ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ДВУМЯ ЩЕЛЯМИ. ЭФФЕКТЫ ГРУППИРОВАНИЯ И «СТАРЕНИЕ» СВЕТА

Владимир Макаров
Инженер
Рига, Латвия
E-mail: vladimir.g.makarov@gmail.com

Ключевые слова: эксперимент с двумя щелями, группирование, «красное смещение»

Аннотация

Рассматриваются ошибки в проведении экспериментов с двумя щелями. Предлагается интерпретация этих экспериментов с позиции корпускулярной парадигмы света.

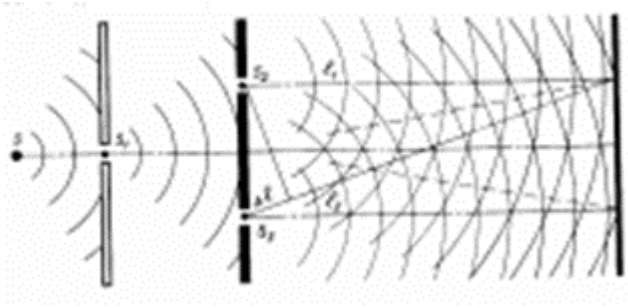
Введение

Наше познание Природы во многом связано с оптическими явлениями. По мере развития науки менялось и представление о свете. Во времена Ньютона популярно было представление о свете как потоке быстро мчащихся мельчайших частиц (корпускул). Причём, частицы распространяются прямолинейно. Такое представление принимается естественно. Ему способствовал и авторитет самого Ньютона. Но появились оптические опыты, которые не могут быть объяснены при прямолинейном распространении частиц света. К ним относятся опыты, которые стали называть «опыты с двумя щелями». В них наблюдаются картины, которые позднее назвали интерференционными. Именно эти картины стали основой для представления света как волн. На основе подобного опыта Томас Юнг сделал утверждение: считать волны света подобными волнам на воде. Это утверждение легло в основу волновой концепции света и было принято научным сообществом вместе с понятием светонесущей среды в виде эфира. Но появились эксперименты, показывающие корпускулярные свойства света. Такое положение разрешили принятием концепции света в виде корпускулярно-волнового дуализма. Основным аргументом в пользу волновой его части стал эксперимент с двумя щелями. Если свет — корпускулы (частицы, фотоны, кванты), то картина должна состоять из двух полос. Опыт показал: ожидаемая для корпускулярного света двухполосная картина не появилась. Появилась картина, квантово-механическое объяснение которой дал Ричард Фейнман в одной из своих лекций («Вероятность и неопределённость — квантово-механические взгляды на природу»), рассматривая опыт с интерференцией электронов (фотонов): «Итак, электроны попадают в детектор дискретными порциями, как если бы это были частицы, но вероятности попадания этих частиц определяются по тем же законам, по каким определяется интенсивность волнения воды. Именно в этом смысле можно говорить, что, с одной точки зрения, электрон ведёт себя как частица, а с другой — как волна».

Задачей данной работы является объяснение опытов с двумя щелями с позиции классического движения.

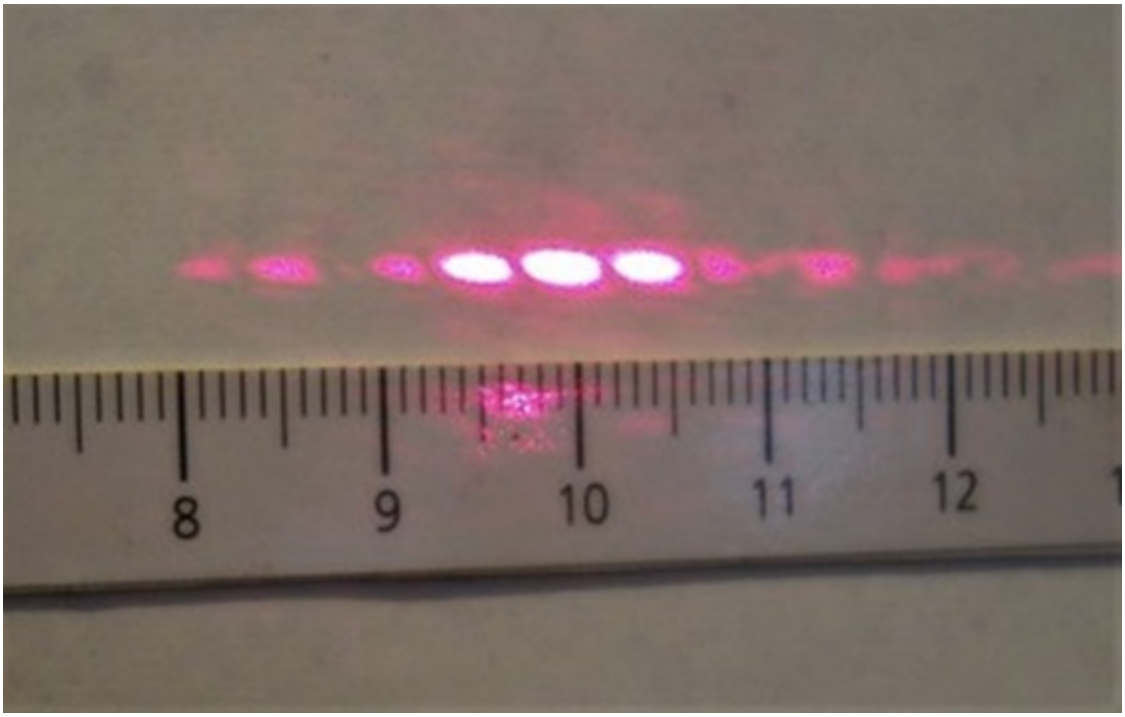
Результаты и их обсуждение

Типичное описание опыта Юнга с двумя щелями: «Свет направляется на пластину со щелями, ширина которых должна быть максимально приближена к длине волны излучения. А проекционный экран необходим для наблюдения за результатом.»



Фиг.1 Схема опыта с двумя щелями.

Проанализируем опыты, в которых в качестве точечного источника когерентного света используется лазер. Типичная картина на экране показана на Фиг. 2.

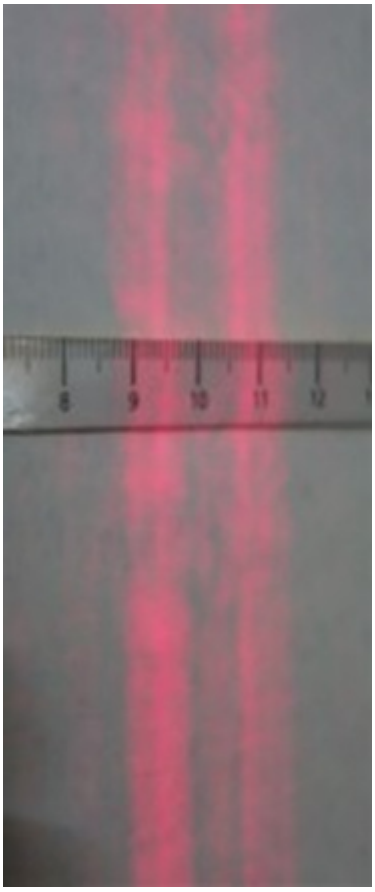


Фиг. 2. Интерференционная картина, полученная при лазерном источнике света.

Картина отличается от известных картин в подобных опытах наличием трёх световых пятен с повышенной (более чем на порядок) освещённостью в центральной части картины. Это достигается мерами по уменьшению отражения света от боковых поверхностей щелей. Можно заметить, что, если не учитывать световые пятна, связанные с отражённым светом от боковых поверхностей щелей, световая картина из трёх пятен мало подходит для описания волновыми уравнениями. Но она не отражает и корпускулярные свойства света, которые соответствуют световой картине из двух пятен. В чём причина такого положения?

Анализ схемы (Фиг.1) и результаты экспериментов по этой схеме привели к предположению: в проведенных ранее экспериментах в качестве источников использовались неточечные источники света.

В повторенном нами эксперименте в качестве точечного источника света был выбран лазерный диод. В нём поток света исходит из помещённого между электродами кристалла. Ширина излучающей стороны кристалла — порядка десяти микрон, длина — доли миллиметра. Эти размеры значительно меньше размеров щелей в реальных экспериментах. Эксперимент показал: на экране два световых пятна (Фиг. 3).

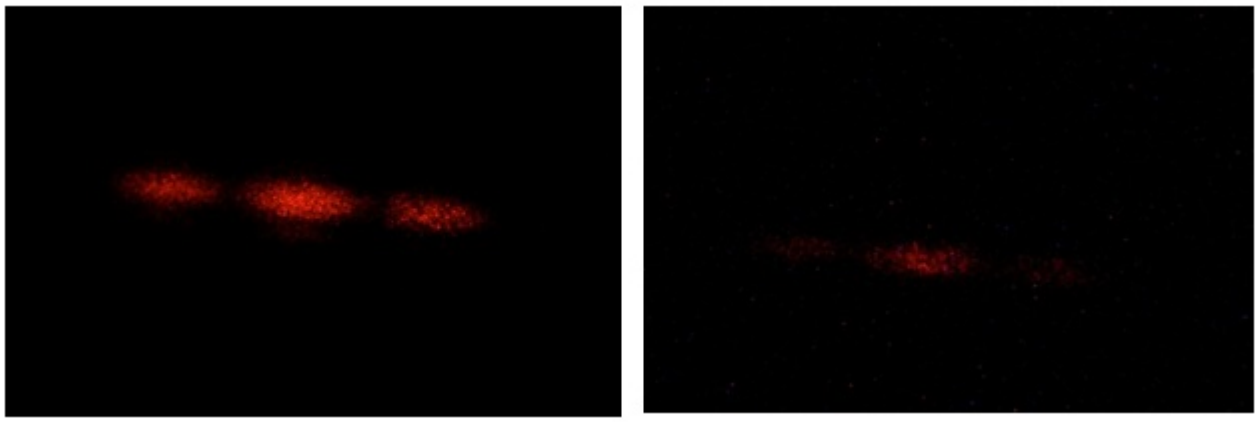


Фиг. 3. Картина при точечном источнике света.

Таким образом, эксперимент с двумя щелями, как определяющий парадигму света, показал, что свет проявляется как частицы. Такой вывод совпадает с выводом Ричарда Фейнмана. Но требуется объяснение картин, аналогичных на Фиг.2.

Чем отличаются эксперименты с точечным и не точечным источником света? При точечном источнике лучи расходящиеся и проходят через щели в соответствии с законами геометрической оптики. Не точечный источник света можно представить в виде множества точечных, смещённых относительно щелей. В этом случае мы получаем после щелей пересекающиеся лучи света. Можно предположить, что мы наблюдаем эффект группирования частиц света. Если эта гипотеза верна, то при уменьшении интенсивности света расстояние между частицами света увеличивается. Как следствие, взаимодействие между частицами уменьшается, они меньше отклоняются от прямолинейной траектории. Мы должны наблюдать пятно, в котором преимущественно сосредоточено попадание частиц света.

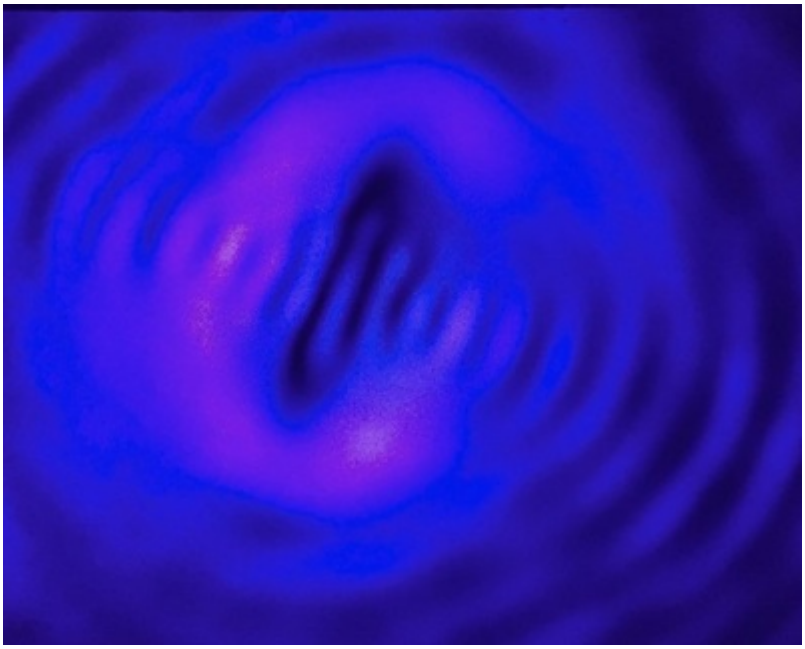
Проведенный эксперимент с низкой интенсивностью света показал: с понижением интенсивности интерференционная картина стала пропадать. Понижение интенсивности света обеспечивалось серыми оптическими фильтрами и уменьшением тока питания лазера. На фиг. 4 и фиг. 5 показаны картины при разной интенсивности света. В последней мы видим попадание частиц света преимущественно в одно пятно. Боковые пятна начинают исчезать. Это является подтверждением пропадания интерференционной картины по мере уменьшения интенсивности света.



Фиг. 4 — 5. Картины при разной интенсивности света лазера

Первоначально проводились эксперименты с интенсивностью света порядка сотен миллионов фотонов в секунду. По мере технического совершенствования регистраторов света их чувствительность увеличилась до десятков фотонов в секунду, что позволяет контролировать свет с очень низкой интенсивностью. Такой регистратор использовали Ю. П. Донцов и А. И . Базь. Они в 1966 году провели эксперимент и опубликовали его результаты в журнале «Журнал экспериментальной и теоретической физики» (1967, т. 52, выпуск 1) в статье «Интерференционные опыты с использованием статистически независимых фотонов». Их эксперимент показал, что при уменьшении интенсивности света интерференционная картина стала исчезать. Фотоны перестали проявлять себя как волны. Термин «интерференционный», обозначающий сложение волн, в дальнейшем будем считать условным.

Об эффекте группирования света. Как замечено выше, эффект группирования проявляется при сходящихся траекториях частиц света от когерентного источника. При корпускулярном свете термину «когерентный» соответствует источник света, излучающий фотоны (частицы) с одинаковой скоростью и энергией. Для близко расположенных фотонов создаются условия для более сильного взаимодействия. Такое положение возникает, если траектории частиц сходящиеся или близко параллельны. Естественно, при сходящихся траекториях создаются лучшие условия, чем при параллельном движении. При сходящихся траекториях интерференционная картина возникает при расстоянии экрана от щелей порядка сантиметра. В слабо расходящемся пучке лазера эта картина может возникнуть на расстоянии сотен метров. На Фиг. 6 показана световая картина от луча лазера на расстоянии 0,18 км. Проявляется эффект группирования.



Фиг. 6. Картина на экране от луча лазера на расстоянии 0,18 км

Известно, что частицы света обладают спином. Можно предположить, что лазеры излучают частицы света с произвольной ориентацией осей спинов. Взаимодействие между частицами выражается как в притяжении друг к другу, так и в отталкивании. В этом случае на экране наблюдается распределение частиц близкое к синусоидальному закону. Если в эксперименте с двумя щелями организовать лучи с взаимно перпендикулярными осями спинов, то интерференционная картина не наблюдается. Это подтверждает, что взаимная ориентация осей спинов частиц влияет на взаимодействие этих частиц.

Что наблюдается в экспериментах с двумя щелями? Мы наблюдаем различное по своей динамике явление группирования света. В волновой парадигме принята интерпретация явлений на основе фазовых соотношений волн в лучах, прошедших через щели. В корпускулярной парадигме интерпретация основана на разности скоростей частиц света в лучах. При одинаковых скоростях частиц картина статична и изменяется только в масштабе при изменении расстояния экрана от щелей. При постоянной разнице скоростей частиц в лучах полосы на экране изменяют своё положение при изменении расстояния экрана до щелей. При изменяющейся разнице в скоростях наблюдаем движение полос на экране.

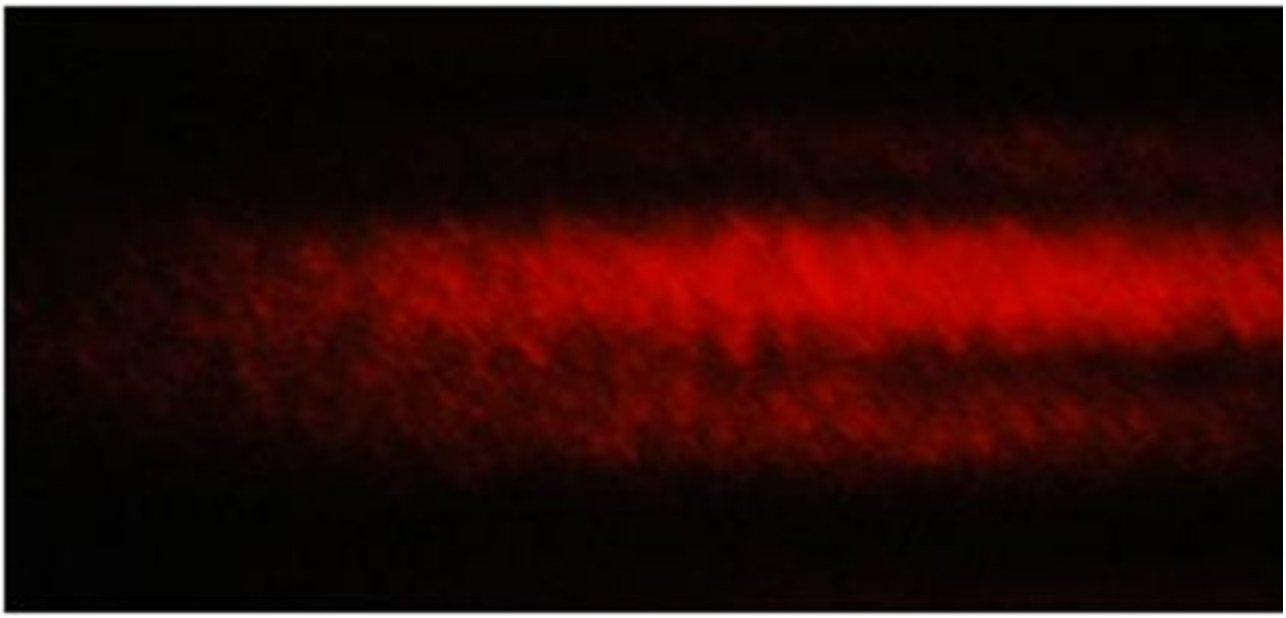
Примером таких наблюдений может служить эксперимент Саньяка с вращающимися зеркалами. В этом эксперименте лучи света «обегают» платформу с зеркалами в противоположных направлениях. Скорость света при отражении от движущихся зеркал изменяется в соответствии с законом сложения скоростей. Далее лучи поступают каждый на свою щель для дальнейшего сравнения. При неподвижной платформе с зеркалами сравниваемые скорости в лучах равны, наблюдаем статическую картину. При постоянной скорости вращения платформы разность скоростей частиц в лучах не меняется. Полосы на картине экрана могут быть смещены. При изменении скорости вращения платформы разница в скоростях меняется, картина на экране «бежит».

Аналогичные наблюдения в эксперименте Физо с водой. В этом эксперименте сравниваемые лучи света проходят в трубах с водой (оптическая среда) в противоположных направлениях отражаясь от структуры оптической среды как от зеркал. Скорость сравниваемых лучей одинакова при неподвижной воде в трубах. При движении воды с постоянной скоростью разность скорости света в сравниваемых лучах постоянна. На экране смещение полос зависит от скорости течения

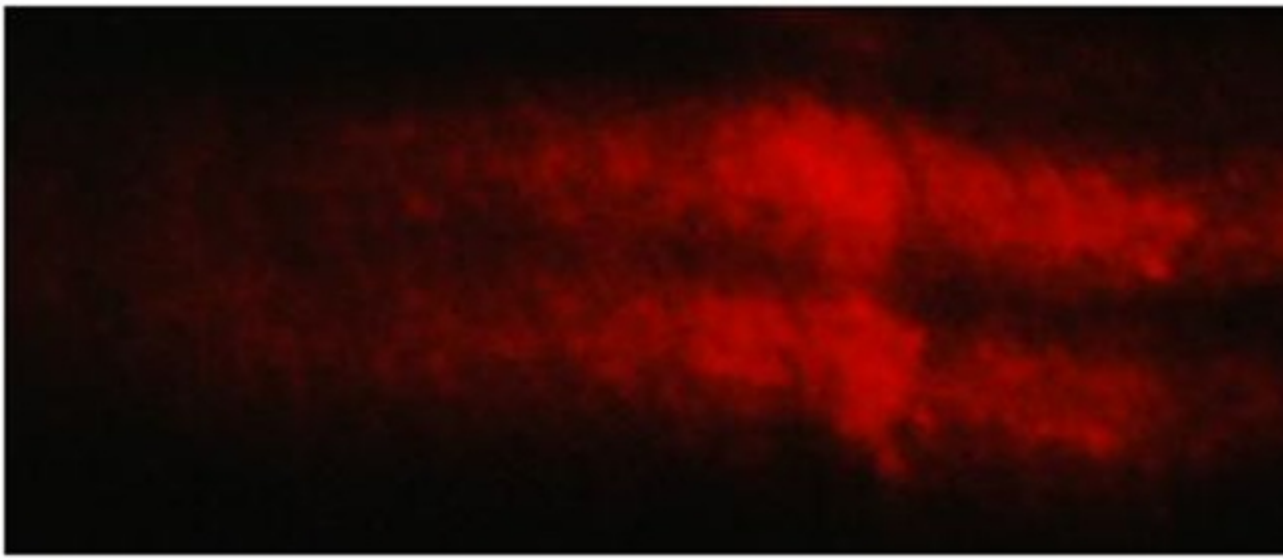
воды. Во время открытия и закрытия крана подачи воды скорость потока воды интенсивно меняется. Это приводит соответственно к интенсивному изменению разницы скоростей сравниваемых лучей, на экране наблюдается интенсивное движение полос.

Рассмотрим опыт с двумя щелями, в котором можно наблюдать смещение линий на экране при удалении экрана от щелей. Проверялось предположение, изменит ли свет свою скорость после прохождения достаточно большого расстояния в оптической среде. В этом опыте один из лучей предварительно проходит шесть метров в воде. Большая чувствительность опытов с двумя щелями позволяет ответить на этот вопрос. Результат проведенного опыта: линии на экране смещались по мере удаления от экрана, но оставались неподвижными на фиксированных расстояниях. Фотографии картин на экране при разных расстояниях от щелей показаны на Фиг.7—10. Свет начинает группироваться в отдельные кластеры.

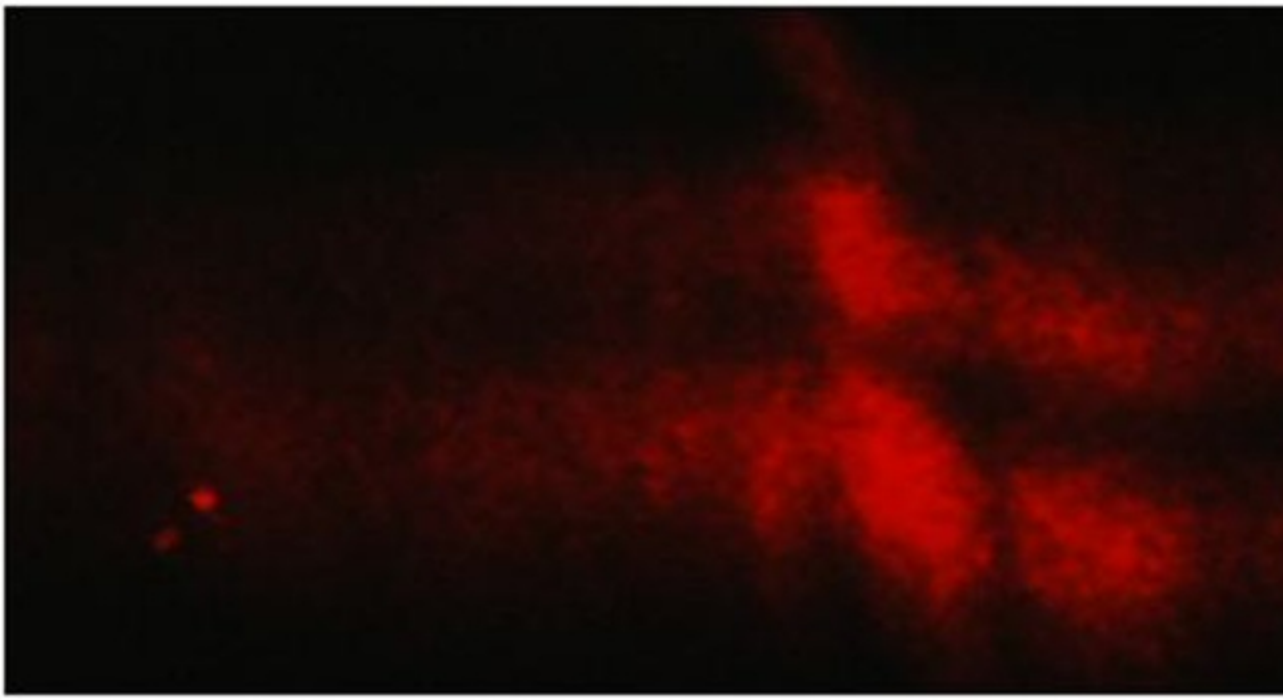
Картины последовательно представлены на фотографиях Фиг.7-10



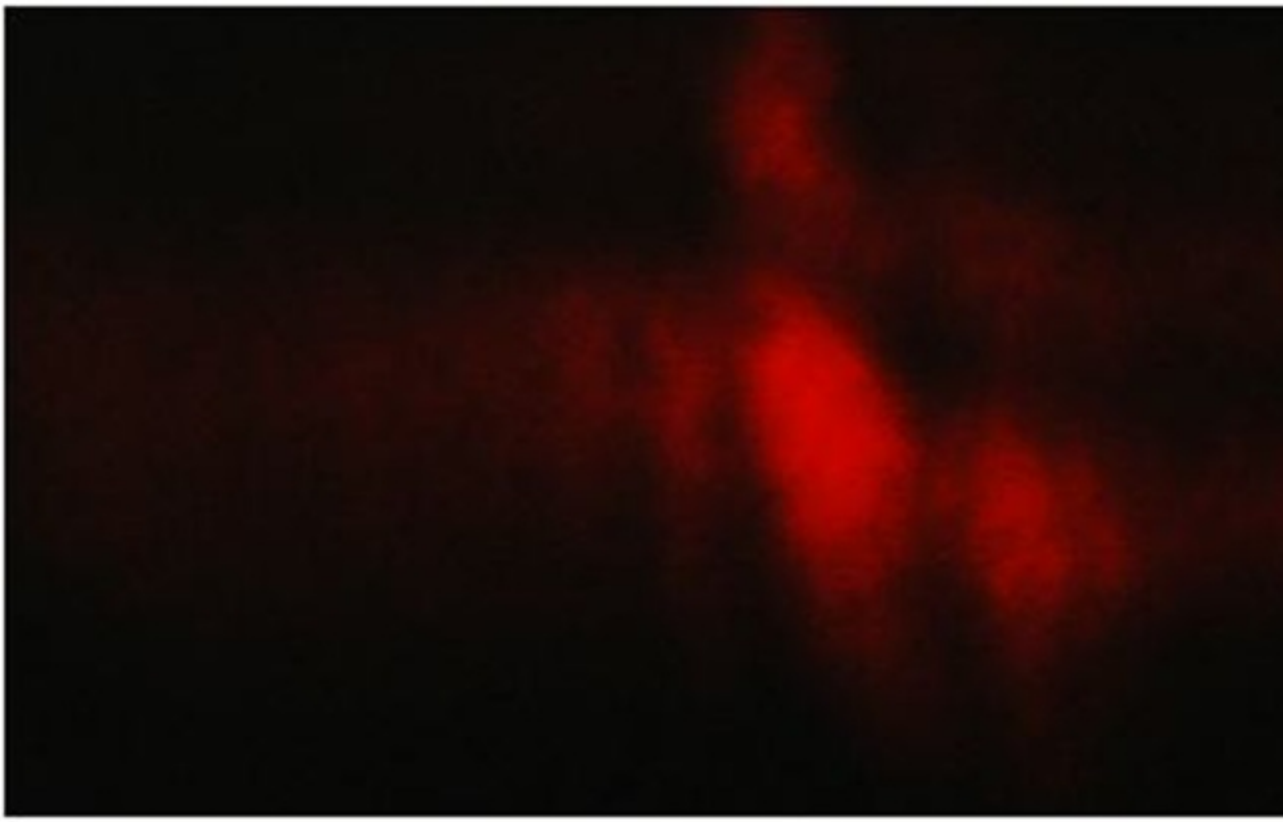
Фиг.7. Расстояние до экрана 2,3м



Фиг. 8. Расстояние до экрана 4м



Фиг. 9. Расстояние до экрана 5 м



Фиг. 10. Расстояние до экрана 6,2 м

На фотографиях видно, как изменяется интерференционная картина при изменении расстояния экрана до щелей. Частицы света, сгруппированные в полосы (Фиг.7), начинают постепенно группироваться в отдельное пятно (Фиг.10). Наблюдение в этом эксперименте, незафиксированное на фотографии, показало, что на расстоянии около 10 метров весь свет сосредоточен в центральном пятне. Это можно интерпретировать как эффект самофокусирования.

О чём свидетельствуют результаты, полученные в экспериментах с применением двух щелей? Основным выводом можно считать, что свет следует рассматривать как частицы (фотоны, кванты,

корпускулы). Опыты с двумя щелями, рассмотренные выше, показывают, что волновая интерпретация этих опытов основана на ошибочном его проведении с источниками света, которые не являются точечными. Эксперимент, проведенный с точечным источником света, показал, что свет можно рассматривать только как частицы. Объяснение опытов с неточечными источниками оказывается достаточно простым при предположении свойства у частиц света взаимодействовать, что проявляется в эффекте их группирования. Это предположение подтверждается изменением формы световых пятен, приведенных в тексте (Фиг. 7-10), влиянием разницы скоростей сравниваемых лучей на динамику изменения картин на экране в экспериментах Саньяка с вращающимися зеркалами и Физо с водой. При понимании этой динамики оказывается возможным простое объяснение результатов оптических экспериментов как с прохождением света в свободном пространстве, так и при его прохождении через оптические, в том числе и движущиеся, среды.

Эксперимент с двумя щелями, в котором один из лучей проходит в воде несколько метров, интересен тем, что он позволяет сделать выбор между гипотезами, объясняющими причины «красного смещения». При волновой парадигме скорости звёзд определяются на основе эффекта Доплера по смещению их спектральных линий. Результат расчётов приводит к необходимости утверждения: чем дальше звёзды находятся от наблюдателя, тем выше их лучевая скорость. Логические построения на этом утверждении привели к гипотезе Большого Взрыва и «тёмной энергии».

В свое время была популярна другая гипотеза. Причиной «красного смещения» спектральных линий звёзд связана со «старением» света — при прохождении огромных расстояний фотоны света теряют свою энергию. Эксперимент с двумя щелями, в котором один из сравниваемых лучей проходит несколько метров в воде, позволяет обосновать эту гипотезу. При прохождении света в воде количество отражений частиц света от структуры воды соответствует отражению от структуры межзвёздной среды, которую можно рассматривать как оптическую среду малой плотности при прохождении огромного расстояния. Отражения не являются идеальными, скорость (энергия) частиц уменьшается. Подтверждается гипотеза астрономов считать причиной «красного смещения» потерей энергии фотонов при их распространении. Чем больше пройденный путь и чем плотнее межзвёздная оптическая среда, тем больше частицы света теряют свою энергию и тем больше «красное смещение».

Рассматривая свет как частицы с присущими частицам свойствами, можно просто объяснить многие опыты с прохождением света через оптические среды. В волновой парадигме прохождение света через среду объясняется замещением падающей волны света на волну, возбужденную в этой же среде. Эта волна возбуждает следующий слой среды и интерференционно гасит предыдущую. Если рассматривать распространение света в соответствии с взглядами Вальтера Ритца, признанного как наиболее последовательного сторонника корпускулярной теории света, то можно предположить, что при прохождении оптической среды частицы света отражаются от структуры среды как от зеркал. Основные гипотезы Вальтера Ритца при рассмотрении распространения света: «Скорость света ... зависит от скорости, которой обладало испустившее свет тело в момент испускания. С этого момента скорость частиц остаётся неизменной и не зависит от дальнейшего движения точки P, даже если частицы проходят через весомые тела или электрические заряды», «Частицы энергии будут здесь излучаться с постоянным и одинаковым начальным импульсом, они двигаются по прямой линии до встречи с каким-либо телом, которое их отклоняет. Все эти процессы являются чисто механическими, следовательно, они удовлетворяют принципу относительности». Удовлетворяют принципу относительности Галилея, как это принято в классической механике.

Заключение

Анализ совокупности всех экспериментов с двумя щелями показал на возможность объяснения наблюдаемых оптических явлений с позиции классической физики. Нет необходимости привлекать теории, в которых свет рассматривается в волновой парадигме. В обосновании волновой парадигмы положена интерпретация эксперимента с двумя щелями, в котором использовались неточечные источники света, что не соответствует принятой схеме эксперимента. Аналогичные эксперименты с точечным источником света показали на обоснованность корпускулярной парадигмы, что позволяет физике оставаться в рамках классического понимания при объяснении явлений со светом.