

Научно-исследовательская работа  
Физика

**Удивительные свойства лазерного излучения**

Выполнил:

Баданова Дарья Ильинична,  
Карцева Светлана Александровна  
обучающиеся 4 Г класса

МАОУ СОШ №2 им. Н. А. Тимофеева г. о. Бронницы

Научный руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович,  
педагог дополнительного образования,  
кандидат технических наук, доцент

Бронницы

2024

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Что такое лазер? История изобретения лазера.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Основные элементы лазера. Конструкция лазерных излучателей. ....</b>	<b>5</b>
<b>3. Фотоны – частицы света .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Усиление и генерация света в лазере.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Удивительные эксперименты с излучением лазерных указок видимого диапазона. ....</b>	<b>9</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>10</b>
<b>Литература .....</b>	<b>11</b>

## **Введение**

Лазер – одно из самых удивительных устройств нашего времени. Это устройство способно решить сложнейшие задачи 21 века – передавать энергию на космические расстояния, передавать пакеты информации, включая цифровые фотографии высочайшего качества, лечить неизлечимые или трудноизлечимые злокачественные новообразования и одновременно быть главным инструментом эстетической медицины, создавать объёмные 3D – модели различных объектов и окружающего пространства путём скоростного сканирования – объёмные модели человека, дорог, мостов и тоннелей, сложных зданий, ландшафта для работы дизайнеров и архитекторов.

В нашей работе была поставлена цель – показать младшим школьникам устройство различных типов лазеров, показать волшебные свойства лазерного излучения, продемонстрировать увлекательные опыты с излучением лазерных указок синего, зелёного, красного и невидимого инфракрасного излучения.

## 1. Что такое лазер? История изобретения лазера

Слово лазер образовано из начальных букв английских слов: light amplification by stimulated emission of radiation – усиление света за счёт вынужденного излучения. Лазер – это генератор света.

Впервые понятие о вынужденном излучении в физику ввёл в 1916 году Альберт Эйнштейн, а первая генерация лазерного излучения на кристалле рубина с примесью ионов хрома  $\text{Cr}^{3+}$  была получена американским физиком Теодором Майманом в 1960 году. Схема лазера Маймана приведена на рис 1.1.

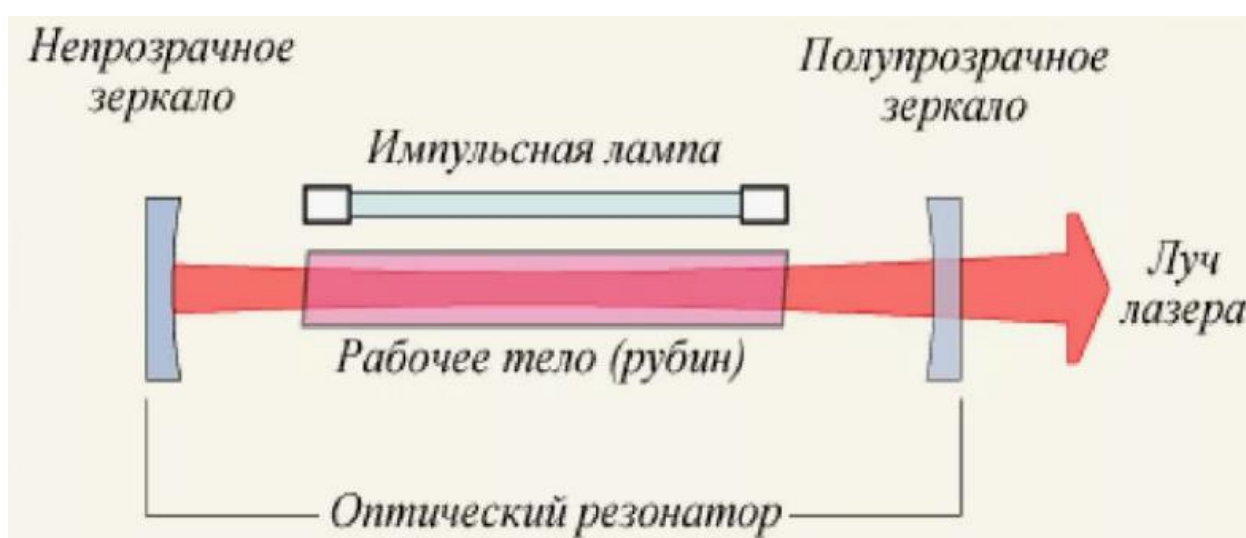


Рисунок 1.1 – Схема лазера Маймана.

Лазерная физика охватывает такие разделы физики как квантовая электроника, нелинейная оптика, квантовая оптика. В теории лазера фундаментальную роль играют явления квантового характера. То есть рассматривая механизм перехода атома с одного энергетического уровня на другой мы видим, что энергия выделяется или поглощается отдельными порциями – квантами.

## **2. Основные элементы лазера. Конструкция лазерных излучателей.**

Лазерный излучатель, служащий для генерации электромагнитного излучения оптического диапазона, структурно состоит из следующих основных элементов: источника накачки, и активной среды, помещенной в резонатор.

Активная среда - вещество, в котором может быть создана инверсная населенность энергетических уровней. То есть достигнуто такое условие, когда число атомов, находящихся на верхнем "рабочем" энергетическом уровне в единице объёма (населённость верхнего уровня), превышает число атомов, находящихся на нижнем "рабочем" энергетическом уровне в единице объёма (населённость нижнего уровня). По типу активной среды лазеры подразделяются на твёрдотельные, газовые, полупроводниковые, жидкостные и другие. На практике активную среду твердотельного лазера часто называют активным элементом.

Поставщиком энергии для достижения состояния инверсной населённости в активной среде может служить: лампа-вспышка, полупроводниковый лазерный диод (диодная накачка), газовый разряд, инжекция носителей тока в полупроводниковых p-n переходах, тепловой способ, химическая реакция, ядерная накачка (в лазерах для военных применений).

Положительная обратная связь: если есть зависимость входящего в некоторую систему сигнала от выходящего сигнала (результата), то говорят о наличии обратной связи. Если же такая зависимость приводит к дальнейшему увеличению выходного сигнала (усилению результата), то такая связь считается положительной. Система работает как усилитель.

В основе работы любого лазера лежат три фундаментальных физических явления, а именно - спонтанное и вынужденное излучение и резонансное поглощение. Эти явления будут подробно рассмотрены в дальнейшем, а пока на качественном уровне изучим явление усиления и генерации электромагнитных волн в активной среде.

### **3. Фотоны – частицы света**

Все тела состоят из элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов). Это же наблюдается и в природе электромагнитного излучения. Только электромагнитное поле состоит из особых частиц – фотонов. Они не имеют собственной массы и представляют собой маленькие сгустки энергии, в которых перпендикулярно друг друга колеблются электрические и магнитные силы. Фотоны постоянно движутся с одинаковой скоростью (300 000 километров в секунду – скоростью света). За одну секунду свет от Земли долетает почти до Луны. В других материалах – стекле, воде, воздухе и т. д. – свет и другие виды электромагнитных излучений движутся медленнее. Фотоны заполняют все её тела. В космосе существуют фотоны различных видов энергий. Они несут солнечную энергию на Землю, несут информацию о теле, в котором они родились, и о пространстве, через которое проникли. Мы познаём окружающий мир с помощью фотонов света. Сколько весит фотон? Масса фотона равна нулю. Он ничего не весит. Фотон рождается со скоростью света, и другую скорость иметь не может.

Фотоны могут действовать на предметы силой и оказывать давление, но эта сила не за счёт массы, а за счёт скорости. Фотоны распространяются прямолинейно, но при взаимодействии с веществом могут изменить своё направление (отражение от зеркала). При этом фотон поглощается молекулой или атомом и переизлучается уже другой фотон такого же цвета, но другого направления. Можно ли остановить фотон? Остановить фотон невозможно.

При остановке фотон уничтожается. Фотоны мы можем увидеть только при их попадании в наш глаз.

#### **4. Усиление и генерация света в лазере**

Спонтанно испущенный атомом активной среды фотон имеет случайное направление, но его энергия соответствует энергии перехода данного атома с высшего уровня на низший. Этот «спонтанный» фотон, сталкиваясь со следующим накачанном энергией атомом или ионом вынуждает его испустить еще фотон. И этот уже вынужденно испущенный фотон является точной копией первого «спонтанного». В результате получаются два фотона, причем одинаковых не только по энергии (длине волны) но и по направлению движения и поляризации. Так появляется вынужденное излучение. Но пойдём дальше - два имеющихся фотона таким же образом порождают еще два, которые так же будут полностью идентичны первым. Процесс будет развиваться лавинообразно, пока есть энергетически накачанные, готовые к излучению атомы. Среда будет действовать как усилитель излучения.

Но усиливающая среда - ещё не лазер. Чтобы усилитель превратить в генератор (лазер), необходимо ввести положительную обратную связь. В лазере положительную обратную связь обычно получают размещением активной среды между двумя зеркалами с высоким коэффициентом отражения. В этом случае плоская электромагнитная волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном зеркалам, будет поочередно отражаться от них, усиливаясь при каждом прохождении через активную среду. Если одно из зеркал (выходное) сделать частично



прозрачным, то на выходе системы можно выделить лазерный пучок полезного излучения.

## **5. Удивительные эксперименты с излучением лазерных указок видимого диапазона.**

Современные методы и системы лазерного сканирования (сканеры) позволяют получать высокоточную цифровую информацию об окружающем мире: цифровые трёхмерные модели объектов (человека, дорог, мостов, тоннелей, сложных зданий для качественной работы архитекторов и дизайнеров);

Мы рассмотрим и проведём простейшие эксперименты для преобразования лазерного пятна излучения (обычно диаметр пучка – 1 – 5 мм при очень малой угловой расходимости), в линию, в узоры различной формы, в окружности. Эти преобразования позволяют создать световое лазерное шоу с непрерывно меняющимися световыми комбинациями.

Фотографии лучевых композиций приведены на рисунке 5.1.

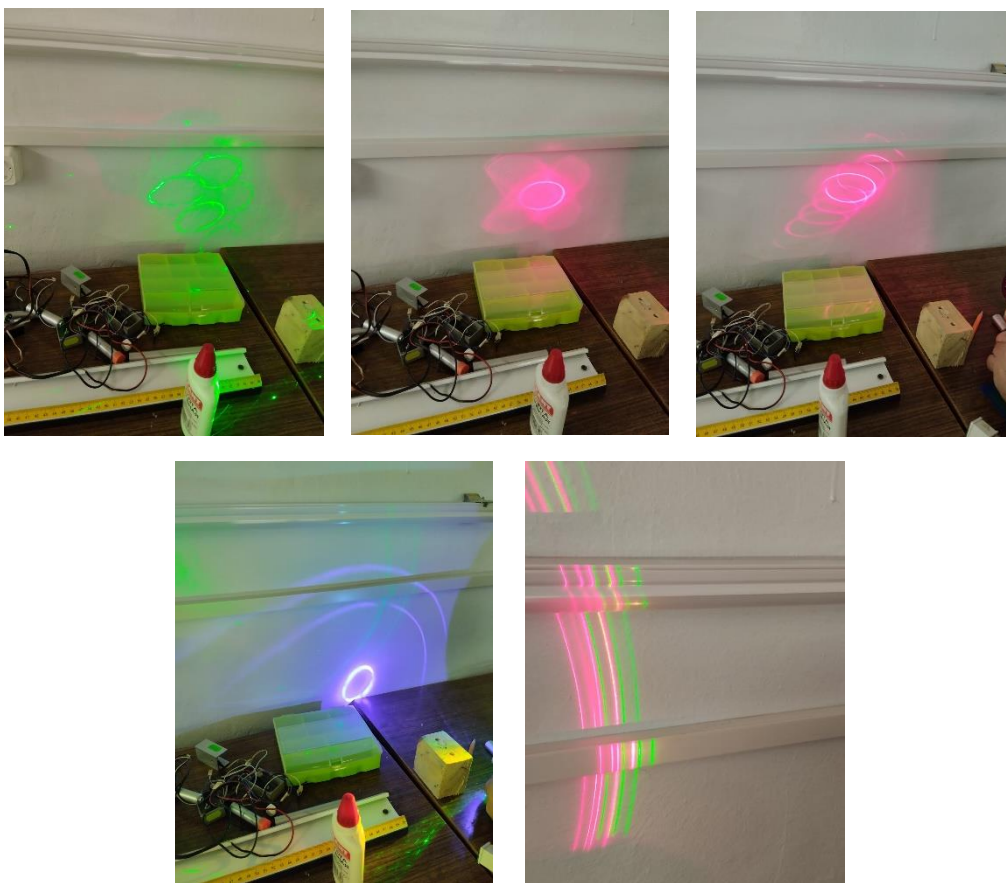


Рисунок 5.1 – Лучевые композиции

### **Заключение**

В результате проведенного исследования мы обнаружили, что лазерное излучение обладает удивительными свойствами и имеет широкий спектр применений. Лазеры способны передавать энергию на большие расстояния, передавать цифровую информацию и создавать высококачественные 3D-модели различных объектов. Кроме того, лазеры могут быть использованы в медицине для лечения трудноизлечимых заболеваний и в эстетической медицине для решения косметических проблем. Наши исследования позволяют детям познакомиться с принципами работы лазеров и лазерного излучения, а также проиллюстрировать возможности, которые они предоставляют. Таким образом, наша работа показывает, что лазерное излучение - это не только технологическое чудо, но и важный инструмент, способный изменить нашу жизнь и наш мир в лучшую сторону.

### **Литература**

1. Борейшо А. С., Ивакин С. В. Лазеры: устройство и действие: Учебное пособие. – Спб.: «Лань», 2016 – 304 с.
2. Мейман Т. Лазерная одиссея. – М.; Печатные традиции, 2010.
3. Соловьёв В. А. Лазерная техника и её применение. – М.; Машиностроение, 2012.
4. Лазеры в технике и медицине: методические указания / Под редакцией Новикова А. С., - М.: МГТУ им. Н. А. Баумана, 2018.