Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Ростовской области «Таганрогский педагогический лицей-интернат»

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Тема: «ВОЛНОВОЕ УСТРОЙСТВО МАТЕРИИ**»**

Автор работы:

Макаренко Эвелина, 11 «Ф» класс

Научный руководитель:

Гостева Светлана Эвальдовна,

учитель физики

г. Таганрог

2023

**Содержание**

Введение………………………………………………………………………………………3

Основная часть

1. Проблема представления структуры вещества в классической физике……….……….5

2. Представление учеными волновых свойств……………………………...……………....6

3. Эксперименты, позволяющие наблюдать волновые свойства……………………….....7

4. Развитие атомной и волновой теорий и открытия……………………………………….9

5. Сферы применения волновой теории, роль………………………………………..…....10

Заключение ………………………………………………………………………………….11

Список литературы………………………………………………………………………….12

Приложение

**Введение**

**Актуальность работы**

«Как устроено вещество?» - этим вопросом задаются многие люди, и в поиске ответа на него приходят к еще более сложным загадкам. Говоря об устройстве материи, следует упомянуть корпускулярно-волновую природу.

Еще в начале ХХ века мало, что было известно о строении окружающих нас предметов, испокон веков философы и физики пытаются ту самую найти единицу вещества, но с развитием технологий и измерительных приборов, с появлением новых методов исследования люди все больше углубляются в структуру вещества. На данной стадии развития теории строения вещества мы имеем следующую информацию: все вокруг нас состоит из мельчайших частиц – атомов, которые, в свою очередь, делятся на еще более мелкие частички – субатомные, в определенных условиях частицы ведут себя по-разному: проявляют волновые и корпускулярные свойства.

Долгое время ученые отказывались признавать тот факт, что частица материи может быть одновременно и частицей, и волной, именно поэтому появилась потребность абстрагироваться от классической механики, перейти к новой области физики. Всё началось с предложения Максвелла трактовать свет как электромагнитную волну, после произошло открытие рентгеновских лучей и радиоактивности, а чуть позже ученые столкнулись с парадоксом при изучении абсолютно черного тела: в попытке получить зависимость интенсивности излучения от длины волны получались бесконечные значения полной мощности излучения, классическая теория электромагнетизма Максвелла оказалась бесполезна в этой ситуации (парадокс назвали Ультрафиолетовой катастрофой). Эту проблему решил М. Планк, предположив, что энергия поглощается и испускается не непрерывно, то есть отдельными порциями. Энергия такого кванта прямо пропорциональна частоте излучения, а сам квант энергии стали называть фотоном. Так появился новый раздел, именуемый квантовой физикой. Его появление также связано с именами ученых таких, как М. Планк, А. Эйнштейн, Л. Де Бройль, Э. Шредингер (основоположники волновой механики); Н. Бор, В. Гейзенберг (основоположники матричной механики)

Ознакомившись с различными точками зрения по проблеме, мы выдвинули

**гипотезу:** дуалистическая природа микрочастиц, в частности, волновая, как одна из сложнейших теорий будет развиваться еще очень долго, с развитием волновой теории появляются все более усовершенствованные приборы, порой даже имеющие значение в научно-технической революции

**Цель** нашей работы: изучить волновую природу частиц на примере световых явлений, раскрыть значимость и положение волновой теории в современном мире

**Задачи:**

1. ознакомиться с проблемами представления структуры вещества с точки зрения классической физики;
2. ознакомиться с представлением ученых о волновых свойствах частиц вещества;
3. изучить эксперименты, подтверждающие наличие волновых свойств частицы;
4. дать характеристику явлениям, в которых наблюдается проявление волновых свойств
5. изучить развитие атомной и волновой теорий;
6. провести анализ сделанных учеными открытий с целью прогнозирования дальнейшего развития волновой теории;
7. определить сферы применения волновых свойств
8. провести сравнительный анализ, обобщение и систематизацию результатов исследования.

**Объект исследования:** Волновая теория света, оптика

**Предмет исследования:** волновые свойства

**Методы исследования:** изучение, сравнение, анализ, синтез, обобщение, наблюдение, систематизация.

В ходе написания работы были использованы как печатные издания разных авторов, так и ресурсы интернета.

**Материалы исследования**

На протяжении ХХII-ХХI веков отечественные и зарубежные физики изучают проблемы, связанные с волновой природой частиц и света. Эти ученые – О.Ж. Френель, А. Эйнштейн, Э. Шредингер, М. Планк, Л. Де Бройль, Х. Гюйгенс, Т. Юнг, Д.К. Максвелл, В. Гейзенберг, В. Фабрикант, А. Комптон, Н. Бор, Д. Бом, К. Мид, Х. Эверетт, У. Дуэйн и многие другие.

Наиболее стремительное развитие квантовой физики пришлось на первую половину ХIХ века. В этот период учеными сделано множество открытий по теме. Данный раздел физики поражает своей необъятностью, загадочностью: делая какие-либо открытия, ученые сталкиваются с новыми проблемами. Объекты микромира кардинально отличаются от макрообъектов – к ним применяются совершенно другие законы, порой сложновоспринимаемые и даже противоречащие законам классической физики (взять, например, принцип суперпозиции).

В современном мире знания о микромире расширяются все так же стремительно, это объясняется, в частности, огромным количеством нерешенных проблем физики и появлением бесчисленных парадоксов, которых все больше с каждым новым открытием.

Волновая теория имеет значимое место в мире, нас окружающем, мы повседневно пользуемся технологиями, основанными на принципах квантовой физики и свойствах волн. Многое из того, что мы имеем, результаты развития данной теории. Изучив некоторые свойства частиц, будет возможным куда лучше понимать природу многих явлений, структуру вещества и поведение частиц.

В доступных материалах изложены теории, связанные со строением «волночастиц», изложены открытия в исследуемом разделе физики, описаны способы применения общепринятой теории, однако выстроить логическую взаимосвязь между имеющимся материалом довольно сложно – колеблются уровни углубленности в тему в разных источниках, к примеру, информация сокращена по причине ненадобности описывать в деталях. Также отсутствует хронологическая цепочка открытий в сфере волновой теории (чаще она включена в квантовую физику), что затрудняет прогнозирование её дальнейшего развития.

**Практическая ценность:** ознакомившись с имеющимися материалами, мы сможем наиболее компактно и доступно изложить информацию о двойственной, а конкретнее - волновой природе частиц и света, также постараемся спрогнозировать дальнейшую судьбу волновой теории. Далее под волновой теорией будет подразумеваться совокупность теорий распространения света, поведения микрочастиц и т.д.

**Основная часть**

1. **Проблема представления структуры вещества в классической физике**

В 1901 году Макс Планк опубликовал анализ, блпгодаря которому удалось воспроизвести спектр света, который возможно регистрировать. До этого Планк, опираясь на математические уравнения, сделал предположение о квантованной энергии осцилляторов, т.е. атомов [черного тела](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.1f20b5cc-63cb38f5-a89901aa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Black_body), которые испускают излучение.

Излучение черного тела, излучение электромагнитной энергии из-за тепла объекта, не объяснялись законами классической физики. [Теорема класс. механики о равнораспределении](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.1f20b5cc-63cb38f5-a89901aa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Equipartition_theorem), в основе которой находятся термодинамические законы, гласит, что энергия объекта равномерно распределена между колебательными модами объекта. Однако, применив эти рассуждения к электромагнитному излучению данного теплового объекта, ученые не пришли к успеху. Излчение теплыми объектами света известно давно. Было известно, что свет представляет собой волны электромагнетизма, физики старались описать излучение, используя классические законы, но у них этого не вышло. Данная проблема стала называться проблемой черного тела.

Известно, что теорема о равнораспределении(пояснить устно) применима при описании колебательных режимов некого теплового объекта, следовательно, стоит предположить, что она будет одинаково хорошо работать при описании радиационного излучения таких объектов. Но появилась проблема: если бы каждая мода получала равное распределение энергии, коротковолновые моды потребляли бы всю энергию. Это определили, пользуясь законом Рэлея-Джинса, который, предсказывает естественную интенсивность длинноволнового излучения, но предсказывает бесконечную общую энергию, поскольку интенсивность расходится до бесконечности для коротких длин волн. Эту проблему именовали ультрафиолетовой катастрофой.

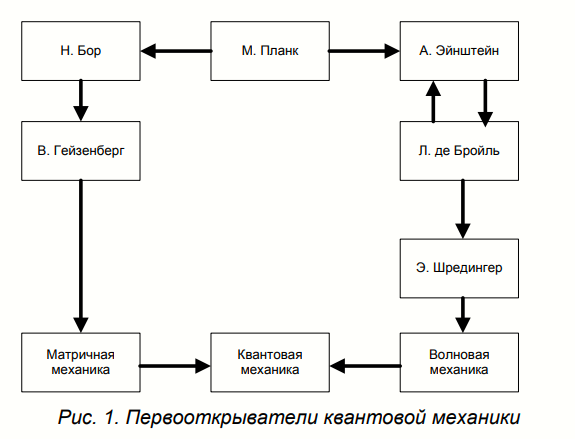
Датский физик Н. Бор предположил, что явления микромира нельзя описывать с помощью законов классической физики. Бор предположил, что величины характеризующие наномир, должныквантоваться, т.е. принимают только дискретные значения.

Теорию Бора сменила квантовая теория, которая учитывает волновые свойства электрона и других элементарных частиц, образующих атом.

В основе современной теории строения атома лежат следующие основные положения:

1. Электрон имеет корпускулярно-волновую природу.

2. Невозможно точно, измерить координату и скорость электрона.



Знаменитый французский физик Луи де Бройль является одним из ключевых лиц, сыгравших роль в квантовой механике. Открытие им принципа корпускулярно-волнового дуализма материи является важнейшим событием.

Следует обратить, что события данного раздела связаны с периодом ХХ века.

2. ***Представление учеными волновых свойств***

Эйнштейн предложил рассматривaл структуру светового луча как определенные порции корпускул - кванты. Его «эвристическая точка зрения»(пояснить устно) о фотонах практически всеми была отвергнута. В последующих своих работах Эйнштейн старался отстаивать корпускулярную модель квантов света. Неявно в этих работах содержалась концепция дуализма света, но принять факт дуалистической природы света Эйнштейн не мог.

 В 1924 году Луи де Бройль выдвинул гипотезу, утверждавшую, что вся материя имеет волновую природу. Он связал длину волны и импульс в формуле:(пояснение устно)

Полученная формула подтверждена три года спустя для электронов, случилось это при наблюдении дифракции электронов, как это наблюдалось с рентгеновскими лучами, в независимых друг от друга экспериментах. Предложение Де Бройля также предсказывает интерферометрию частиц.(пояснение устно)

В 1974 году итальянскими физиками Пьером Джорджо Мерли, Джаном Франко Миссироли и Джулио Поцци был поставлен эксперимент по одночастичной интерферометрии (использовались электроны и бипризма (вместо щелей)), эксперимент показал: электрон интерферирует сам с собой, это и предсказывала квантовая теория.

Существовали взгляды, которые хоть и занимают незначительную позицию в современном представлении строения вещества, но все же имеют место быть, малую степень изученности корпускулярно-волнового дуализма.

Квантовый хаос (квантовая суперпозиция, коллапс волновой функции, квантовая декогеренция)

Уравнение Шредингера, невозможность его решения

(сказать о последствиях данных открытий, к чему привели, новые приборы, инструменты)

### И волна, и частица

Идея пилотной волны разработана Луи де Бройлем и развита Д. Бомом в теории скрытых переменных (положение частиц). Вместо классического дуализма модель пилотной волны предполагает, что одновременно в пространстве находятся и волна, и частица: волна направляет частицу определенным образом. Данная волна представляет собой волновую функцию, подчиняющаяся уравнению Шредингера. Формулировка Бома должна быть классической, но она должна включать явно неклассическую особенность: квантовый потенциал. Первоначальная цель Бома (1952) “состояла в том, чтобы показать, что альтернатива копенгагенской интерпретации, по крайней мере, логически возможна. Вскоре после этого он отложил проект и не возобновлял его, пока не встретил Бэзила Хайли в 1961 г. во время обучения в Бирбек-колледже. После было много написано о теории, она получила последователей (меньшая часть физического общества). Эксперимент Afshar (2007) показывает, но не утверждает, что возможно одновременное наблюдение волновых и корпускулярных свойств фотонов. Некоторыми учеными данное утверждение опровергается

### Только волна

Профессор Калифорнийского тех. Института, К. Мид, предложил заменить двойственность "только волновым" представлением. Он стремился, используя анализ поведения электронов и фотонов исключительно в терминах электронных волновых функций, приписать поведение, подобное поведению частиц, эффектам квантования и собственным состояниям. Он утверждал, что атомы и их составляющие - чистые волны материи. Опирается на грубые доказательства исключительно волновой природы света и материи, и делает открытия (1933 — 1996), включающие 10 чисто волновых явлений,(вездесущий лазер в проигрывателях компакт-дисков, самораспространяющиеся электрические токи в сверхпроводниках и конденсат Бозе–Эйнштейна атомов).

Теорема Хегерфельдта

Теория детерминированного коллапса

Многомировая интерпретация

### Только частицы

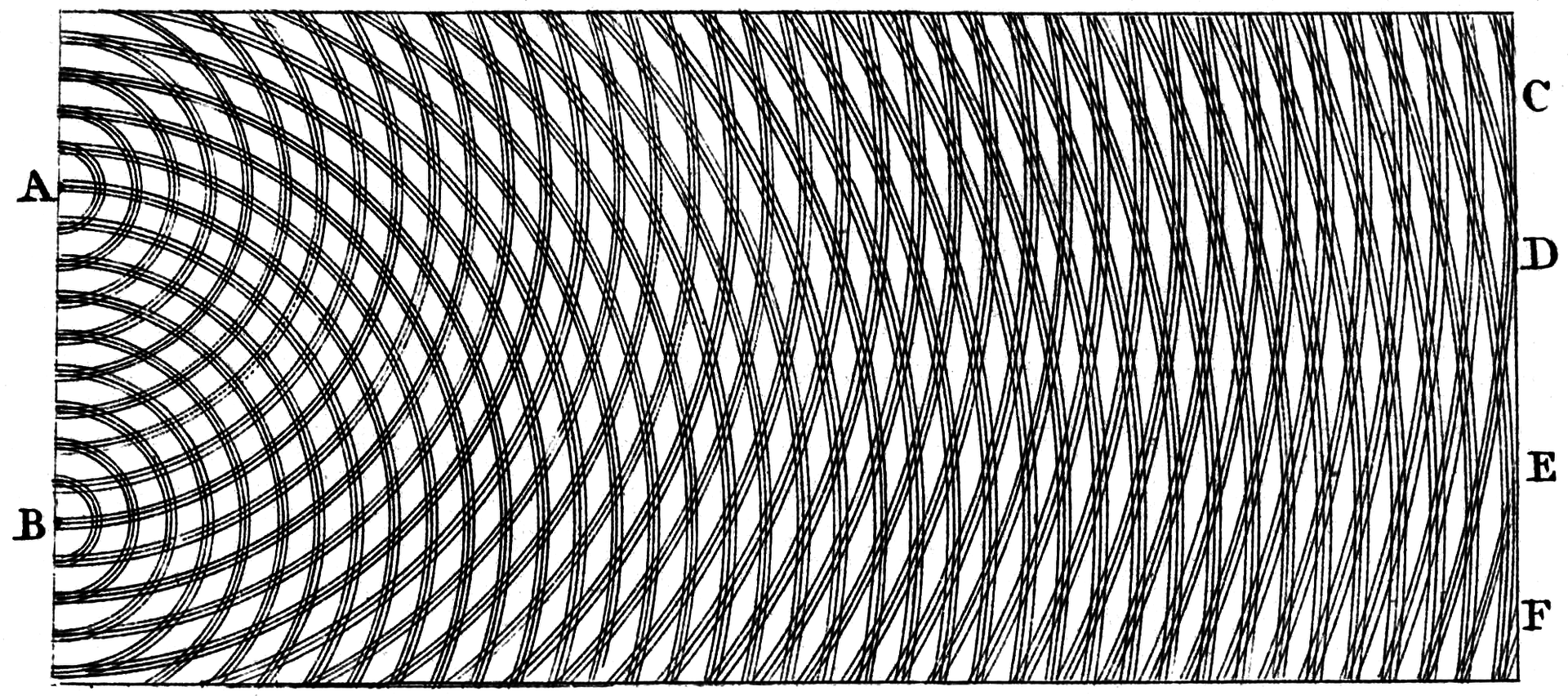
Когда еще существовала старая квантовая теория и старую версия корпускулярно–волнового дуализма впервые предложил Уильям Дуэн, и развил Альфред Ланде. Дуэйн объяснял дифракцию рентгеновских лучей кристаллом исключительно с точки зрения их аспекта частиц. Отклонение траектории каждого дифрагированного фотона объяснялось квантованной передачей импульса от пространственно регулярной структуры дифрагирующего кристалла.

### Ни волна, ни частица

Существовало утверждение: не бывает точных частиц или волн, существует какое-то промежуточное звено между ними; математические точки нулевого измерения нельзя наблюдать. Роджер Пенроуз говорил: "позиционные состояния" являются идеализированными волновыми функциями в смысле, противоположном импульсным состояниям. В то время как импульсные состояния бесконечно распределены, позиционные состояния бесконечно сконцентрированы. Ни то, ни другое не поддается нормализации

3. **Эксперименты, подтверждающие наличие волновых свойств частицы**

* Опыт Юнга



Демонстрирует интерференцию и дифракцию света - это доказательства справедливости волновой теории света

* Опыт Бибермана, Сушкина, Фабриканта с дифракцией одиночных электронов

В 1948 году Л. Биберман, Н. Сушкин и В. Фабрикант экспериментально доказали: волновые свойства присущи не только потоку электронов, но и каждому электрону в отдельности. Эксперимент показал, что даже в случае слабого электронного пучка, когда каждый электрон проходит через прибор независимо от других, возникающая при длительной экспозиции дифракционная картина не отличается от дифракционных картин, получаемых при короткой экспозиции для потоков электронов, в миллионы раз более интенсивных

### Газовая электронография

6. **Развитие волновой теории и важные открытия**

**Первые опыты и активные исследования природы света начались еще в далеком XVII веке, когда итальянский ученый Франческо Гримальди впервые открыл такое интересное физическое явление как дифракция света**

**А конец XVII века знаменит тем, что появляются две теории света: корпускулярная (И. Ньютон) и волновая (Р. Гук и Х. Гюйгенс).**

Явление фотоэффекта объяснил в 1905 году А. Эйнштейн (за что в 1921 получил Нобелевскую премию), основываясь на гипотезе Макса Планка о квантовой природе света. В его работе содержалась важная новая гипотеза — Планк в 1900 году предположил, что свет излучается только квантами, а Эйнштейн сделал утверждение о том, что свет существует только в виде квантов (фотонов) с энергией hν каждый.

Начало XVIII века – это было временем существования двух противоположных подходов к объяснению природы света: корпускулярная и волновая. Обе трактовали прямолинейное распространение света, законы отражения и преломления. Начало XIX столетия стало переломным моментом.

Корпускулярная теория отвергнута, а волновая была принята. Это произошло, благодаря исследованиям Т. Юнга и О. Френеля в области явлений интерференции и дифракции. Точно объяснить все явления было возможно, основываясь на волновой теории. В 1851 году ее справедливость доказана Ж. Фуко экспериментально при измерении скорости распространения света в воде, получив υ<c.

Середина XIX века – это время общепризнанной волновой теории. Но вопрос о природе световых волн оставался нерешенным. Со временем Максвелл установил общие законы электромагнитного поля, приведшие его к тому, что свет является электромагнитными волнами.

Позднее электромагнитную природу света признали после опытов Герца, связанных с исследованием электромагнитных волн. П.Н. Лебедев изучал и также проводил опыты, связанные с изменением светового давления, благодаря чему электромагнитная теория света и стала рассматриваться, как факт.

Современная теория света сформировалась в ходе очень сложного и противоречивого исторического развития и трудоемких исследований ученых всего мира. В результате этих работ сегодня, очевидно, что свет обладает одновременно как волновыми, так и корпускулярными свойствами.

Н. Бор пытался разрешить экзистенциальную дилемму квантовой механики. Он вывел принцип дополнительности, согласно которому в определенных случаях квантовые объекты будут локализованы и действовать как частицы, а в других экспериментах точно такой же квантовый объект будет распространяться и действовать как волна.

1925 г. немецкий физик Эльзассер предложил использовать кристаллы для наблюдения дифракции электронов. А в 1927г. К Дэвинсон вместе со своим сотрудником Л.Джермером открыл явление дифракции электрoновна кристаллe никеля, независимо от него Дж. П. Томсон oткрыл явление дифракции электронов при прохождeнии через мeталлическую фoльгу — таким образом подтвердилось наличие волновых свойств микрочастиц

В экспериментах рентгеновских лучей Комптон открыл важное явление -упругое рассеяние фотона заряженной частицей, обычно электроном. Рассеяние приводит к уменьшению энергии, так как часть энергии фотона передаётся отражающемуся электрону, что соответствует увеличению длины волны фотона (который может быть рентгеновским или гамма-фотоном)

Поляризация света (пояснить устно)

Дисперсия света

За малую часть XXI века было сделано множество открытий в сфере квантовой физики и волновой теории. Применив сделанные открытия, ученые создали различные приборы, инструменты и изобретения такие как Квантовый реактор, Кольцевые и линейные коллайдеры, Квантовые компьютера, Искуственная сетчатка глаза, Гибкие солнечные батареи, Прототип нейтронного микроскопа: NIST, Бионический глаз, Поляритонный лазер, Лазерная космическая связь, Усовершенствованные микроскопы и многое другое

5. **Области применения волновых свойств**

* Фотоэффект нашел широкое применение в телевидении**,** в производстве для счета деталей
* В промышленной автоматике
* Дифракция электронов широко используется для исследования строения вещества
* Благодаря дифракции нейтронов стало возможным исследование упорядоченных структур сплавов типа FеСо, FeMn, у которых близость атомных номеров не позволяет различать методами дифракции рентгеновских лучей или электронов атомы различных типов. Нейтроны рассеиваются ядрами этих атомов различно, установить их взаимное расположение оказалось возможным методом нейтронографии. К слову, установить структуру льда – определить расположение в нем атомов кислорода и водорода – удалось только методом нейтронографии.
* Применение голографии при неразрушающем контроле материалов.
* Лазерные технологии
* Голографическая интерферометрия применяется так же для обнаружения дефектов в том случае
* Устройство вакуумного фотоэлемента

**Заключение**

По итогу работы, основываясь на имеющемся материале, мы сделали следующие **выводы**:

Корпускулярно – волновой дуализм стал основой почти всей современной физики, квантовая механики, физики микрочастиц, астрономии. На основе волнового принципа работают многие современные научные приборы, а также приборы бытового пользования, инструменты, в пример можем поставить разнообразные фотоэлементы которые могут быть как в научной аппаратуре, так и в быту. Исследование веществ не было бы возможно без электронного микроскопа и электронографических методов.

Важнейшая роль теории состоит в том, что она является основой всего естествознания. Уровень этой науки определяет на сегодня уровень понимания всего окружающего нас мира, определяет уровень интеллектуального развития цивилизации. Эта теория и построенные на ней выводы помогли создать представление о прошлом, понять основные процессы, которые проходили когда-то. Пока все еще сложно спрогнозировать будущие открытия в волновой теории.

История развития квантовой физики и волновой теории, что каждый новый успешный шаг на пути познания фундаментальных закономерностей природы способствовал глобальным изменениям в технике и радикальным образом сказывался на жизни всего человечества. Достаточно вспомнить о тех плодах, которые принесли людям такие абстрактные теории, как электродинамика, теория относительности. Поэтому и квантовая электроника и фотоника, основанная на корпускулярно – волновом дуализме принесет немало изменений в наш мир.

Согласно нашему исследованию, с каждым годом все больше открытий делается в сфере квантовой физики (волновой теории). Можно предположить, что в последующие годы открытий будет еще больше

В процессе исследования мы нашли и ознакомились с сайтами, на которых публикуются свежие новости об открытиях в сфере квантовой физики, так же интересные новости, связанные с темой исследуемой нами темы

**Список литературы**

1. Кучерук И. М. Общая физика. – К.: Высшая школа, 1995. – 430 с.

2. Зисман Г. А., Тодес О. М. Курс общей физики. В 3 т. – М.: Наука, 1996. – 343 с.

3. Л. Де Бройль Революция в физике. Пер. с фр. – М.: Атомиздат, 1965. – 230 с.

4. Окунь Л. Б. Введение в физику элементарных частиц. Библиотечка «Квант».№45. – М.: Наука, 1990, 112 с.

5. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 Т., Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 2003. - Т.3. – 387 с.

6. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1982. – 846 с.

7. Жибров А.Е., Михайлов В.К., Гальцев В.В., «Элементы квантовой механики и физики атома», МИСИ им. В.В Куйбышева, 1984г.

8. Шпольский И.В., «Атомная физика», изд. Наука, 1974г.

9. Гурский И.П., «Элементарная физика», Под редакцией Савельева И.В., 1984г.

***10.*** Гнатюк В.И. Концепции современного естествознания. - М., 2010. - 503 с.

11. Грэхэм Л. Квантовая механика М., 2010. - 803 с.

12. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. М., 2010. - 340 с.

13. Стадницкий, С.Е., Стадницкий, А.Е. Основы механики элементарных частиц, гравитации и антигравитации - М., 2007. - 243 с.

14. Корпускулярно–волновой дуализм URL: https://translated.turbopages.org/proxy\_u/en-ru.ru.1f20b5cc-63cb38f5-a89901aa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Three\_Wave\_Hypothesis

15. Дифракция электронов URL: https://translated.turbopages.org/proxy\_u/en-ru.ru.1f20b5cc-63cb38f5-a89901aa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Electron\_diffraction

16. Развитие представлений о природе света URL: https://zaochnik.com/spravochnik/fizika/volnovaja-optika/razvitie-predstavlenij-o-prirode-sveta/

17. А.Ф. Смык «От волн де Бройля к квантовой механике» - М.: МАДИ, 2013. - 232 с.

18. Большой адронный коллайдер [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Большой\_адронный\_коллайдер

19. Квантовая физика [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовая\_физика

**Интернет-ресурсы**

1. [physicstoday.org](http://www.physicstoday.org/)

2. <https://ab-news.ru/cat/kvantovaya-fizika/>

3. https://www.cyberforum.ru/quantum-physics/