

ОТ ГИПОТЕЗЫ К КВАНТОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ: ПУТЬ К ПОНИМАНИЮ КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОГО ДУАЛИЗМА

Москалькова А. Ю., Кухарёнок А. С. Студенты гр. 468404, 468402

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Храмович Е.М. – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики

Аннотация. В работе рассматривается концепция, согласно которой частицы, такие как электроны и фотоны, обладают как корпускулярными, так и волновыми свойствами. Корпускулярно-волновой дуализм — это явление, которое является основополагающим для понимания квантовой механики и её применения в современных технологиях.

Ключевые слова. Корпускулярно-волновой дуализм, квантовая теория, Луи де Бройль, Томас Юнг, фотоны.

Если свет ведёт себя как волна, то вместе с интерференцией должна наблюдаться и дифракция света. Ведь дифракция – огибание волнами краев препятствий – присуща волновому движению. В результате этого в области геометрической тени могут возникать светлые зоны, а в области, куда в соответствии с законом прямолинейного распространения светового луча должен падать свет, может возникать темная зона. К концу 19 века многие были уверены, что свет имеет волновую природу. Но Макс Планк доказывает совершенно другое и показывает всем, что электромагнитное поле излучается порциями, а именно квантами. Альберт Эйнштейн подтвердил и доказал, что поглощение тоже происходит квантами. Эти идеи Альберта Эйнштейна и Макса Планка стали началом квантовой теории и позволили более точно описать явление фотоэффекта, суть которого заключается в том, что фотоны способны выбивать электроны из внешнего слоя вещества. При этом количество выбитых электронов связано с частотой световых волн, но не с их интенсивностью. То есть электроны будут покидать поверхность независимо от яркости света, но только при условии достаточного получения энергии. Энергия кванта может быть поглощена целиком, поэтому если, энергия кванта света будет мала (большая длина волны), то и электрон не сможет покинуть вещество, следовательно не совершится работа выхода. Эйнштейном назван квант света фотоном. Стоит отметить, что фотон — это не абстрактная модель. Это действительно существующая частица, не имеющая массы покоя. Другими словами, фотон существует только в движении.

В 1923 году в трёх статьях «Волны и кванты», «Кванты света. Дифракция и интерференция», «Кванты, кинетическая теория газов и принцип Ферма» [1]. Луи де Бройль описал представления о корпускулярно-волновом дуализме материи, таким образом заложил фундамент для дальнейшего развития новой динамики частиц, которая получила название волновой механики. Корпускулярно-волновой дуализм — это физический принцип, утверждающий, что любой объект природы может вести себя и как частица, и как волна. Итак, мы знаем, что свету с частотой ϑ и длиной волны λ соответствуют частицы — фотоны, обладающие энергией E и импульсом p . Де Бройль, в сущности, постулировал обратное.

Гипотеза де Бройля. Движению каждой частицы соответствует распространение некоторой волны. Частота и длина этой волны определяются энергией и импульсом частицы:

$$\vartheta = \frac{E}{h}, \lambda = \frac{h}{p}. \quad (1)$$

Точно так же, любой волне с частотой ϑ и длиной волны λ отвечают частицы с энергией $E = h\vartheta$ и импульсом $p = \frac{h}{\lambda}$. Несмотря на то, что свет обладает и волновыми, и корпускулярными свойствами, он не всегда проявляет их одновременно. Более сильное выражение тех или иных свойств зависит от условий. Корпускулярно-волновой дуализм нельзя объяснить только в рамках классической физики. Его можно описать лишь только в квантовой механике [2].

В 1801 году английским учёным Томасом Янгом был проведён эксперимент с двумя щелями. В основе эксперимента лежит идея прохождения света через ограниченное число щелей и наблюдения за образовавшейся интерференционной картиной. Эксперимент, проведенный Янгом, в котором тонкий луч света падал на стенку с двумя узкими щелями показан на рисунке 1. Интересный факт заключается в том, что когда свет падает на щели, он ведёт себя не как поток частиц, а как волна. Это подтверждается тем, что после прохождения через щели, свет накладывает волны друг на друга, создавая полосы интерференции. Полосы образуются из-за разности фаз волн, которые проходят через разные щели.

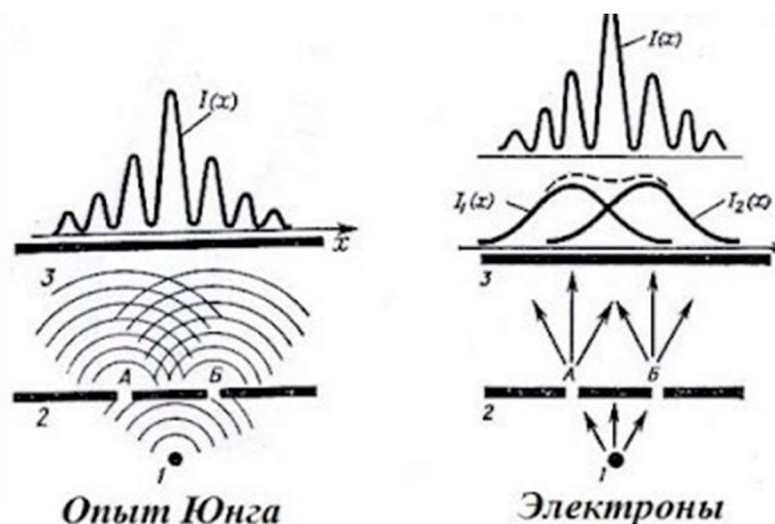


Рисунок 1 — Прохождение фотонов и микрочастицы через две щели

Итак, в результате углубления представлений о природе света, выяснилось, что свет обладает двойственной природой. Спор волновой и корпускулярной теорий света не привел ни к окончательной победе, ни к поражению какой-либо одной из них.

Некоторые примеры, где корпускулярно-волновой дуализм находит применение в современных технологиях:

1. Полупроводниковые устройства.

В основе работы полупроводников лежат квантово-механические эффекты, включая поведение электронов как волн. Это позволяет создавать транзисторы, диоды и другие элементы микроэлектроники, которые используются в компьютерах, смартфонах и другой цифровой технике.

2. Оптоэлектроника и лазеры.

Работа лазеров основана на взаимодействии фотонов с атомами, что приводит к эффекту вынужденного излучения, а фотонные устройства включают оптоволоконные системы связи и фотонные чипы, в которых свет проявляет как волновую, так и корпускулярную природу.

3. Космические технологии.

Например, интерферометрические телескопы используют волновую природу света для получения высокоточных изображений. Квантовые эффекты, связанные с корпускулярно-волновым дуализмом, учитываются при разработке детекторов частиц и других приборов.

4. Нанотехнологии.

Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ) используют квантовые явления, такие как туннелирование электронов, зависящие от корпускулярно-волновой природы.

5. Электронная микроскопия.

Электронные микроскопы используют пучки электронов для получения изображений объектов с высоким разрешением.

6. Медицинская диагностика.

Рентгеновские аппараты и компьютерная томография используют рентгеновское излучение, которое проявляет одновременно и волновую, и корпускулярную природу. Это позволяет визуализировать внутренние органы и ткани человеческого тела.

Последствия корпускулярно-волнового дуализма в современной физике глубоки. Эта концепция бросает вызов нашему традиционному пониманию природы реальности. Эта идея поднимает вопросы о самой природе материи и ее отношении к пространству и времени. Это побудило некоторых физиков изучить альтернативные интерпретации квантовой механики. В конечном счете, философские последствия корпускулярно-волнового дуализма напоминают нам, что наше понимание Вселенной постоянно развивается и что мы еще многого не знаем о природе реальности.

Список использованных источников:

1. де Бройль Л. Избранные научные труды. — М: Логос, 2010. — Т. 1, С. 193—201.
2. Гальцов Д. В. Корпускулярно-волновой дуализм // Физический энциклопедический словарь. — под ред. А. М. Прохорова — М., Большая Российская энциклопедия, 2003. — Тираж 10000 экз. — с. 312