубине, но видите также и отражение от поверхности. Другой пример — стекло. Если днем в комнате горит лампа, и вы смотрите в окно, то вам видно и то, что происходит снаружи, и тусклое отражение лампы в комнате. Таким образом, свет частично отражается от поверхности стекла.

Прежде чем продолжить, хочу обратить ваше внимание на некое упрощение, которое я сделаю вначале и которое будет исправлено позже: говоря о частичном отражении света от стекла, я буду предполагать, что свет отражается только от *поверхности* стекла. В действительности кусок стекла — это страшно сложное чудовище, в котором кишит огромное количество электронов. Когда фотон попадает в стекло, он взаимодействует с электронами *во всем* стекле, а не только с теми, что на поверхности. Фотон и электроны исполняют некий танец, конечный результат которого точно такой же, как если бы фотон ударялся только о поверхность. Так что позвольте мне пока сделать такое упрощение. А позже я покажу вам, что на самом деле происходит в стекле, и вы поймете, почему окончательный результат тот же.

Примечание. Согласно представлениям гравитоники, фотоны не могут взаимодействовать с электронами атома. Да и свободных электронов в стекле нет.

Теперь я хотел бы описать вам один эксперимент и сообщить его удивительные результаты. В этом эксперименте

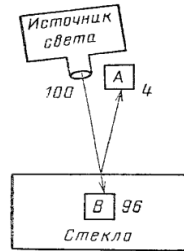


Рис. 2. Эксперимент для измерения частичного отражения света от одной поверхности стекла. Из каждых 100 фотонов, покидающих источник света, 4 отражаются от передней поверхности и попадают в фотоумножитель *A*, в то время как остальные 96 проходят сквозь переднюю поверхность и оказываются в фотоумножителе *B*

несколько фотонов одного цвета, допустим, красного, попадают из источника на кусок стекла (см. рис. 2). Фотоумножитель установлен в точке *A* над стеклом и ловит все фотоны, отраженные передней поверхностью. Чтобы определить, сколько фотонов проходит через переднюю поверхность, другой фотоумножитель установлен в точке *B* внутри стекла. Не обращайте внимания на очевидные трудности,

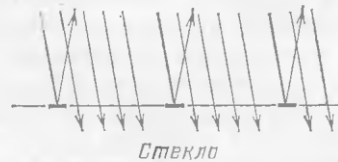
связанные с установкой фотоумножителя внутри стекла. Каковы же результаты этого эксперимента?

Из каждых 100 фотонов, летящих вниз под прямым углом к стеклу, в среднем 4 попадают в точку *A* и 96 — в *B*. Итак, в этом случае частичное отражение означает, что 4 % фотонов отражаются передней поверхностью стекла, в то время как остальные 96 % пропускаются. Мы уже столкнулись с большой трудностью: как это свет может *частично* отражаться? Каждый фотон заканчивает свой путь в *A* или в *B* — как фотон решает, куда ему лететь, в *A* или в *B*? (Смех в аудитории.) Это может звучать как шутка, но мы не можем просто смеяться. Нам придется объяснить это при помощи теории! Частичное отражение — это уже непостижимая загадка, и это была очень трудная задача для Ньютона.

Внимание — «летающих вниз под прямым углом!»

Можно придумать несколько возможных теорий, объясняющих частичное отражение света от стекла. Одна из них

Рис. 3. Одна из теорий, объясняющих частичное отражение от одной поверхности, предполагает, что поверхность состоит, в основном, из «дыроч», которые пропускают свет, и немногих «пятен», которые отражают свет



состоит в том, что 96 % поверхности стекла — это «дырки», которые пропускают свет, в то время как остальные 4 % заняты маленькими «пятнышками» отражающего материала (см. рис. 3). Ньютон понимал, что это объяснение не годится*). Через минуту мы столкнемся с такой странной особенностью частичного отражения, что она собьет с толку любого сторонника теории «дыроч и пятен» — или другой какой-нибудь разумной теории!

*) Откуда он знал? Ньютон был великим человеком, он писал: «Потому что я могу отполировать стекло». Вас может удивить, с чего он взял, что если можно отполировать стекло, то не должно быть дыроч и пятен? Ньютон сам шлифовал свои линзы и зеркала и знал, что он делает при шлифовке — царапает поверхность стекла порошками все более тонкого помола. По мере того как царапины становятся все тоньше и тоньше, поверхность стекла меняет свой облик и из матово-серой (так как свет рассеивается большими царапинами) становится прозрачно-ясной (потому что очень тонкие царапины пропускают свет насквозь). Таким образом, он увидел, что невозможно предположить, будто очень мелкие неровности, вроде царапинок или пятен и дыроч, могут влиять на свет. В действительности он обнаружил, что верно обратное. Тончайшие царапки и, следовательно, такие же маленькие пятнышки не оказывают влияния на свет. Так что теория дыроч и пятен не годится.

Другая возможная теория состоит в том, что фотоны имеют какой-то внутренний механизм — «колесики» и «шестеренки», которые поворачиваются некоторым образом, — так что когда фотон «нацелен» правильно, он проходит сквозь стекло, а когда неправильно — отражается. Мы можем проверить эту теорию, постаравшись отфильтровать фотоны, нацеленные правильно, при помощи нескольких дополнительных стеклянных пластинок между источником и первым стеклом. После прохождения через фильтры *все* фотоны, достигшие стекла, должны быть нацелены правильно, и ни один из них не должен отразиться. Эта теория плоха тем, что не согласуется с экспериментом: даже пройдя сквозь много слоев стекла, 4 % фотонов, достигших данной поверхности, отражаются от нее.

Сколько бы мы ни старались изобрести разумную теорию, объясняющую, как фотон «решает», проходить ли ему сквозь стекло или отскакивать назад, предсказать, как будет двигаться данный фотон, невозможно. Философы утверждали, что если одинаковые условия не приводят всегда к одинаковым результатам, предсказания невозможны и наука потерпит крах. Вот условие, которое приводит к различным результатам: одинаковые фотоны летят в одном направлении к одному куску стекла. Мы не можем предсказать, попадет ли данный фотон в *A* или *B*. Все, что мы можем предсказать — это то, что из 100 вылетевших фотонов в среднем 4 отразятся от поверхности. Значит ли это, что физику, науку великой точности, свели к тому, чтобы вычислять *вероятность* события и не предсказывать точно, что произойдет? Да. Так оно и есть. Это отступление. Природа позволяет нам вычислять только вероятности. Но наука не потерпела краха.

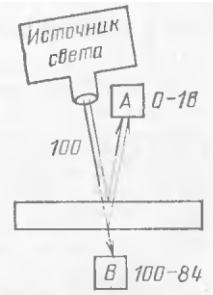
Если частичное отражение от одной поверхности — это непостижимая загадка и трудная проблема, то частичное отражение от двух или более поверхностей совершенно ошеломляет. Позвольте показать, почему. Поставим второй эксперимент, в котором мы будем измерять частичное отражение света от двух поверхностей. Заменяем кусок стекла очень тонкой стеклянной пластинкой со строго параллельными поверхностями и поместим фотоумножители под пластинкой на пути света от источника (см. рис. 4). На этот раз фотоны могут отразиться от передней или задней поверхности и попасть в *A*; все остальные попадут в *B*. Мы могли бы ожидать, что передняя поверхность отразит 4 % света, а задняя — 4 % из оставшихся 96 %, т. е. в целом отразится примерно 8 %. Так что мы должны обнару-

20

жить, что из каждых 100 фотонов, испускаемых источником, примерно 8 попадут в *A*.

В действительности в этих тщательно контролируемых лабораторных условиях очень редко 8 из 100 фотонов попадают в *A*. С некоторыми пластинками мы постоянно получаем 15 или 16 фотонов — вдвое больше ожидаемого результата! Другие пластинки всегда дают 1 или 2 фотона, третьи — 10, а от некоторых свет вообще не отражается!

Рис. 4. Эксперимент для измерения частичного отражения света от двух поверхностей стекла. Фотоны могут попасть в фотоумножитель А, отразившись либо от передней, либо от задней поверхности стеклянной пластинки; кроме того, они могут пройти сквозь обе поверхности и попасть в фотоумножитель В. В зависимости от толщины стекла от 0 до 16 фотонов из каждых 100 попадают в фотоумножитель А. Эти результаты представляют трудность для любой разумной теории, включая теорию «дырок и пятен» (см. рис. 3). Оказывается, частичное отражение может быть «погашено» или «усилено» наличием добавочной поверхности



Итак, физической теории нет, и Фейнман предлагает способ расчета результата, построенный из абсурдных составляющих. Все это слишком напоминает способ решения задачи трюечником, подгоняющим решение под ответ.

Однако в задачке есть и некоторые особенности, на которые автор ранее не считал нужным обратить наше внимание.

Чем объясняются эти ненормальные результаты? Проверив качество и однородность пластинок, мы обнаруживаем, что они лишь слегка различаются толщиной.

Чтобы проверить гипотезу, что количество света, отраженного двумя поверхностями, зависит от толщины стекла, проведем серию экспериментов. Начнем с тончайшей пластинки и измерим, сколько фотонов из каждых 100, испущенных источником, достигнут фотоумножителя в А. Затем заменим пластинку чуть более толстой и произведем новые измерения. Повторим эти действия несколько десятков раз. Что мы получим?

В случае самой тонкой пластинки мы получим, что число фотонов, приходящих в А, почти всегда равно нулю, а иногда равно 1. Заменив тончайшую пластинку чуть более толстой, получаем, что количество отраженного света стало больше — ближе к ожидаемому 8 %. Еще несколько замен — и количество фотонов, попадающих в А, начинает превышать 8 %. По мере постепенного утолщения пластинок количество света, отраженного двумя поверхностями, достигает максимума, 16 % (это происходит при толщине в 5 миллионных дюйма), а затем снова понижается до 8 % и далее до нуля. При какой-то определенной толщине пластинки отражения вообще нет. (Попробуйте-ка получить это с пятнами!)

21

Для ясности:

Дюйм — 2,5 см.

Одна миллионная дюйма — $2.5 \cdot 10^{-6}$ см. 5 миллионных — $12.5 \cdot 10^{-6}$ см

или $1.25 \cdot 10^{-5}$ см (или $1 \cdot 10^{-7}$ м) = 0,1 мк

А размер атома — около $1 \cdot 10^{-8}$ см

Таким образом это примерно 1000 атомных слоев.

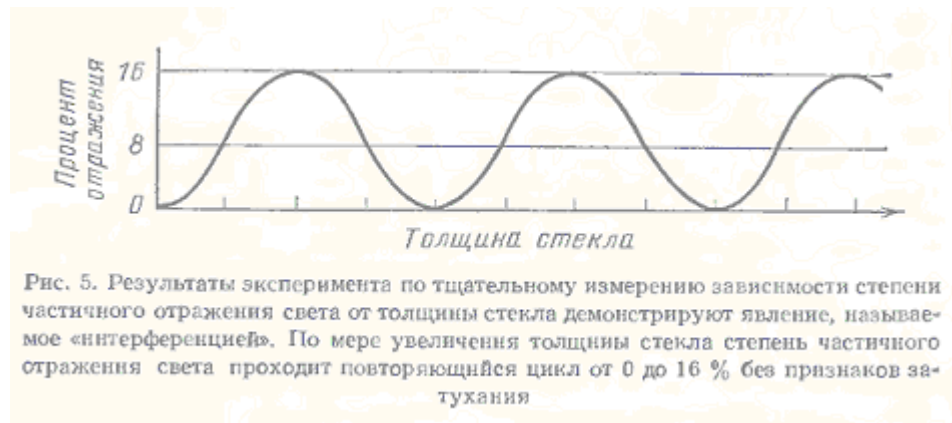
Длина волны красного света — около $0.5 \text{ мк} = 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0.5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$.

А толщина пластинки $1.25 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 0.1 \text{ мк}$. То есть толщина пластинки примерно 0.25λ (примерно). И длина волны укладывается вдоль пути фотона один раз туда и обратно.

И это - МАКСИМУМ! Но при особо тонких пластинках от границ стекла почти ничего не отражается. О-кей. Вероятность встречи с атомом вещества исключительно мала. (Не надо забывать, что длина волны в стекле больше на 30%)

Фейнман: Если дальше продолжать утолщать стекло, частичное отражение будет увеличиваться до 16% и возвращаться к нулю - этот цикл повторяется снова и снова (рис.5). Ньютон обнаружил эти колебания и поставил один эксперимент, который мог быть правильно интерпретирован, только если число таких колебаний достигало по меньшей мере 34 000 циклов!

Это утверждение не вполне ясное.



Фейнман: Сегодня, имея лазеры (которые дают очень чистый монохроматический свет) мы можем отчетливо наблюдать колебания после более чем 100 миллионов повторений. Это соответствует более чем 50-метровой толщине стекла (В обычной жизни мы не наблюдаем этого явления, потому что источник, как правило, не является монохроматическим).

Обратим внимание, что на графике рис.5 по оси абсцисс нет никаких числовых значений!!!! Но по тексту первый максимум 16% появляется при толщине пластинки в полволны.

Отсюда следует, что влияние на отражение от передней поверхности оказывает именно задняя поверхность. Тогда почему бы не зачернить заднюю поверхность и не удостовериться в этом? Автор приводит в доказательство отражение от поверхности озера. Но это отражение мы, как правило, наблюдаем под очень большим углом. И в процесс вмешиваются другие факторы... Тем не менее, мы покажем далее, что и для озера наша теория годится.

Сегодня ситуация такова, что у нас нет хорошей модели для объяснения частичного отражения от двух поверхностей; мы только вычисляем вероятность того, что в данный фотоумножитель попадет фотон, отраженный от стеклянной пластинки. Я выбрал эти вычисления в качестве первого примера, чтобы познакомить вас с методом квантовой электродинамики. Я собираюсь показать вам, «как мы считаем бобы», — что делают физики, чтобы получить правильный ответ. Я не собираюсь объяснять, как фотоны в действительности «решают» вопрос, отскочить ли назад или пройти насквозь. Это неизвестно. (Возможно, вопрос не имеет смысла.) Я только покажу вам, как вычислить правильную *вероятность* того, что свет отразится от стекла данной толщины, потому что это единственное, что физики умеют делать! То, что нам приходится делать, чтобы решить *эту* задачу, аналогично тому, что приходится делать, чтобы решить *любую другую* квантово-электродинамическую задачу.

Но важный момент в том, что разность фаз переднего и заднего отражения должна быть равна половине волны. И тогда мы будем наблюдать максимум.

В качестве следующего примера рассмотрим случай, когда стекло настолько толстое, что стрелка часов делает добавочный полуоборот за то время, что фотон отражается от задней поверхности. На этот раз стрелка заднего отражения указывает точно в том же направлении, что и стрелка переднего отражения. Соединяя обе стрелки, получаем результирующую стрелку длиной 0,4, квадрат которой равен 0,16, что соответствует вероятности 16 % (см. рис. 14).

Если мы увеличим толщину стекла настолько, чтобы стрелка часов сделала добавочный *полный* оборот за время полета с отражением от задней поверхности, то наши две стрелки будут опять указывать в противоположных направлениях и результирующая стрелка будет равна нулю

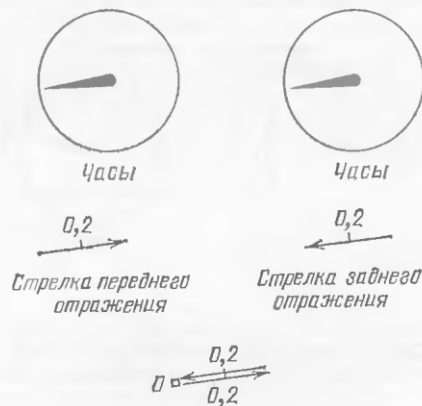


Рис. 15. Когда толщина стекла такова, что стрелка часов делает один или больше полных добавочных оборотов для фотона, отразившегося от задней поверхности, результирующая стрелка опять равна нулю, и отражения вообще нет

Полный оборот приводит к полной компенсации.
 Но эти утверждения противоречат волновой теории!
 Там таки была компенсация полуволной, и это было логично!

Почему же автор этого не видит?

Видит он, всё видит. Но «полуволна» его «не устраивает». Ведь его «фотоны» - это корпускулы, частицы! **Один фотон догнать другого должен, чтобы «уничтожиться»!** Да еще и «фазу» поменять по дороге! («Иначе крой не получается», - как говорил тот портной). По «теории» автора фотоны должны совпасть друг с другом. Поэтому разность хода должна быть равна длине волны. А что понятие о фазе при этом исчезает... ну, чего не предположишь для «красоты» теории... Ниже автор это подтверждает.

Чтобы лучше это понять, следует знать, что цикл от нуля до 16 % для частичного отражения от двух поверхностей повторяется чаще для синего света, чем для красного. Так что при определенной толщине тот или иной цвет или оба цвета отражаются сильно, в то время как при другой толщине отражение обоих цветов отсутствует (см.

32

рис. 18). Циклы отражения повторяются с разной частотой, что соответствует тому, что стрелка часов вращается быстрее для синего фотона и медленнее для красного. На самом деле, *единственное* различие между красным и синим фотоном (или фотоном любого другого цвета, включая радиоволны, рентгеновское излучение и т. д.) — это скорость вращения стрелки часов.

Когда мы светим красным и синим светом на масляную пленку, появляются разводы красного, синего и фиолетового цветов, разделенные черными границами. Когда солнечный свет, состоящий из красного, желтого, зеленого и синего, падает на лужу с масляной пленкой, участки,

Определенный смысл в этом есть, так как скорости света разной длины волны разные. Правда, это не всем известно....

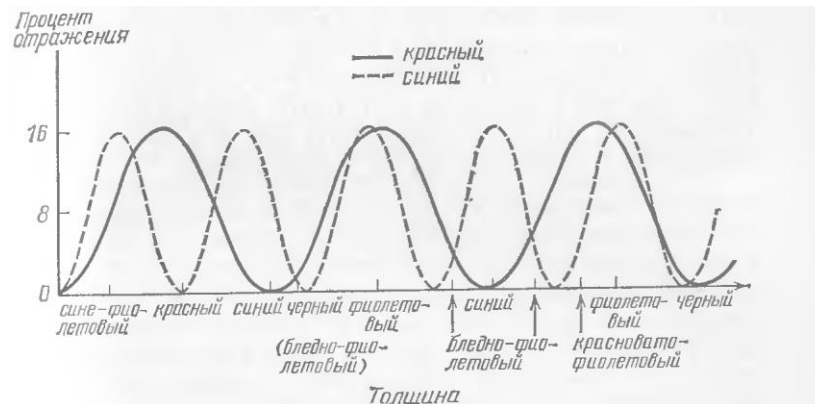


Рис. 18. По мере утолщения пластинки вероятность частичного отражения монохроматического света от двух поверхностей изменяется циклически от 0 до 16 %. Так как скорость воображаемой часовой стрелки различна для света различных цветов, цикл повторяется с различной частотой. Пусть на пластинку падают два чистых цвета — красный и синий свет. Тогда в зависимости от толщины пластинки будет отражаться или только красный, или только синий, или красный и синий свет вместе в различных соотношениях (что дает разные оттенки фиолетового), или ничего не будет отражаться (черный). Если, как у масла, растекающегося по луже, толщина слоя меняется, возникнут все комбинации. При освещении солнечным светом, состоящим из всех цветов, возникнут всевозможные комбинации, что дает множество цветов

Обратим внимание читателя еще на один как теперь говорят «прокол» в рассуждениях.

Автору почему-то безразлична судьба фотонов, которые исчезли в процессе этих отражений. Если они взаимно уничтожились, то это надо как-то объяснить? Еще никто вроде бы не сталкивался с уничтожением фотонов?! Если они как-то изменили свою траекторию, и не попадают в поле зрения фотоумножителя, то это тоже нуждается в объяснении? Может быть они вернулись назад в общий прошедший поток? Но и об этом речи нет!

А ведь от от этого зависит именно ФИЗИКА – что происходит с фотоном – то ли он отражается, то ли вообще исчезает (разрушается).

Но у Фейнмана-физика(!) нет физической модели! Что вы пристали к человеку? У него есть только метод расчета!

В связи с этим в описанной Фейнманом схеме эксперимента остаются неясными многие важные детали; в частности, каким образом создаются условия для совпадения в пространстве двух фотонов, наверняка вылетевших из источника в разных условиях?

В рамках «стандартной модели», в которой фотон представляется безмассовой безразмерной частицей, практически невозможно найти правильное решение. Отсюда и «полет фантазии». Не говоря уже об отсутствии сколько-нибудь полного убедительного описания экспериментов.

Решение лежит совершенно «в другой плоскости».

Что же может происходить «на самом деле»?

Прежде всего, преоника предлагает нам другое представление о фотоне, отличное от «стандартной модели» [Л.3]. Фотон есть цуг преонов, отстоящих друг от друга на длину световой волны, соответствующей «цвету» излучения. Отношение периода («длины волны») к длительности преона исключительно большое; при расстоянии между преонами около $0,5 \text{ мк} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ и размере преона около $1 \cdot 10^{-18} \text{ см}$ скважность такой последовательности (импульсов) составляет примерно $Q = 1 \cdot 10^{14}$. **Длина фотона L** в пространстве определяется как «длина волны» (расстояние между соседними преонами), умноженная на количество преонов в фотоне (около 1 млн и более), то есть примерно $L = 1 \text{ м}$.

Именно этим объясняется отсутствие влияния одного потока света на другой – слишком мала вероятность совпадения преонов друг с другом, да и при пересечении фотонов рассеяться может лишь небольшая часть преонов, составляющих цуг фотона.

И вот уже с помощью ЭТОЙ модели фотона можно объяснить явления, наблюдаемые в экспериментах Фейнмана.

Ниже два рисунка для иллюстрации (с нашей нумерацией). На рис. 1 слева и справа от нижней точки отражения образуется два резонатора, размером по полволны каждый (АВ и ВС). Кроме того, существует малоскоростное облачко при огибании атома при отражении от нижней пластины [Л.3].

Вот в этом малоскоростном облачке (аналогичном облачку в атоме) и вся «суть дела»! Все нижеследующее представляет собой сырой набросок объяснения явления отражения.

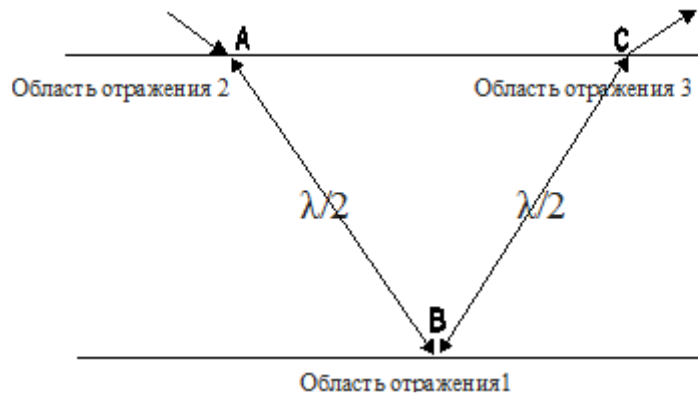


Рис. 1

Вспомним преонный «механизм» отражения света, описанный в гл.6 «Свет» [Л.3]. Отражение происходит при очень близком прохождении фотона вблизи атома (ядра атома) (Рис.2)

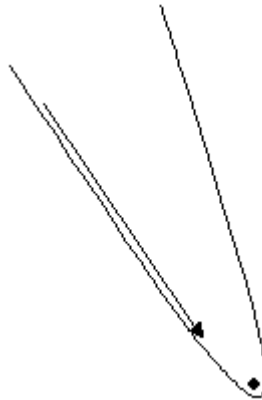


Рис. 2

Однако, вид траектории фотона в данном случае только внешне напоминает кометную орбиту. На участке, обозначенном стрелкой, свет имеет «световую» скорость, максимальную. А вот во время огибания ядра его скорость **в направлении прежнего движения** уменьшается аж до нуля, прежде чем притяжение ядра развернет фотон почти в обратную сторону. И в этой области траектории фотон (вернее, его преоны) находится достаточно большое (сравнительно, конечно) время.

Поэтому скорость преона фотона на участке А-В рис.1 – переменная, причем весьма. Пройдя точку «А» на достаточном удалении от любого ядра (а иначе преон отразится прямо от атомов вблизи поверхности), преон, конечно, может пройти и мимо атома «В» и присоединиться первичному падающему потоку.

Но если преон вблизи точки «В» проходит весьма близко от ядра, он «отражается», заворачивается в обратном направлении, и направляется к поверхности стекла в обратном направлении к падающему потоку (рис.2). Если он не встретит другого атома, он вылетит из стекла в обратном направлении к тому, откуда пришел. Такой поток тоже есть, и он тоже невелик.

Если же преон при этом движении обогнет атом В и пройдет достаточно близко около ядра атома «С», то он либо выйдет из стекла (такие преоны и создают поток, отраженный от нижней границы стекла), либо может повторить маневр, аналогичный движению вокруг атома В, и создать второй поток в направлении падающего потока, прошедшего через стекло. (Есть и несколько других вариантов).

Если расстояние между точками А и В равно половине длины волны, то ко времени, когда преон сделал полуоборот вокруг ядра атома «В» и снова вернулся к атому «А» (на что потребовалось время, равное периоду частоты фотона, или кратное ему), к атому «А» извне подошел очередной преон фотонного «цуга». Но и в этом случае вероятность соприкосновения двух фотонов весьма и весьма низка (по вышеуказанным причинам).

Существует как минимум две возможности взаимодействия ЧАСТЕЙ ОДНОГО ФОТОНА - – это одновременное нахождение этих частей вблизи одного из атомов (А или В)

Это тем более вероятно, когда в этом круговороте между точками А и В принимают участие не два преона, а множество преонов одного и того же фотона. Из-за резкого уменьшения скоростей вблизи определенной области огибаемого атома и увеличения количества преонов, накапливающихся в этой области, вероятность столкновения преонов и последующего разрушения фотона существенно увеличивается.

Если это происходит достаточно часто, то фотон может быть сильно «поврежден», и перестать быть прежним фотоном, а то и просто перестать существовать, «рассыпаться на преоны». Вот в этом явлении, возможно, и кроется причина «исчезновения» части фотонов из потока в процессе **уменьшения количества отраженных фотонов** от максимума до нуля.

При этом, достаточно разрушить некоторую часть фотона, чтобы он потерял свою способность быть воспринятым атомом целиком, как фотон какого-то одного «цвета»; а, скажем, две половинки синего фотона уже представляют собой два тепловых (инфракрасных) фотона, и могут не фиксироваться фотоумножителем, создавая эффект «исчезновения» фотона.

Все это можно проверить корректно поставленными натурными экспериментами.

Конечно, если рассматривать только два преона, то плавной кривой изменения количества отраженных фотонов не получится. Преоны могут совпасть только на интервале собственной длины, а она исключительно мала. Но если в этом процессе участвует большинство преонов фотона (а их в нем более миллиона), то возникновение подобной картины вполне возможно.

И вот уже все это вместе даст картину, описанную в книге Фейнмана. Просто модель фотона другая. **Важно**, что мы, видимо, можем в этом явлении наблюдать «исчезновение» (а по сути – разрушение) фотона.

Внешне (с какой-нибудь «волновой» точки зрения) это может выглядеть как «компенсация». Мы в «Гравитонике» [Л.2,3] уже сталкивались с подобными примитивными заблуждениями при рассмотрении других явлений. Так, в атоме не происходит компенсации «зарядов» электрона и протона – имеет место совсем другой процесс, хотя результат его может привести на мысль о такой компенсации.

Таким образом вблизи точек А и С образуются два оптических резонатора, размером по полволны каждый.

Таким образом, на интервалах А-В и А-С могут создаваться «оптические резонаторы» (размером по полволны каждый). При этом наибольшие возможности возникновения такого резонатора имеются, видимо, только на одном из этих участков, так как иначе наблюдаемая картина была бы несколько иной.

По мере изменения толщины пластины (пленки на самом деле) резонансная частота такого резонатора смещается, и он уже в меньшей степени является поглотителем фотонов той части спектра, на которую «ориентирован».

Описанная модель является так сказать «эскизной», и для получения бóльшей точности требует дополнительного изучения и более корректно поставленных экспериментов.

Малоскоростное преонное облачко, возникающее при огибании атома потоком преонов фотона, в котором вероятность «столкновения» преонов двух фотонов существенно повышается, может быть причиной разрушения фотонов. Последнее обстоятельство является по-существу объяснением темного цвета и непрозрачности материалов – оптические фотоны в области сгущения могут разрушаться, разваливаясь на более мелкие части, представляющие собой тепловые фотоны.

Конец второй части

Литература

1. Р.Фейнман. «КЭД – странная теория света и вещества» (GOOGLE)
2. А.Вильшанский. «Физическая физика (Гравитоника)» (GOOGLE)
3. А.Вильшанский. «Физическая физика (Преоника)» (GOOGLE)
4. А.Вильшанский. Комментарий к «обнаружению гравитационных волн».
<http://www.excentrum.net/stat/kosmology/vilshan-comment.pdf>