

К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОМ СМЫСЛЕ СООТНОШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Н.Н. Чаварга

Ужгородский национальный университет 88 000, ул. Пидгирна, 46.

E-mail: chavarga@mail.uzhgorod.ua

Получено соотношение неопределенностей в предположении, что фотон представляет собой солитонное образование, а длина фотона совпадает с его длиной волны. Получена формула для дифракционной решетки. Предложено альтернативное объяснение зависимости разрешающей способности объектива телескопа от длины волны фотонов и от диаметра объектива. Предложено альтернативное объяснение работы интерферометра Майкельсона. Предложена схема эксперимента для дополнительной проверки сделанных допущений.

В принципе, может выясниться, что квантовая теория в ее теперешней форме неправильна... Если когда-либо будет доказано, что принцип неопределенности неверен, то мы должны будем ожидать полной перестройки физической теории.

Дж. Б. Мэрион, [1, с.609].

1. Введение

Как известно, трактовка физического смысла соотношения неопределенностей базируется на идее о невозможности одновременного измерения с какой угодно большой точностью некоторых характеристик микрообъектов, таких как координата и импульс микрочастицы или энергия и время измерения энергии частицы. Более того, наиболее последовательные сторонники квантовой теории утверждают даже, что эти характеристики у микрообъектов не существуют одновременно: «В действительности же ситуация здесь иная – просто сам микрообъект не может одновременно иметь и определенную координату, и определенную соответствующую проекцию импульса», [2, с.35].

Мировоззренческие выводы, которые делаются из анализа соотношения неопределенности, имеют чрезвычайно большое значение для физики. Уже в первой своей работе, в которой был сформулирован принцип неопределенности, Гейзенберг в качестве одного из основных выводов утверждал, что «квантовая механика определенно установила несостоятельность закона причинности». В современной литера-

туре соотношению неопределенностей уделяют существенно меньше внимания, чем теории относительности или вероятностной интерпретации смысла ψ -функции волнового уравнения. В прошлом, однако, претензии к трактовке сущности соотношения высказывались неоднократно. Споры по этому поводу и позиции оппонентов красочно охарактеризовал Сомерсет Моэм в книге «Подводя итоги» (1927 г.): «Два виднейшие ученых нашего времени относятся к принципу Гейзенберга скептически. Планк высказал мнение, что дальнейшие исследования устранят кажущуюся аномалию, а Эйнштейн назвал философские идеи, основанные на этом принципе, «литературой», боюсь, что это лишь вежливый вариант слова «чушь»... Сам Шредингер сказал, что никакое окончательное и исчерпывающее суждение по этому вопросу сейчас невозможно», [3, с. 179].

Все сказанное выше свидетельствует о том, что вопрос все-таки нельзя считать решенным окончательно. Можно считать очевидным, что если соотношение неопределенностей подобным образом оценивали Планк, Шредингер, Эйнштейн, де Бройль и

др., то любое исследование на эту тему заслуживает быть вынесенным на суд читателей.

2. Изменение внутренней энергии квантовой системы и эмиссия фотона

Пусть у нас имеется квантовая система, например атом, в одном из возможных для него возбужденных состояний E_2 , рис. 1. При переходе в менее возбужденное состояние с энергией E_1 энергия объекта изменяется на величину $\Delta E = E_2 - E_1$. При этом переход свободной системы сопровождается испусканием фотона, основные характеристики которого определяются формулой Планка $E = h\nu$, где E имеет смысл заключенной в фотоне энергии. Предполагается, что в процессе рождения фотона выполняется закон сохранения энергии, поэтому величина изменения энергии системы совпадает с величиной энергии, сконцентрированной в фотоне:

$$E_2 - E_1 = \Delta E = E = h\nu \quad (2.1)$$

При этом символы E_2 , E_1 и ΔE используются для обозначения характеристик системы, а символы E и $h\nu$ – для обозначения характеристик фотона. Тот же закон сохранения энергии вместе с принципом причинности требуют, чтобы продолжительность рождения фотона и продолжительность изменения состояния системы совпадали. В противном случае может получиться так, что энергия системы убывает, но при этом не уносится фотоном, или фотон уже улетел, а система еще «переходит»; или система уже завершила переход, а фотон еще не улетел и ждет чего-то, и т.д.

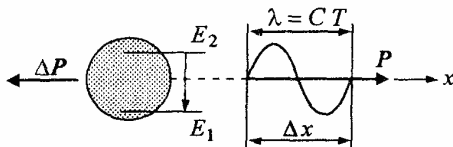


Рис. 1. Излучение квантовой системой фотона, длина которого совпадает с его длиной волны.

В отличие от других величин выражения (2.1), величина ν является характеристикой только фотона. Этой величине мы не можем сопоставить частоту какого-

нибудь процесса в квантовой системе, по крайней мере, после того, как фотон улетел – она определяет частоту колебательного процесса в фотоне, период которого равен:

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (2.2)$$

В отличие от ν величина T в уравнении (2.2) уже может в одинаковой мере относиться как к фотону, так и к системе, но только в том случае, если длина фотона составляет всего одну длину его волны λ . Не цуг волн длиной порядка метра и более, как принято считать в литературе, [4, 5], а всего лишь λ . Мы полагаем, что этому условию может удовлетворить образ фотона как специфического солитонного образования, ограниченного по двум координатам, но имеющего возможность распространяться по третьей координате. При этом колебательный процесс характеризуется определенной частотой и длиной волны, которые связаны между собой соотношением

$$\lambda = \frac{C}{\nu} = CT \quad (2.3)$$

С учетом сказанного уравнение (2.1) можно записать в виде

$$E = \frac{h}{T} \quad (2.4)$$

$$\text{Или же: } ET = h \quad (2.5)$$

Как уже было сказано, левые части уравнения (2.1) и (2.4) могут в одинаковой мере относиться как к квантовой системе, так и к фотону. Для системы – это разница в энергиях состояний, для фотона – это сконцентрированная в нем энергия. Логично будет предположить, что и правые части этих уравнений можно преобразовать так, чтобы входящие в них величины в одинаковой мере относились как к системе, так и к фотону.

Обозначим через $\Delta t = t_2 - t_1$ время перехода системы из состояния E_2 в E_1 . Если длина фотона равна его длине волны λ , то период колебания T совпадает со временем изменения состояния системы, т.е. $\Delta t = T$. Учитывая это, выражение (2.5), справедливое для фотона, можно представить в виде известного соотношения, справедливого для квантовой системы:

$$\Delta E \Delta t = h \quad (2.6)$$

Физический смысл входящих в (2.6) величин нами уже выяснен, поэтому выражение (2.6) как целое имеет следующий смысл: если в процессе перехода квантовой системы ее энергия изменяется на величину ΔE , то произведение величины изменения энергии на время перехода всегда постоянно и равно h . Чем дальше друг от друга находятся энергетические уровни, тем быстрее осуществляется квантовый переход, квантовый скачок.

По сути дела (2.6) – это другая запись формулы Планка. Для вывода (2.6) достаточно дополнительного предположения, что длина фотона равна его длине волны. Как этот образ согласуется с интерференционными опытами, и почему в физике появилось понятие цуга волн, – это тема для отдельного разговора. Некоторые аспекты этой проблемы будут рассмотрены ниже. Сейчас же отметим, что величине Δt в (2.6) мы никак не можем приписать смысла величины времени измерения энергии системы (продолжительности измерения). Ни при анализе формулы Планка, ни при выводе (2.6) мы ни разу не обращались к проблеме измерения какой-либо величины.

Результат измерения какой-либо величины, или длительности какого-либо процесса, зависит от профессиональной подготовки исследователя, от методики и от имеющейся у него аппаратуры. Для того, чтобы измерить время перехода квантовой системы из одного состояния в другое, нам не нужно следить за этим процессом и вмешиваться в него со своей аппаратурой. Для этого нам достаточно измерить частоту фотона путем измерения его длины волны. Измерив длину волны фотона, мы однозначно определяем разницу в энергиях ΔE , а отсюда и величину времени перехода системы из одного состояния в другое Δt . Как это ни странно прозвучит в свете развиваемой в литературе вокруг этого вопроса философии, но иначе как одновременно величины ΔE и Δt мы просто не можем измерить.

Очевидно, что соотношение (2.6) мы никак не можем назвать соотношением не-

определенности – все входящие туда величины имеют ясное определение, а выражение в целом является строгим равенством. Иначе говоря, мы никак не можем вместо знака равенства в (2.6) поставить знак « \leq » или « \geq » чтобы превратить его в соотношение неопределенностей.

3.Изменение импульса квантовой системы и фотона

Известно, что фотон обладает свойствами корпускулы, но вряд ли можно говорить всерьез о представлении, что квант энергии, существует в системе, например в атоме, в виде отдельного объекта. Однако для простоты анализа мы можем себе это позволить. Более того, мы допустим, что, находясь в системе, он там покоится, т.е. его импульс равен нулю и начинает возрастать в процессе испускания фотона – аналогично тому, как возрастает импульс пули в процессе ее движения вдоль ствола. В этом случае мы можем говорить, что импульс фотона изменился на некоторую величину ΔP – от нуля до P , где P – импульс фотона, величина которого определяется из соотношения де Бройля:

$$P \lambda = h \quad (3.1)$$

Если мы предполагаем, что во время испускания фотона закон сохранения импульса выполняется, то имеем право утверждать, что такой же величины импульс, который мы обозначим через ΔP , получит и система в качестве импульса отдачи. С другой стороны, образ фотона, длина которого совпадает с его длиной волны, позволяет нам вместо λ записать Δx , т.е. величину пространства, занимаемого фотоном, см. рис.1. Таким образом:

$$\Delta P \Delta x = h \quad (3.2)$$

Выражение (3.2) мы выводили для фотона, и его физический смысл следующий: произведение величины импульса фотона на величину пространства, занимаемого фотоном, равно h для любого фотона. По сравнению с формулой де Бройля (3.1), в (3.2) содержится только предположение, что $\Delta x = \lambda$. Если закон сохранения им-

пульса в процесі емісії фотона виконується, то вираження (3.2) повинно бути справедливим і для другого учасника процесу – для квантової системи, однак величині Δx , як характеристиці фотона, ми, вряті, не зможемо сопоставити адекватну величину в квантовій системі. Для виводу соотношения, яке описує квантову систему з точки зору її імпульса, ми воспользуємося тим, що для фотона $\Delta x = c \cdot T$. Ураховуючи, що в соответствии з нашим припущенням $T = \Delta t$, вираження (3.2) можна записати наступним чином:

$$\Delta P \Delta t = h/c \quad (3.3)$$

Т.е. імпульс, отриманий квантовою системою в момент випускання фотона, помножений на час зміни стану системи, дорівнює h/c для будь-якого переходу і для будь-якої квантової системи – для ядра, атома, молекули, кластера. Очевидно, що для фотона вираження (3.3) цілком справедливо записати в наступному вигляді:

$$P T = h/c \quad (3.4)$$

Фізичний зміст величин, що входять в ліві частини виражень (3.3) і (3.4) різний, оскільки вони описують різні об'єкти, але самі величини чисельно рівні, а з фізичною значимістю сопоставити.

Підводячи підсумок викладеному в розділі, можна сказати наступне:

1. Величина ΔE як різниця в енергетичних станах квантової системи, дорівнює енергії кванта E , т.е. ці величини для квантової системи і фотона взаємно сопоставимі і мають близький фізичний зміст для обох об'єктів.

2. Величині Δt , як тривалості процесу переходу квантової системи з одного стану в інший, можна поставити в відповідність період колибательного процесу в фотоні T , який в свою чергу пов'язаний з частотою фотона ν залежністю $T = 1/\nu$. Похоже, що формула Планка в записі $E \cdot T = h$ більш адекватно відображає фізичний процес, що відбувається в фотоні, ніж формула $E = h \cdot \nu$.

3. Величині ΔP для квантової системи

означає імпульс віддачі, отримуваний системою в момент випускання фотона, і ця величина дорівнює імпульсу P , яким володіє фотон.

4. Величині Δx є просторовою характеристикою фотона і співпадає з його довжиною хвилі λ . В квантовій системі цій величині можна сопоставити величину $c \Delta t$, де Δt – час народження фотона.

Можливо вважати очевидним, що паралельно приписувати перерахованим вище величинам значення, що відображають процес вимірювання, який залежить як від професійної підготовки дослідника, так і від наявності у нього засобів вимірювання, є некоректним.

Вираження, що пов'язують характеристики квантової системи і фотона, мають наступний вигляд:

Для системи: Для фотона:

$$\Delta E \Delta t = h \quad E = h\nu \text{ или } E T = h$$

(Планк)

$$\Delta P \Delta t = h/c \quad P \lambda = h \text{ или } \Delta P \Delta x = h$$

(де Бройль)

Очевидно, що оскільки в цих соотношениях стоять строгі знаки рівності, замість терміна «неопределенность» ми повинні шукати новий термін. Ураховуючи історію питання, може бути, цілком справедливо ввести термін «соотношение определенностей», хоча це і не відображає ніякої фізичної сутності. Вполне можливо, що краще буде ввести термін «соотношение приращений».

Якщо ми пропонуємо читателю образ фотона, довжина якого співпадає з його довжиною хвилі, то потрібно знайти пояснення результатам ключових експериментів, в яких можуть проявитися ті чи інші властивості подібного об'єкта. В першу чергу потрібно запропонувати пояснення результатам проходження фотонами вузької щіли і системи щілей (дифракційної решітки), вплив на фотони об'єктиву телескопа (в цьому експерименті повинні проявитися поперечні розміри фотона) а також інтерферометра Майкельсона (довільні розміри фотона).

4. Прохождение фотоном узкой щели.

При анализе прохождения фотоном узкой щели следует обратить внимание на то, что это явление хорошо наблюдается в случае, если длина волны фотона сопоставима с шириной щели. В оптических спектральных дифракционных приборах, предназначенных для работы в диапазоне 500 – 8000 Å наиболее часто применяют решетки с 1200 *штр/мм*, что соответствует шагу d нарезки примерно 8000 Å (точнее 8333,3 Å). Если полагать, что ширина щели примерно в два раза меньше шага нарезки, то выходит, что фотоны с длиной волны в два раза большей, чем ширина щели уже не могут «протиснуться» сквозь щель. Для них поверхность решетки в значительной степени уже имеет свойства зеркала.

Наглядно процесс преодоления фотоном узкой щели можно относительно неплохо проиллюстрировать с помощью модели колеблющейся гантели, в которой два упругих шара соединены между собой пружиной, рис.2. В зависимости от того, в какой фазе гантель подойдет к щели, с каким прицельным расстоянием она втиснется в щель, гантель может проскочить щель без изменения направления своего поступательного движения, или с изменением на некоторый угол в плоскости рисунка в ту или иную сторону.

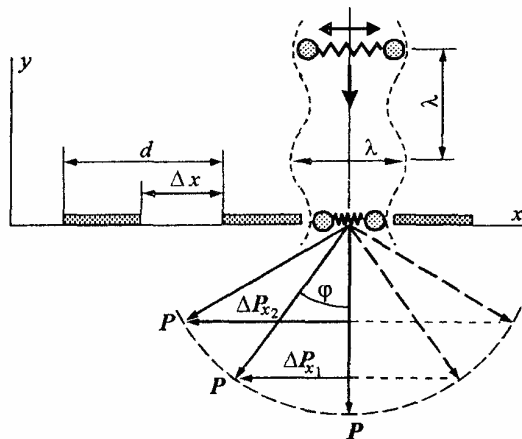


Рис.2. Прохождение колеблющейся гантелью узкой щели. Прицельное расстояние равно нулю.

Мы допускаем, что фотон может взаимодействовать со стенкой щели аналогично тому, как от стенки может оттолкнуться гантель. Главное отличие состоит в

том, что гантель может оттолкнуться на произвольный угол, в то время как фотон только на дискретный. Вполне правдоподобно будет выглядеть, если мы допустим, что в пределах щели у фотона, как у волнового объекта, может образоваться поперечная гармоника, свойства которой описываются соотношением де Бройля

$$\Delta P \Delta x = h \quad (4.1)$$

Число узлов в этой гармонике (стоячей волне, ограниченной размерами Δx), может изменяться только дискретно. Это означает, что импульс, который можно приписать гармонике, также может измениться только дискретно, пропорционально импульсу ΔP из соотношения (4.1).

$$\Delta P_x = n \Delta P \quad (4.2)$$

где $n = 0, 1/2, 1, 3/2, \dots$ – соответственно количеству полуволн в гармонике.

При «попытке излучить эту гармонику» фотон получает в поперечном направлении импульс ΔP_x и изменяет направление своего движения на некоторый угол φ

Известно, что заключенная в фотоне энергия при подобном взаимодействии не изменяется (не изменяется длина волны). Следовательно, импульс фотона также не изменится, поскольку эти величины в фотоне связаны соотношением де Бройля. Это означает, что измениться может только направление импульса. На рисунке этот факт отображен тем, что конец вектора P описывает окружность. Как видно из рисунка,

$$\Delta P_x = P \sin \varphi \quad (4.3)$$

Учитывая (4.1), (4.2), (4.3) и формулу де Бройля $h = \lambda P$ имеем

$$\Delta x \sin \varphi = n \lambda \quad (4.4)$$

Умножим левую и правую части (4.4) на 2

$$2 \Delta x \sin \varphi = 2n \lambda \quad (4.5)$$

Учитывая, что $2\Delta x = d$ (рис.2), а также что $k = 2n = 0, 1, 2, 3, \dots$ имеем:

$$d \sin \varphi = k \lambda \quad (4.6)$$

Формула (4.6) – это хорошо известная нам формула дифракционной решетки, где k – номер спектрального порядка.

5. Прохождение фотонами объектива телескопа

Из теории оптических инструментов известно, что «квант света должен быть по крайней мере таким же большим, как наиболее крупные объективы; и поскольку невероятно, чтобы объем кванта зависел от величины наших инструментов, можно себе его представить еще значительно большим», Лорентц, [4, с.81]. Аналогичным образом ставил вопрос и Шредингер: «Если единичный световой импульс не будет обладать шириной волнового фронта минимум в 2,5 метра, то разрешающая способность большого 2,5 метрового телескопа-рефрактора в обсерватории Маунт-Вильсон будет не лучше, чем у самого маленького, [5, с.16]. В наше время Шредингер назвал бы цифру 8,4 метра – таков на сегодняшний день рекорд в деле построения оптических телескопов.

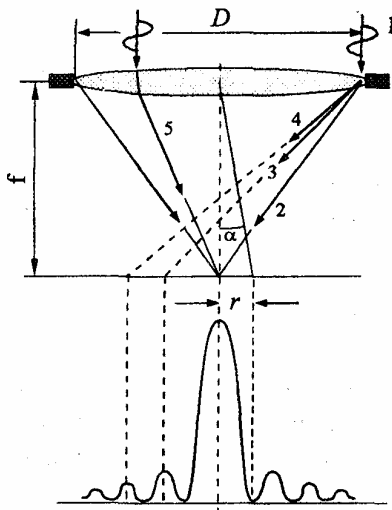


Рис.3. Образование интерференционных колец в объективе телескопа.

Когда говорят, что фотон должен иметь поперечные размеры не меньшие, чем диаметр объектива телескопа, то имеют в виду следующее. Известно, что изображение точечного объекта, например звезды, собирающая линза рисует в виде точки конечных размеров, окруженной рядом концентрических колец меньшей интенсивности, рис. 3. Поскольку источник испускает фотоны хаотично, не когерентно, появление интерференционных колец объ-

ясняют взаимодействием частей волны одного и того же фотона. При этом радиус центрального пятна может быть определен из формулы:

$$r = \frac{1.22 f \lambda}{D} \quad (5.1)$$

где λ – длина волны фотона, D – диаметр объектива, f – фокусное расстояние.

Величина r ограничивает угловое расстояние (в радианах), которое еще удастся разрешить с помощью этого объектива (с учетом критерия Релея):

$$\alpha = \frac{1.22 \lambda}{D} \quad (5.2)$$

Если мы предполагаем, что поперечные размеры фотона порядка λ , то должны ответить на вопрос: почему разрешающая способность оптического объектива зависит от его диаметра, почему линза львиную долю фотонов направляет в центральный максимум (лучи 5 и 2), а незначительную часть (лучи 3 и 4) не может?

Наше предположение состоит в том, что если на линзу объектива падает поток параллельных фотонов (от звезды), то в точку, геометрические размеры которой порядка поперечного размера фотона, соберутся только те фотоны, которые не контактировали с оправой объектива. Количество фотонов, контактирующих с оправой, оценить нетрудно. Поперечное сечение фотона можно принять равным:

$$S_1 = \frac{\pi \lambda^2}{4} \quad (5.3)$$

Фотоны, контактирующие с оправой, попадают в кольцо диаметром D и шириной λ . Площадь этого кольца равна:

$$S_2 = \pi D \lambda \quad (5.3)$$

Количество фотонов, контактирующих с линзой, равно отношению площадей S_2 и S_1 :

$$n_1 = \frac{S_2}{S_1} = \frac{4 D}{\lambda} \quad (5.4)$$

Общее число фотонов, прошедших сквозь объектив равно отношению площади объектива $S_3 = \frac{\pi D^2}{4}$ к площади фотона S_1 :

$$n_2 = \frac{S_3}{S_1} = \frac{D^2}{\lambda^2} \quad (5.5)$$

Степень размазанности пятна, которую мы обозначим символом k , можно определить как отношение количества фотонов, принимающих участие в размазывании изображения точки, к общему количеству фотонов:

$$k = \frac{n_1}{n_2} = \frac{4 \lambda}{D} \quad (5.6)$$

Таким образом, мы получили формулу, с точностью до коэффициента отражающую зависимость разрешающей способности объектива от его диаметра и длины волны фотона:

$$\alpha = \frac{1.22 \lambda}{D} \quad (5.2)$$

Процесс взаимодействия фотонов с оправой носит вероятностный характер – одни фотоны отклонятся, другие нет, одни поглотятся оправой, другие нет и т.д. Из рисунка 3 видно, что чем меньше диаметр объектива при данном фокусном расстоянии и длине волны, тем большим будет относительное число фотонов, которые провзаимодействовали с оправой. Чем больше фокусное расстояние при данном диаметре объектива, тем больше радиус интерференционных колец – лучи 2,3 и 4 успеют разойтись на большие расстояния.

6. Работа интерферометра Майкельсона

В литературе принято считать, что ряд экспериментов свидетельствуют в пользу длинного фотона – так называемого цуга волн. Здесь имеются в виду результаты наблюдений интерференции в приборе Майкельсона или в опытах с пластинкой Люмера – Герке. Поскольку интерференция в ряде случаев наблюдается при разности хода лучей порядка одного метра (несколько миллионов длин волн), а явление наблюдается в некогерентном свете (газовый разряд), [6, с.143], приходится допускать, что интерферировать могут только «обрывки» одного и того же фотона. Фотон должен делиться на эти обрывки при падении на плоскопараллельную пластинку или при выходе из нее, т.е. на границе

двух оптических сред. Вот мнение Лорентца по этому поводу: «...рассмотрение простейших интерференционных явлений, например колец Ньютона, показывает, что во всяком случае кванты должны быть делимы, ибо лучи разлагаются на две части, которые идут по разным путям и в конце концов приходят к месту, где интерферируют», [4, с.81].

При внимательном рассмотрении работы интерферометра Майкельсона можно обнаружить, что образ фотона как длинного цуга на самом деле больше затрудняет понимание вопроса, чем проясняет. Мы будем исходить из предположения, что фотоны строго подчиняются формуле Планка. Известно, что пучки фотонов делятся на границе оптических сред – часть пучка отражается, а часть проникает внутрь другой среды. Если при этом деление испытывают отдельные фотоны, то, в соответствии с законом Планка, образовавшиеся части фотона должны увеличить длину волны. В случае, если деление происходит на две равные части, длина волны должна увеличиться в два раза. Из эксперимента известно, что цвет пучков света не меняется, т.е. длина волны фотонов не изменяется. Отсюда можно сделать только два вывода: или фотон в подобной ситуации не испытывает деления, или испытывает, но продукты деления не подчиняются формуле Планка. Естественно, что мы отдаем предпочтение первому выводу.

Не лучше обстоит дело и с интерференцией обрывков фотона. Допустим, что плечи интерферометра равновеликие и составляют 0,5 метра. Допустим далее, что длина цуга равна 1 метр (в литературе можно встретить упоминание и о более длинных цугах). Из рисунка 4 видно, что независимо от того, в какую сторону уйдет первая половина цуга (цифрой 1 обозначена первая половина, цифрой 2 – вторая), при их встрече на пластинке вторая догонит первую и квант восстановит свою длину. Это означает, что первая часть цуга не может повлиять на состояние второй. Такой же результат получится и в случае, если обрывок 1 проникнет сквозь полупрозрачную пластинку, а обрывок 2 свернет к левому зеркалу. Очевидно, что если цуг не

претерпит деления на части на посеребренной пластинке, то об интерференции не может быть и речи.

Таким образом, мы приходим к выводу, что делением кванта света (кванта как длинного цуга волн) на полупрозрачной пластине нельзя объяснить происхождение интерференционной картины в приборе с равными плечами. Если же плечи прибора не равны, например, левое плечо длиннее на 50 %, то к выходу из интерферометра обрывки придут одновременно, но только в случае, если часть 1 всегда сворачивает налево, и если фотон делится на пластинке пополам. На данном этапе у нас нет никаких оснований для того, чтобы выдвигать подобные требования.

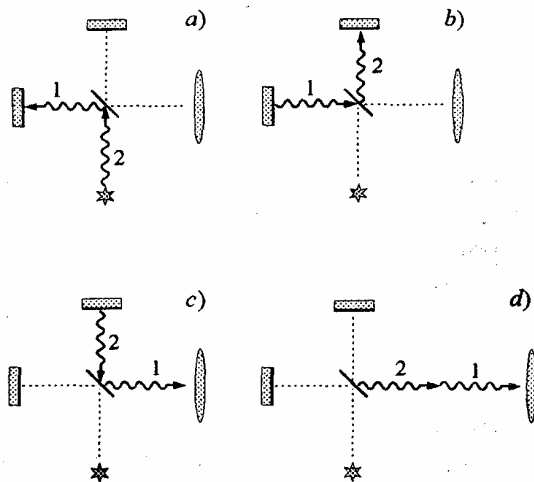


Рис.4. Прохождение длинного цуга волн сквозь интерферометр Майкельсона. Фотон делится полупрозрачной пластинкой на части 1 и 2.

Для объяснения механизма образования интерференционной картины в приборе Майкельсона с использованием образа фотона, длина которого равна его длине волны, мы воспользуемся тем фактом, что для большой разницы в плечах прибора интерференция наблюдается только при использовании источников с газовыми разрядами, [6]. Известно, что газовые разряды являются рабочим телом целого ряда лазеров. Это означает, что из такого источника даже при отсутствии резонатора могут излучаться «обрывки вынужденного излучения» – относительно длинные «цуги фотонов», где каждой длине волны соответствует отдельный фотон. **Не фотон, как длинный цуг волн, а цуг, как це-**

почка фотонов.

Далее нам нужно допустить, что при падении на посеребренный слой пластинки такой цуг делится следующим образом. Фотоны с нечетными порядковыми номерами сворачивают в одну сторону (например, влево), а фотоны с четными – в другую (например, проходят прямо), рис.5. Для наглядности фотоны с нечетными номерами изображены в виде черточек, а фотоны с четными – в виде овалов. В итоге получается своеобразная «цепь».

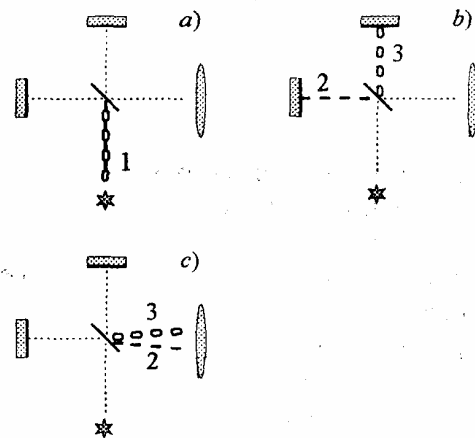


Рис.5. Движение цуга фотонов в интерферометре Майкельсона.

1 – падающий цуг фотонов, черточками изображены фотоны с нечетными номерами, овалами – фотоны с четными номерами, 2 – фотоны с нечетными номерами изменили направление движения, 3 – фотоны с нечетными номерами проникли сквозь пластинку и провзаимодействовали с отраженными от пластинки фотонами.

На последнем этапе четные и нечетные фотоны сходятся по другую сторону посеребренного слоя – один из фотонов испытывает процесс отражения от посеребренного слоя, а второй в это время выходит наружу из пластины. Геометрия прибора принуждает их двигаться далее в одном направлении, занимая при этом одно и то же место в пространстве. Если бы два фотона и в самом деле могли двигаться в одном направлении, совпадая при этом, и сохраняя прежнюю длину волны, то мы бы, фактически, получили новый фотон, длина волны которого осталась бы прежней, но энергия, заключенная в нем, была бы в два раза больше прежней. Очевидно, что такой фотон не подчиняется формуле Планка – в соответствии с этой формулой он должен

уменьшить длину волны в два раза. В эксперименте изменение цвета светового пучка не наблюдается. Это означает, что фотоны на поверхности пластинки должны как-то провзаимодействовать друг с другом. Похоже, что у них просто нет другого выхода, как оттолкнуть друг друга с общего пути и изменить направление своего движения, рис.5. Последнее и воспринимается нами как интерференционная картина. С предлагаемой точки зрения под интерференцией мы, по сути дела, должны понимать дифракцию фотонов на фотонах.

Практически всякое новое предположение позволяет сделать вывод о возможной дополнительной его экспериментальной проверке. Идею о том, что в интерферометре Майкельсона взаимодействуют не отдельные фотоны, а обрывки цуга фотонов, можно проверить, если для экспериментов использовать источник света, который гарантирует эмиссию отдельных фотонов. В наше время такой источник изготовить нетрудно. Для этого нужно организовать в закрытом пространстве процесс возбуждения атомов электронным ударом в условиях однократности столкновений. Эти условия легко обеспечить при давлениях порядка 10^{-3} мм рт. ст. и электронных токах порядка 100 А/м². Такие плотности тока легко получить с помощью обычных электронных пушек, которые используются в исследованиях процессов электронно-атомных столкновений. В качестве атомов проще всего использовать инертный газ с тяжелыми атомами – для уменьшения влияния эффекта Доплера.

Если изложенное выше относительно образа фотона адекватно отражает действительность, то в предлагаемом эксперименте интерференционная картина не должна наблюдаться ни при каких соотношениях в длине плеч прибора – фотон

не может делиться на части, значит и взаимодействовать некому. Отметим, что отсутствие интерференционной картины нельзя будет объяснить низким уровнем сигнала, поскольку при указанных выше условиях область столкновений хорошо наблюдается визуально, а интерференция может наблюдаться и при очень слабом сигнале: «Хорошо известно, что интерференционные полосы можно фотографировать при крайне слабых интенсивностях (многосуточные экспозиции)», [7, с.48]. При достаточной моноэнергетичности электронного пучка можно добиться того, что возбуждаться будет только один энергетический атомный уровень, т.е. исследуемое излучение окажется монохроматическим, что существенно облегчает наблюдение интерференционной картины.

Что касается эффекта Доплера, то в предлагаемом источнике фотонов его влияние на длину волны фотона не больше, чем в электрическом разряде, а меньше, поскольку возбуждение ионным ударом отсутствует.

В качестве достаточно сильного аргумента против образа фотона как длинного цуга волн можно привести тот факт, что в настоящее время уже известны лазерные импульсы, длительность которых составляет $\sim 4 \cdot 10^{-15}$ сек, [8]. Это означает, что световой импульс занимает в пространстве место $\sim 1,2 \cdot 10^3$ Å, что уже сравнимо с длиной волны фотона.

Заключение

В заключение можно сказать, что соотношение неопределенности определенно не установило несостоятельности закона причинности, и Гейзенберг явно поспешил с выводами.

Если долгие поиски меня чему-либо научили, то итог их таков: мы гораздо дальше от понимания элементарных процессов, чем полагает большая часть современников, и шумные торжества не соответствуют современной ситуации.

А. Эйнштейн

1. Мэрион Дж.Б. Физика и физический мир. – М.: Мир, 1975. – 624 с.
2. Тарасов Л.В. Основы квантовой механики. – М.: Наука, 1978. – 287 с.
3. Подольный Р. Нечто по имени Ничто. – М.: Знание, 1983. – 191 с.
4. Лорентц Г.А. Старые и новые проблемы физики. – М.: Наука, 1970. – 370 с.
5. Шредингер Э. Новые пути в физике. – М.: Наука. 1971. – 428 с.
6. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 926 с..
7. Вавилов С.И. Микроструктура света. – М.: ИАН, 1950. – 198 с.
8. Желтиков А.М. Сверхкороткие световые импульсы в полых волноводах.// УФН. Т. 172. 2002, № 7. – С.743–776.

ON THE PROBLEM OF THE PHYSICAL SENSE OF UNCERTAINTY RELATION

N. Chavarga

Uzhgorod National University, 46, Pidhirna Str., 88 000, Uzhgorod, Ukraine.

E-mail: chavarga@mail.uzhgorod.ua

On the basis of the supposition, that a photon is a soliton formation, and a photon's length coincides with its wavelength, the uncertainty relation is obtained. The formula for a diffraction grating is obtained. The alternative explanation of the dependence of the resolution of a telescope objective on the photons' wavelength and on the diameter of the objective is proposed. The alternative explanation of the functioning of Michelson's interferometer is proposed. The experiment scheme for the additional testing of the advanced assumptions is proposed.