

## **Физика лазеров и их применение.**

Физика.

Межевов Матвей Александрович, 11 класс, МБОУ Панфиловская СОШ

Руководитель: Бесчастнова Лариса Васильевна, учитель физики и математики,  
МБОУ Панфиловская СОШ

### Введение.

Каждое столетие дарит человечеству нечто выдающееся и запоминающееся. Например, в XIX веке, появились автомобиль и пароход, телеграф и радио, подводная лодка и пулемет. Научно-технический прогресс шагал семимильными шагами. И XX век не является исключением. Одно из полезных изобретений XX века, открывшее перед человечеством огромное количество новых направлений деятельности, стал лазер.

Целью работы является: исследовать и изучить лазеры.

Задачи работы: изучить историю открытия лазера; изучить структуру лазеров; изучить виды лазеров; познакомиться с областями применения лазеров; познакомиться с лазерными технологиями и работами, проводимыми во ВлГУ им. А. Г. и Н. Г. Столетовых.

Предмет исследования: квантовая физика

Методы исследования: информационный, аналитический, сравнительный анализ, презентационный.

### Из истории открытия лазеров.

История открытия лазера началась с 1917 года, когда А. Эйнштейн предсказал возможность так называемого индуцированного (вынужденного) излучения света атомами. Индуцированное излучение –излучение

возбуждённых атомов под действием падающего на них света. Чуть позже, в 1940 году российский физик В.А. Фабрикант указал на возможность использования явления вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн. В 1954 году советские учёные Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и независимо от них американский физик Ч. Таунс использовали явление индуцированного излучения для создания микроволнового генератора радиоволн с длиной волны  $\lambda = 1,27$  см. Приборы, созданные этими учёными и работающие в диапазоне сантиметровых волн, получили название мазеров. И в 1960 году в США был создан первый лазер- квантовый генератор в видимой части спектра. Рабочий образец лазера создал учёный Теодор Майман. Активной средой лазера был рубин - оксид алюминия с примесью хрома. Резонатором такого устройства был резонатор Фабри-Пьеро, образованный серебряными покрытиями, нанесёнными на торцы кристалла.



### Свойства лазерного излучения.

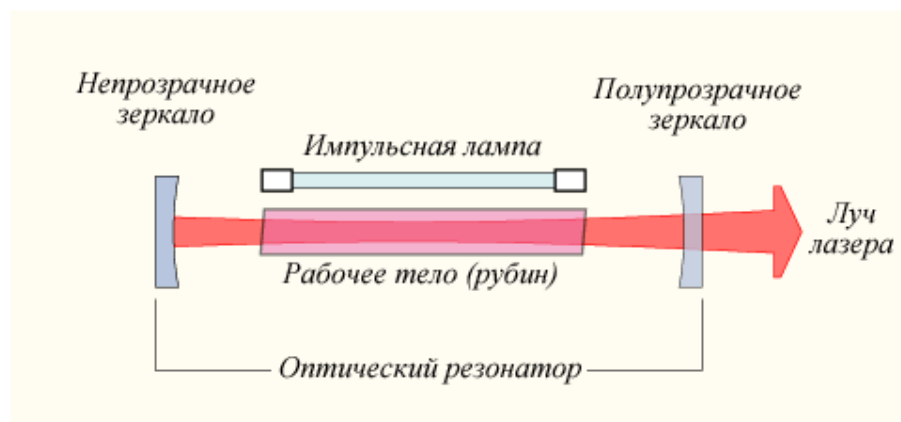
Лазерные источники света обладают рядом существенных преимуществ: Лазеры способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения. На Луне такой пучок, испущенный с Земли даёт пятно диаметром 3 км; Свет лазера обладает исключительной монохроматичностью. В отличие от обычных источников света, атомы которых излучают свет независимо друг от друга, в лазерах атомы излучают свет согласованно; Лазеры являются самыми мощными источниками света.

### Структура лазера.

Лазер (от англ. - «усиление света посредством вынужденного излучения») - это оптическое квантовое устройство, которое способно преобразовывать лучи одного вида (энергию накачки - световую, химическую и т.д.) в направленные

когерентные монохроматические, узко направленные и поляризованные другие. То есть, это луч света, испускаемый синхронными источниками, в узком направленном диапазоне. Работа лазера основывается на вынужденном (индуцированном) излучении. Это квантовомеханическое явление. Волна, испускаемая лазером, есть электромагнитная волна.

Все лазеры состоят из трёх основных частей: активной(рабочей) среды; системы накачки (источник энергии); оптического резонатора (может отсутствовать, если лазер работает в режиме усилителя).



Типичный лазер выглядит так: трубка, внутри которой размещен твердый кристалл, чаще всего рубин. С обоих торцов она закрыта зеркалами: прозрачным и не полностью прозрачным. Под воздействием электрической обмотки атомы кристалла генерируют световые волны. Эти волны перемещаются от одного зеркала к другому до того момента, пока не наберут интенсивность, достаточную для прохождения через не полностью прозрачное зеркало.

### Классификация лазеров.

Классификация лазеров представляет собой:

1. Твердотельные лазеры. Активная среда в них твердая и состоит из кристаллов рубина и небольшого количества ионов хрома. Накачка осуществлялась при помощи импульсной лампы.

2. Газовые лазеры. Активная среда формируется из газов с очень низким давлением или из их смесей. Газы заполняют стеклянную трубку, в которую впаяны электроды. В качестве накачки обычно применяют разряд электричества, производимый генератором высоких частот. Излучение газового лазера отличается своей непрерывностью.

3. Жидкостные лазеры. Для создания активной среды в них используются разнообразные растворы органических соединений. Плотность такого вещества выше, чем у газа, хотя и ниже, чем у твердых тел.

4. Полупроводниковые лазеры. В качестве активной среды используется кристалл-полупроводник. Однако он принципиально отличается тем, что излучательные переходы в нем происходят не между энергетическими уровнями атомов, а между энергетическими зонами или подзонами кристалла. Накачка такого лазера производится постоянным электрическим током.

#### Применение лазеров.

С каждым годом лазеры все прочнее входят в промышленность и быт человека. В настоящее время области применения лазеров расширяются с каждым днем. После первого промышленного использования лазеров для получения отверстий в рубинах для часов эти устройства успешно применяются в самых различных областях.

Рубиновые лазеры стали широко использоваться для специальной фотографии - голографии, после того, как удалось добиться достаточной чувствительности пленки на частоте 694 нм. Эти лазеры более удобны и для пробивки очень точных отверстий, так как с уменьшением длины волны размеры точки фокуса, ограничивающийся дифракцией, уменьшаются. Не так давно

некоторые ученые предсказывали, что рубиновый лазер скоро отслужит свой срок. Однако в настоящее время полупроводниковые приборы на арсениде галлия (GaAs) могут свариваться с тугоплавкими металлическими проводниками с помощью импульсного рубинового лазера. Процесс длится 100 нс вместо 5-30 мин, которые требуются при обычной сварке с последующим отжигом. Это важное достижение применяется в электронных системах, используемых в спутниковой связи, реактивных двигателях, геотермальных скважинах, атомных реакторах, приемниках радиолокационных станций и ракет, интегральных микроволновых цепях.

Твердотельные лазеры применяются в лазерной спектроскопии, нелинейной оптике, лазерной технологии: сварка, закалка, упрочнение поверхности. Лазерные стекла применяются в мощных установках для лазерного термоядерного синтеза.

Газовые лазеры применяются в промышленных установках. Известна термическая обработка материалов и деталей обычными средствами. Предварительный подогрев с использованием газовых лазеров позволяет обрабатывать материалы более высокой твердости. Прямолинейные участки многокомпонентных деталей легко свариваются газовыми лазерами, в то время как непрямолинейные участки свариваются с использованием специальных поворотных зеркальных систем. Производится лазерная закалка и заточка деталей. Применяются подобные лазеры в спектроскопии, лазерной химии, медицине. Установки на основе  $\text{CO}_2$  - лазеров мощностью 500 Вт успешно применяются для лазерного резания по шаблонам и раскройки сталей или пластмасс, пробивки отверстий, если их диаметр не слишком мал. В общем случае толщина разрезаемого материала зависит от мощности излучения. В настоящее время стоимость  $\text{CO}_2$  - лазеров не особенно высока. Стоимость газов, применяемых в  $\text{CO}_2$  - лазерах сопоставима со стоимостью энергии, потребляемой станками, предназначенными для пробивания отверстий. Характеристики  $\text{CO}_2$  -

лазеров стабильны. Лазеры легки в управлении и безопасны при соблюдении правил эксплуатации.

Электроразрядные лазеры низкого давления на благородных газах: He-Ne, He-He. Это маломощные системы отличаются высокой монохроматичностью и направленностью. Применяются в спектроскопии, стандартизации частоты и длины излучения, в настройке оптических систем. Ионный аргоновый лазер - лазер непрерывного действия, генерирующий зеленый луч. Накачка осуществляется электрическим разрядом. Мощность достигает нескольких десятков Вт. Применяется в медицине, спектроскопии, нелинейной оптике.

Эксимерные лазеры. Рабочая среда - смесь благородных газов с F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, фторидами. Возбуждаются сильноточным электронным пучком или поперечным разрядом. Работают в импульсном режиме в УФ - диапазоне длин волн. Применяются для лазерного термоядерного синтеза.

Химические лазеры. Рабочая среда - смесь газов. Основной источник энергии - химическая реакция между компонентами рабочей смеси. Возможны варианты лазеров импульсного и непрерывного действия. Они имеют широкий спектр генерации в ближней ИК - области спектра. Обладают большой мощностью непрерывного излучения и большой энергией в импульсе. Такие лазеры применяются в спектроскопии, лазерной химии, системах контроля состава атмосферы.

Полупроводниковые лазеры составляют самую многочисленную группу. Накачка осуществляется инжекцией через гетеропереход, а также электронным пучком. Гетеролазеры миниатюрны, имеют высокий КПД. Могут работать как в импульсном, так и в непрерывном режимах. Несмотря на низкую мощность они нашли свое применение в промышленности. Они применяются для спектроскопии, оптической стандартизации частоты, оптико-волоконных линий связи, для контроля формы, интерференционных полос деформации, в оптико-электронике, в робототехнике, в системах пожаробезопасности. В быту применяются в системах оптической обработки информации (в сканерах) в паре

с несложной системой многогранных зеркал, применяемых для отклонения луча, в звуко- и видеосистемах, в охранных системах. В последнее время полупроводниковые лазеры, благодаря своим малым размерам, применяются и в медицине. Лазеры с электронной накачкой перспективны в системах проекционного лазерного телевидения. А когда-то нобелевский лауреат Жорес Алфёров в статье «О лазерах, российской науке и образовании» сказал: «Я в области лазеров работаю уже почти 50 лет, и мне с самого начала хотелось сделать телевизор на полупроводниковых лазерах, чтобы он был размером с маленький аппарат, электронный, но в котором было бы три крошечных, высокоэффективных лазера...» [1, с.1]

#### Работа с лазерными технологиями ВлГУ им. А.Г. и Н.Г.Столетовых.

Лазерными технологиями занимаются и многие высшие учебные заведения страны. В г. Владимире при ВлГУ им. А. Г. и Н. Г. Столетовых работает научно-образовательный центр внедрения лазерных технологий (НОЦ ВЛТ), целями которого являются:

- подготовка молодых специалистов и специалистов высшей квалификации в областях лазерных технологий на основе новейших научно-технологических достижений в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований, коммерциализации их результатов, разработка новых программ курсов повышения квалификации, объединяющих и развивающих научные исследования и учебный процесс, методическое обеспечение образовательного процесса;
- достижение превосходства в области лазерных технологий, методов конструирования, проектирования и обработки высокотехнологичных изделий машиностроительного и оборонно-промышленного комплексов мирового уровня, в интересах модернизации промышленности страны;
- интеграция образования, науки и производства посредством передачи передовых достижений в области лазерных технологий в промышленность с последующей отработкой.

Учащиеся нашей школы (МБОУ Панфиловская СОШ) в 2014 году побывали в «Центре Нанотехнологий» при ВлГУ имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. Учитель физики и математики Бесчастнова Лариса Васильевна об этом написала в школьной газете Муромского района «Ступени»: «Учащиеся познакомились с группой инженеров- исследователей, ведущих исследования на уровне микрочастиц. Ребята посетили лаборатории фемтосекундной лазерной техники и лазерного оборудования, познакомились с аппаратно- программным комплексом автоматической регистрации и биометрической идентификации людей АПК АРБИЛ. Им стали известны сканирующий электронный микроскоп, порошковый дифрактометр и энергофлуорисцентный рентгеновский спектрометр» [2, с. 1]. И сейчас центр не просто работает, а функционирует с большой буквы этого слова. В подтверждение слова из статьи «Лазерные технологии внедряют в производство студенты из Владимира» с сайта Минобрнауки России: «Студенты Института машиностроения и автомобильного транспорта Владимирского госуниверситета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых (ВлГУ) совместно с ООО «Владимирский инжиниринговый центр использования лазерных технологий в машиностроении при ВлГУ» разработали для промышленности проекты по рабочим элементам роботизированного комплекса. В проекте также участвовал Научно-образовательный центр внедрения лазерных технологий (НОЦ ВЛТ). Новые разработки дают возможность варить и делать более прочными детали машиностроения.

Разработки студентов кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» приняли в эксплуатацию на промышленном оборудовании Владимирского инжинирингового центра использования лазерных технологий в машиностроении при ВлГУ.» [3, с. 1]

### Заключение.

Анализируя вышесказанное, приходим к выводу, что свойства лазерного излучения уникальны. Это превратило лазеры в незаменимый для самых различных областей науки и техники инструмент. Лазеры широко используются



в медицине, в быту, в индустрии развлечений, в сфере транспорта. Высокомощные лазеры используются для производства высокоточных деталей для различных машин. Кроме того, лазерный луч может заменить скальпель в руках хирурга при проведении сложных операций. Лазеры используются в магазинах, где с их помощью считываются штрих-коды на товарах. Лазерный луч можно использовать на строительстве сооружений для контроля точности при монтаже. Лазеры могут быть полезны и в сфере транспорта. Одна из впечатляющих сфер применения лазеров - создание голограмм - трехмерных изображений предмета на пленке, который воспринимается глазом человека под определенным углом. Лазерные шоу часто сопровождают фестивали, концерты, праздничные мероприятия.

Лазер был изобретён с конкретной целью (совершенно не «прикладной»), но позже нашёл множество разных применений, о которых в момент его появления даже не мечтали. Это типичный случай «решения, ждущего своей задачи».

Таким образом, гипотеза, что создание лазеров - пример того, как развитие фундаментальной науки (квантовой теории) приводит к гигантскому прогрессу в самых различных областях техники и технологии, подтверждена.

#### Библиографический список:

1. Юные исследователи в большом городе. - Печатный орган ДОО «Ступени». «Ступени» 2013-2014 уч. г., выпуск 3

2. Жорес Алфёров. О лазерах, российской науке и образовании. - [https://www.gazeta.ru/science/2010/05/14\\_a\\_3367756.shtml](https://www.gazeta.ru/science/2010/05/14_a_3367756.shtml)
3. Лазерные технологии внедряют в производство студенты из Владимира - <https://ug.ru/lazernye-tehnologii-vnedryayut-v-proizvodstvo-studenty-iz-vladimira/>
4. Промышленное применение лазеров. Под.ред. Г.Кёбнера, М.-1988.
5. Справочник по лазерам, пер. с англ. А.М.Прохорова. Том 1, М.-1978.
6. Физическая энциклопедия. Гл.ред. А.М.Прохоров. Том 2, М.-1990.
7. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=2975>
8. Физика, 11 класс. Учебник для общеобразовательных организаций, Г.Я. Мякишев, Г.Г. Буховцев и др., Москва, Просвещение, 2019 г.