

Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
Факультет общей и прикладной физики

Вопрос по выбору в 4 семестре  
(Общая физика: оптика)

## **Модовый состав лазерного излучения**

Работу выполнил:  
Иванов Кирилл, 625 группа

г. Долгопрудный  
2018 год

# 1. Введение

**Лазер** — источник квазимонохроматического и узконаправленного высококогерентного потока излучения, работающий за счёт квантово-механического эффекта вынужденного (индуцированного) излучения.

Главными элементами лазера являются **оптический резонатор** и расположенная в нём **активная среда**, способная усиливать проходящее через неё излучение.

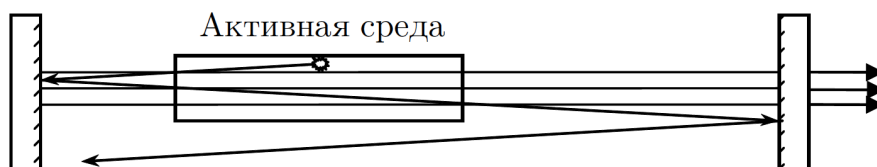


Рис. 1: Схема лазера

## 1.1 Квантово-механическое введение

В силу выхода квантовой физики и связанных с ней явлений за рамки нашего курса мы не будем подробно останавливаться на квантово-механических принципах работы лазера.

Если вкратце, то из-за **спонтанного** (самопроизвольного) излучения электронами фотонов с энергией  $E = \hbar\omega$  появившиеся частицы света возбуждают атомы, заставляя их переходить на следующий энергетический уровень  $E_1 = E_0 + \hbar\omega$ . После взаимодействия других фотонов с уже возбужденными электронами происходит **вынужденное** излучение, после чего атом возвращается в основное состояние. В результате этих процессов возникает электромагнитная волна с частотой  $\omega = \frac{E_1 - E_0}{\hbar}$ , которая усиливается за счёт взаимодействия с активной средой.

Конечно, нужно понимать, что в реальности такие волны являются не монохроматическими с бесконечно узкой линией поглощения/излучения  $\omega$ , а обладают конечной шириной  $\Delta\omega$ , которая называется шириной спектра усиления активной среды лазера (**спектра генерации**). Она определяется из квантовых и иных характеристик атомов и активной среды.

## 1.2 Роль резонатора

Простейший резонатор представляет собой **интерферометр Фабри–Перо**, состоящий из двух плоских зеркал с высокими коэффициентами отражения, размещённых параллельно друг другу на фиксированном расстоянии. Благодаря наличию активной среды, в резонаторе многократно усиливаются волны, распространяющиеся вдоль оси системы и набирающие за один полный проход резонатора фазу, кратную  $2\pi$  (т.е. на оптической длине резонатора укладывается целое число полуволн, в системе при этом образуются **стоячие волны**). Таким образом, резонатор обеспечивает создание положительной обратной связи в лазере и превращает его в генератор излучения. Также в резонаторе происходит накопление энергии излучения и отбор

узких резонансных линий из спектра излучения, рождающегося в среде. Одно из зеркал резонатора обычно имеет несколько меньший коэффициент отражения, что позволяет выпускать через него часть излучения в виде узконаправленного высокомонохроматического пучка.

## 2. Модовый состав лазерного излучения

**Модами** называют стационарные типы колебаний электромагнитного поля в резонаторе, различающиеся частотой и пространственным распределением амплитуды поля.

Рассмотрим моды в открытом резонаторе Фабри–Перо с плоскими зеркалами, расстояние между которыми равно  $L$ . Будем считать, для простоты, что активная среда заполняет весь резонатор и имеет показатель преломления  $n = 1$ .

### **3. Экспериментальный подсчет числа мод**

#### 4. Селекция продольных мод

## 5. Заключение

### Использованная литература

- Звелто «Принципы лазеров
- Лабник