

# ЛАЗЕР И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ДЕМОНСТРАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ В ВОЛНОВОЙ ОПТИКЕ

Ученик 10 "А" класса

Иванова Алексея Александровича

Руководитель - преподаватель

Федотова Татьяна Николаевна

# ЦЕЛИ РАБОТЫ:

---

- 1. Изучить устройство и принципы работы различных типов лазеров.**
- 2. Разработать демонстрационные эксперименты по волновой оптике с помощью полупроводникового лазера.**

# ЗАДАЧИ:

---

1. Изучить физическую основу работы лазера.
2. Изучить строение и принцип работы полупроводниковых и других типов лазеров.
3. Разработать и проделать некоторые демонстрационные опыты с использованием полупроводникового лазера.

# СОДЕРЖАНИЕ:

---

- 1. Введение**
- 2. Принцип работы лазера. Спонтанное и индуцированное излучение**
- 3. Типы и характеристики лазеров**
- 4. Демонстрационные опыты с использованием полупроводникового лазера**
- 5. Заключение**

# ЛАЗЕР. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Лазер представляет собой источник монохроматического когерентного света с высокой направленностью светового луча.

Физической основой работы лазера служит явление индукционного излучения.

Слово «лазер» составлено из начальных букв английского выражения «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что в переводе означает «усиление света в результате вынужденного излучения».

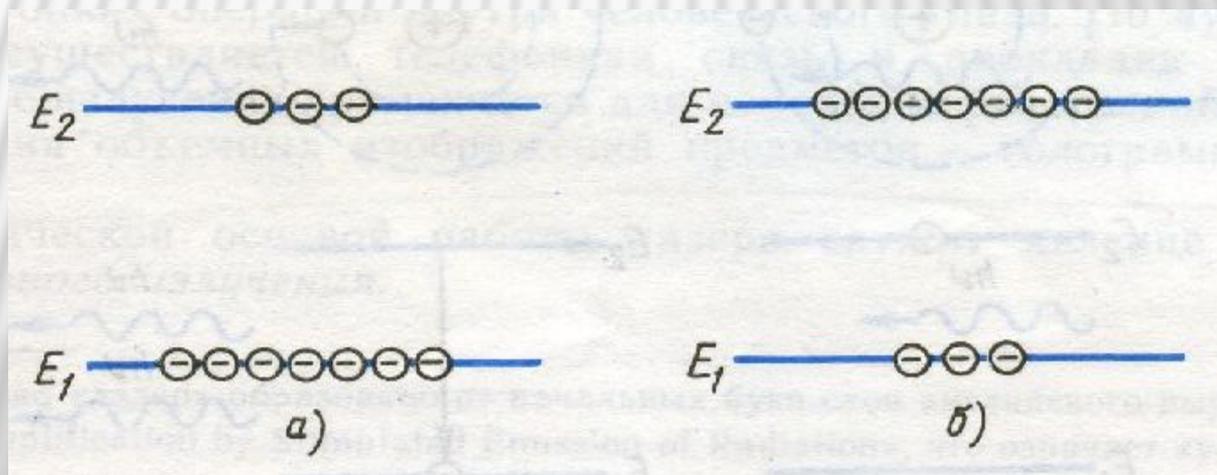
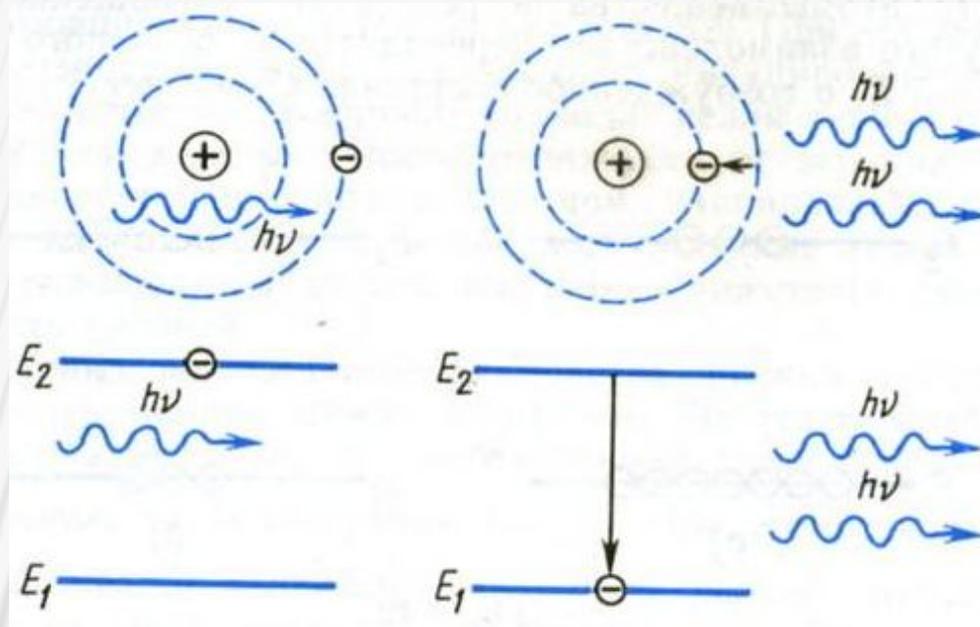


Н. Г. Басов



А. М. Прохоров

# ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАЗЕРА.



Гелий-неоновый

рубиновый

газодинамический

Типы лазеров

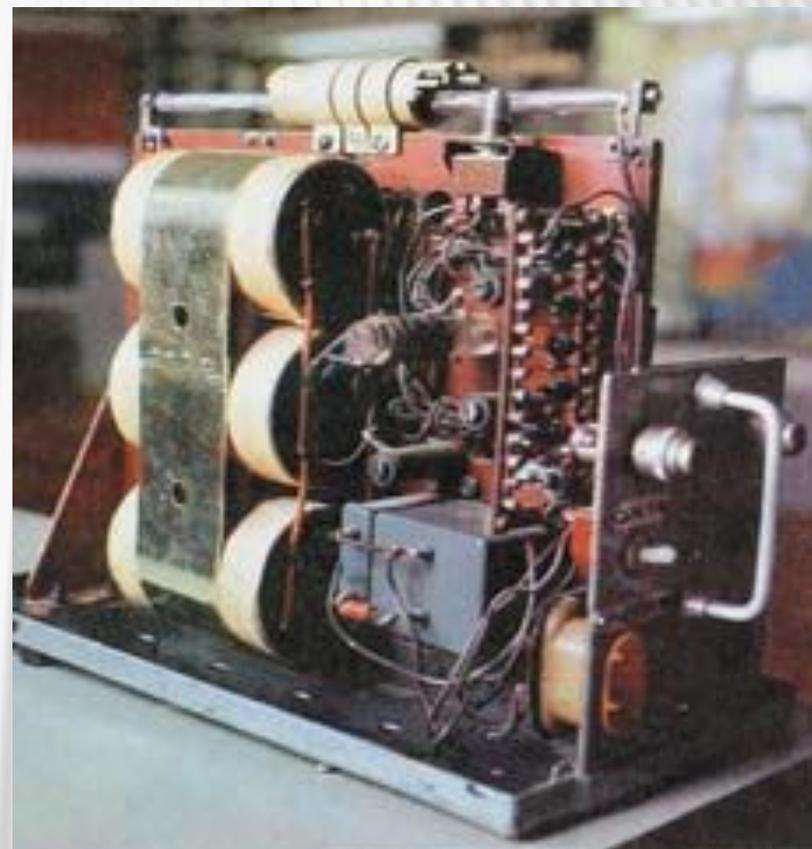
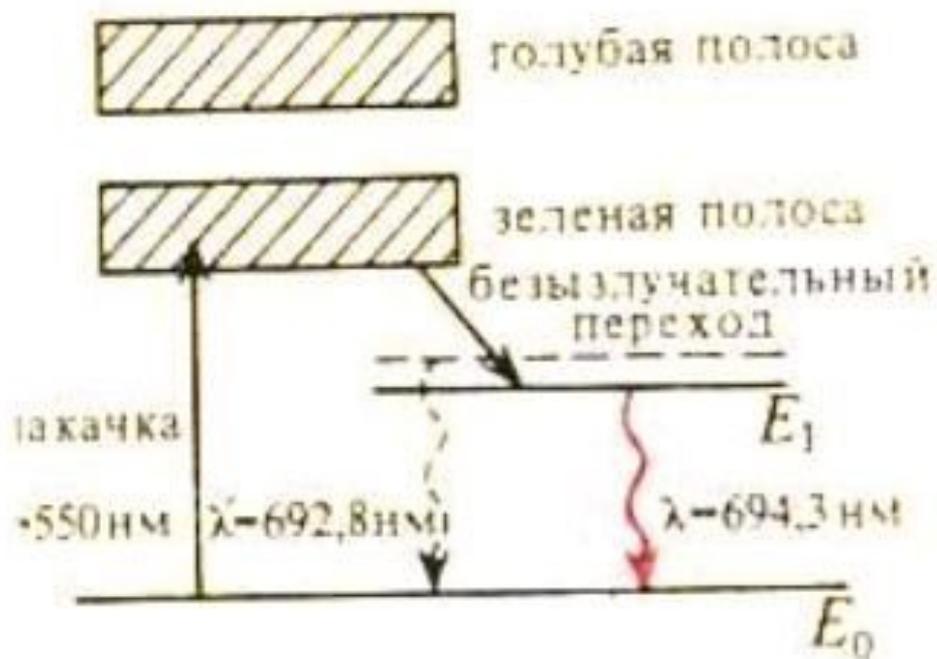
на красителях

полупроводниковый

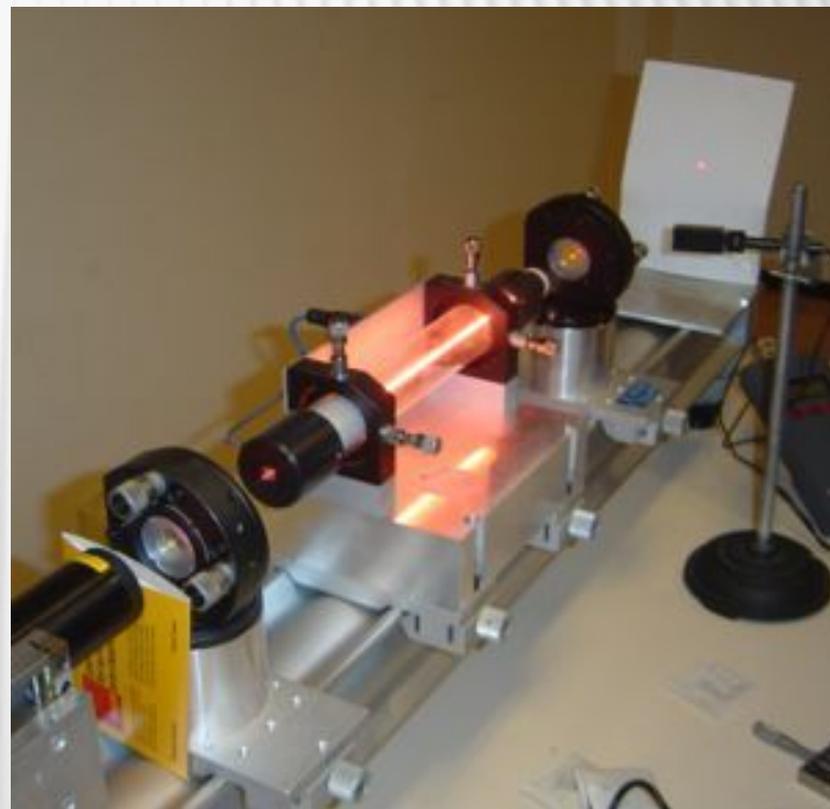
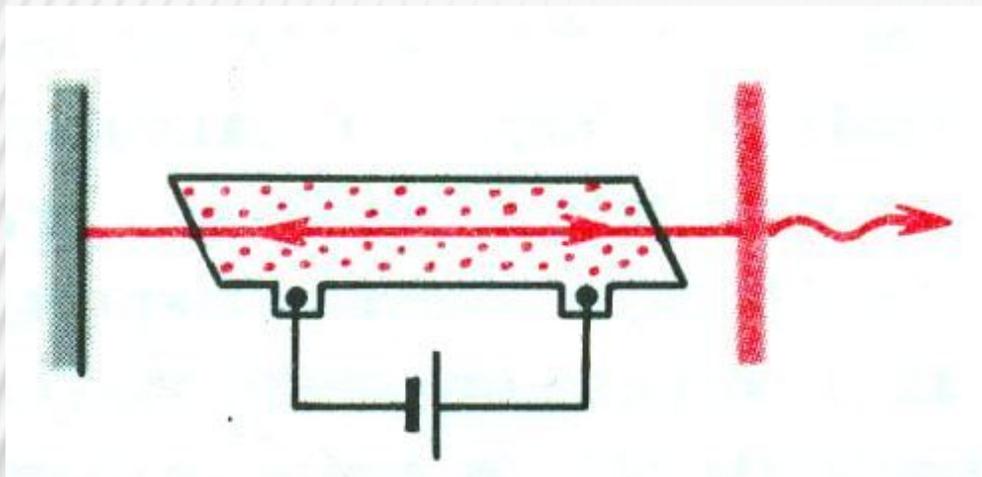
CO<sub>2</sub> - лазер



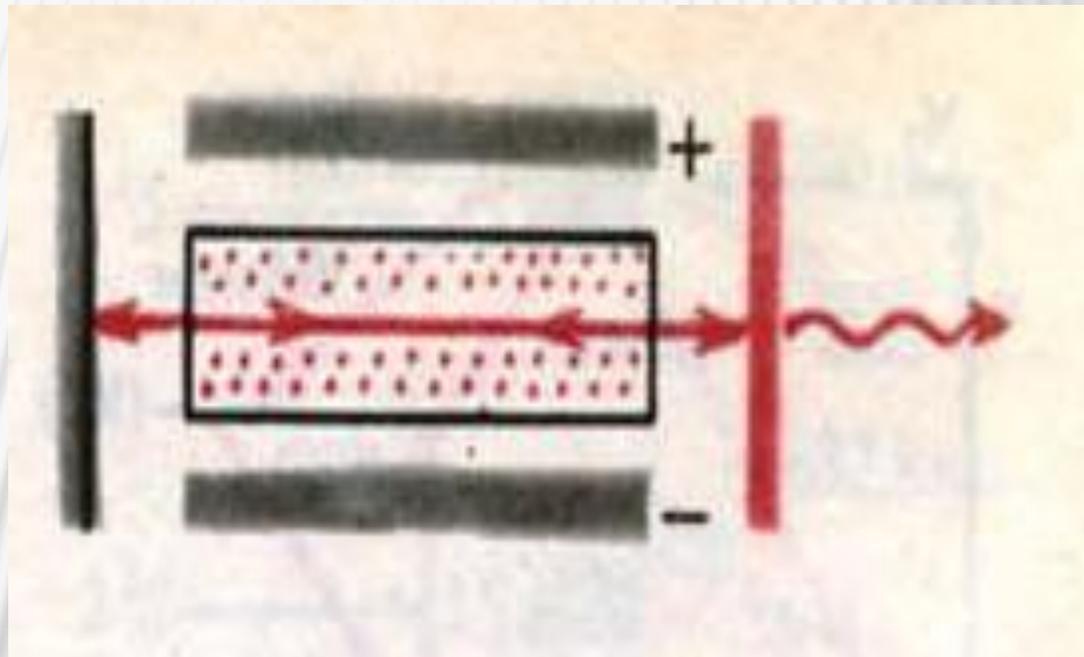
# РУБИНОВЫЙ ЛАЗЕР



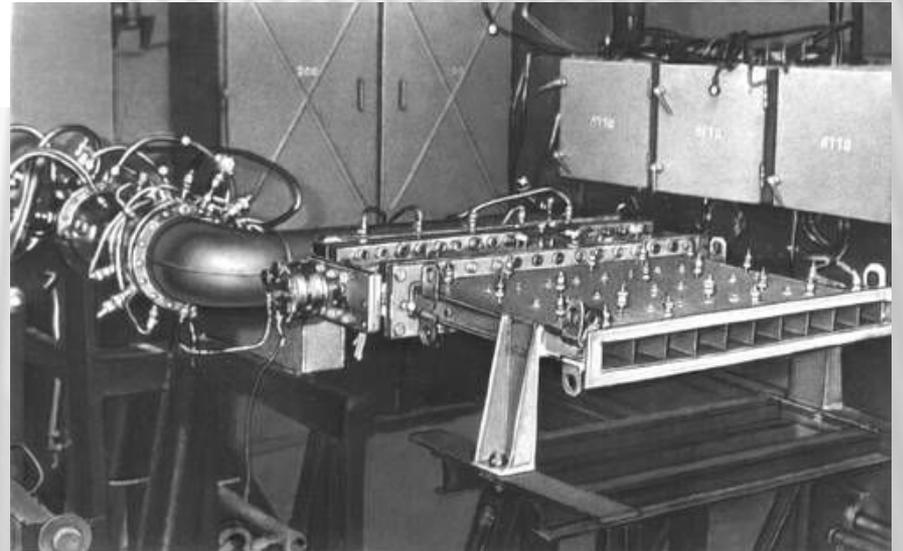
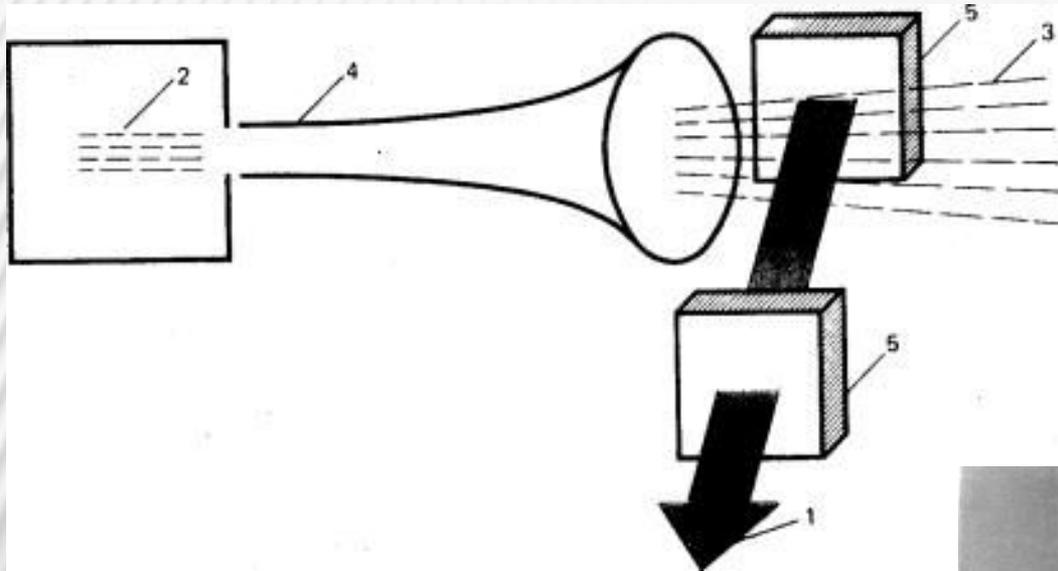
# ГЕЛИЙ-НЕОНОВЫЙ ЛАЗЕР



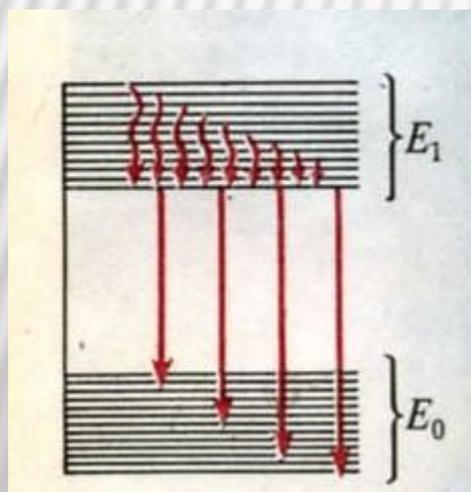
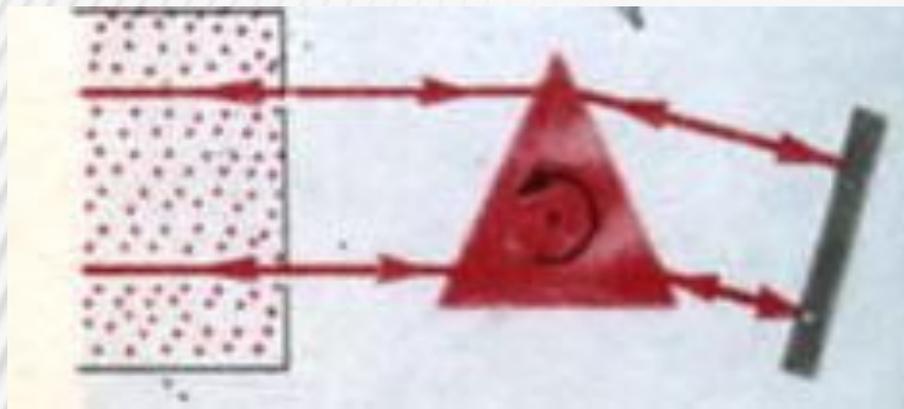
# СО2 - ЛАЗЕР



# ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР



# ЛАЗЕР НА КРАСИТЕЛЯХ



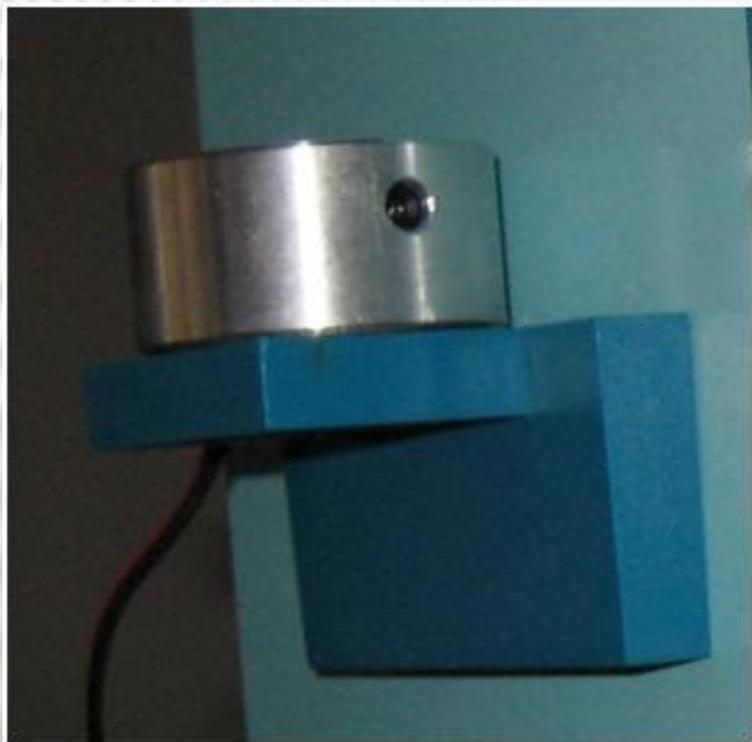
# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛАЗЕР.



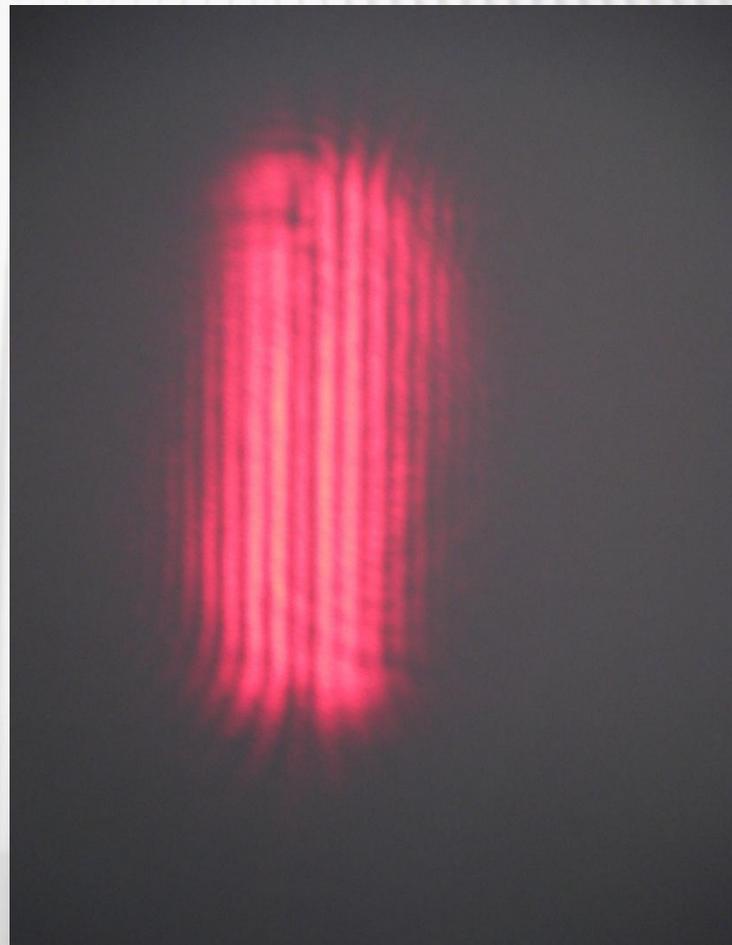
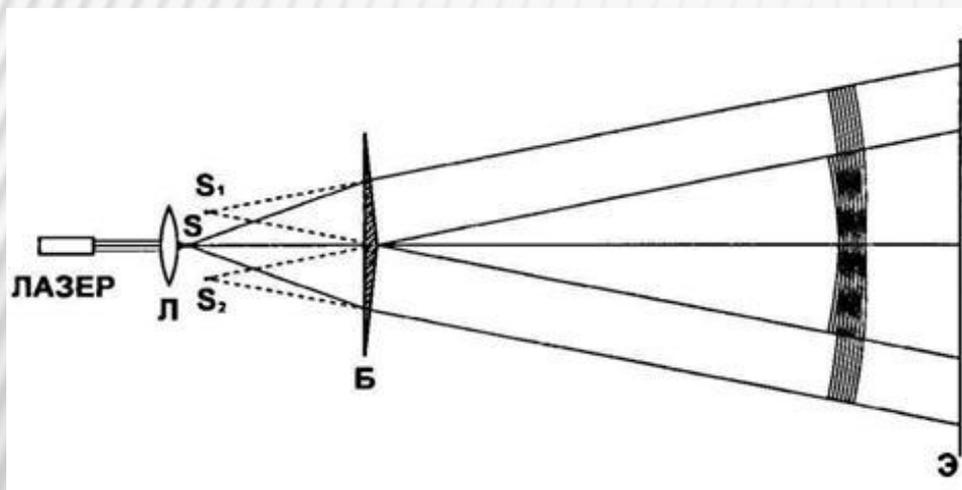
**Ж. И. АЛФЕРОВ**  
Академик, лауреат  
Нобелевской  
Премии за 2000 год

**Полупроводниковый лазер,** полупроводниковый квантовый генератор, лазер с полупроводниковым кристаллом в качестве рабочего вещества. В П. л., в отличие от лазеров др. типов, используются излучательные квантовые переходы не между изолированными уровнями энергии атомов, молекул и ионов, а между разрешенными энергетическими зонами кристалла. В П. л. возбуждаются и излучают (коллективно) атомы, слагающие кристаллическую решётку. Это отличие определяет важную особенность П. л. — малые размеры и компактность (объём кристалла  $\sim 10^{-6}—10^{-2} \text{ см}^3$ ). В П. л. удаётся получить показатель опич. усиления до  $10^4 \text{ см}^{-1}$  хотя обычно для возбуждения генерации лазера достаточны и меньшие значения. Другими практически важными особенностями П. л. являются: высокая эффективность преобразования электрической энергии в энергию когерентного излучения (до 30—50%); малая инерционность, обуславливающая широкую полосу частот прямой модуляции (более  $10^9 \text{ Гц}$ ); простота конструкции; возможность перестройки длины волны |

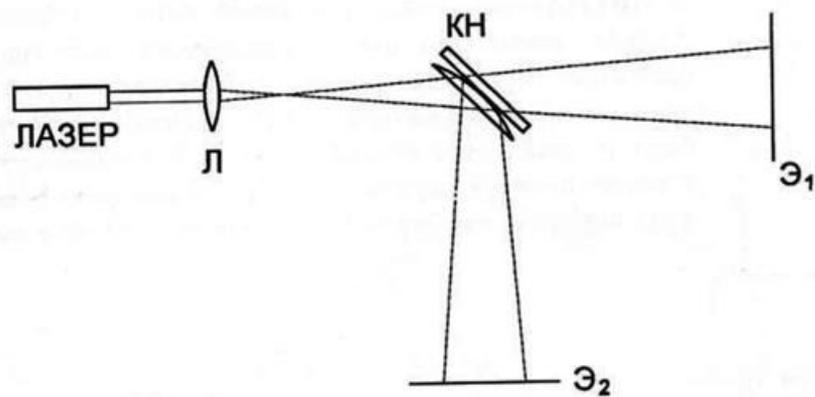
# ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ.



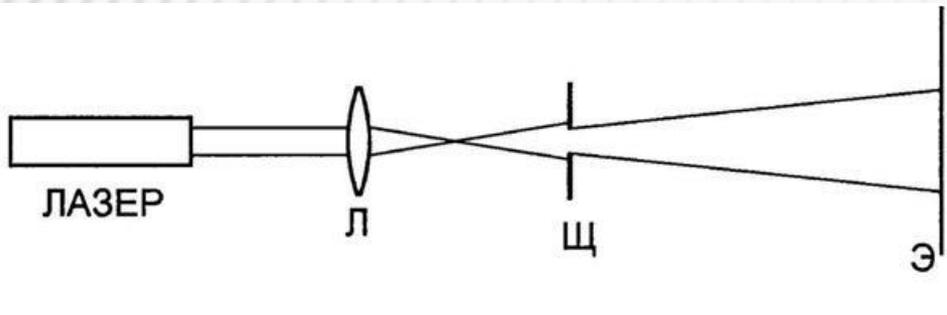
# ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ЛУЧА ЛАЗЕРА С БИПРИЗМОЙ ФРЕНЕЛЯ.



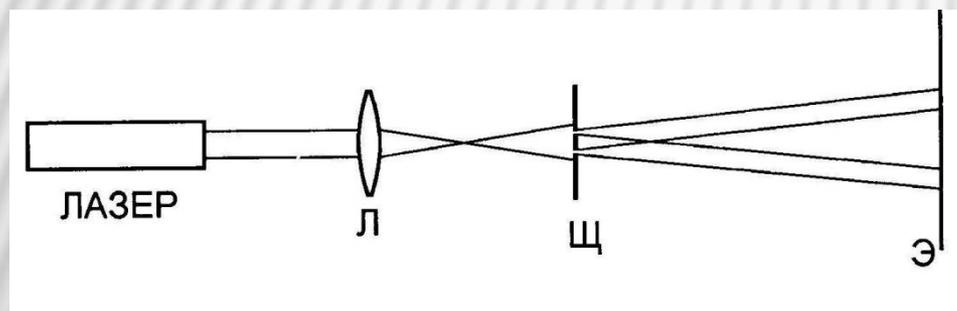
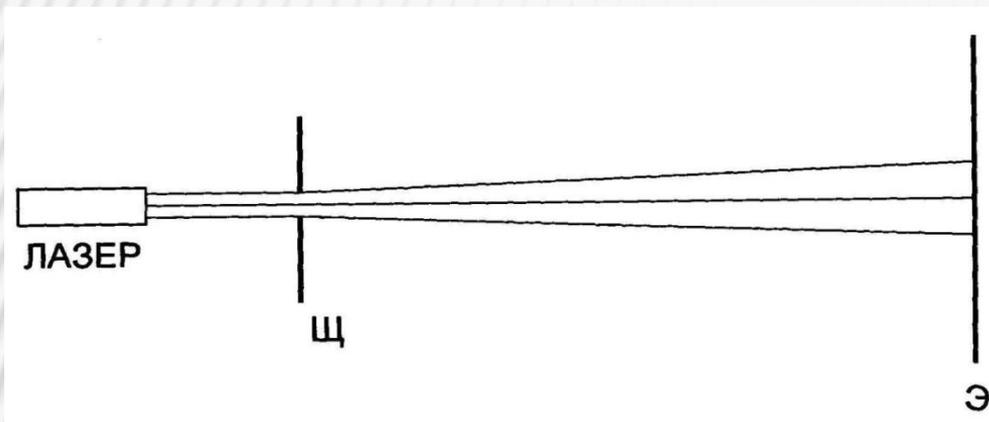
# ИЗЛУЧЕНИЕ ЛАЗЕРА ЧЕРЕЗ «КОЛЬЦА НЬЮТОНА»



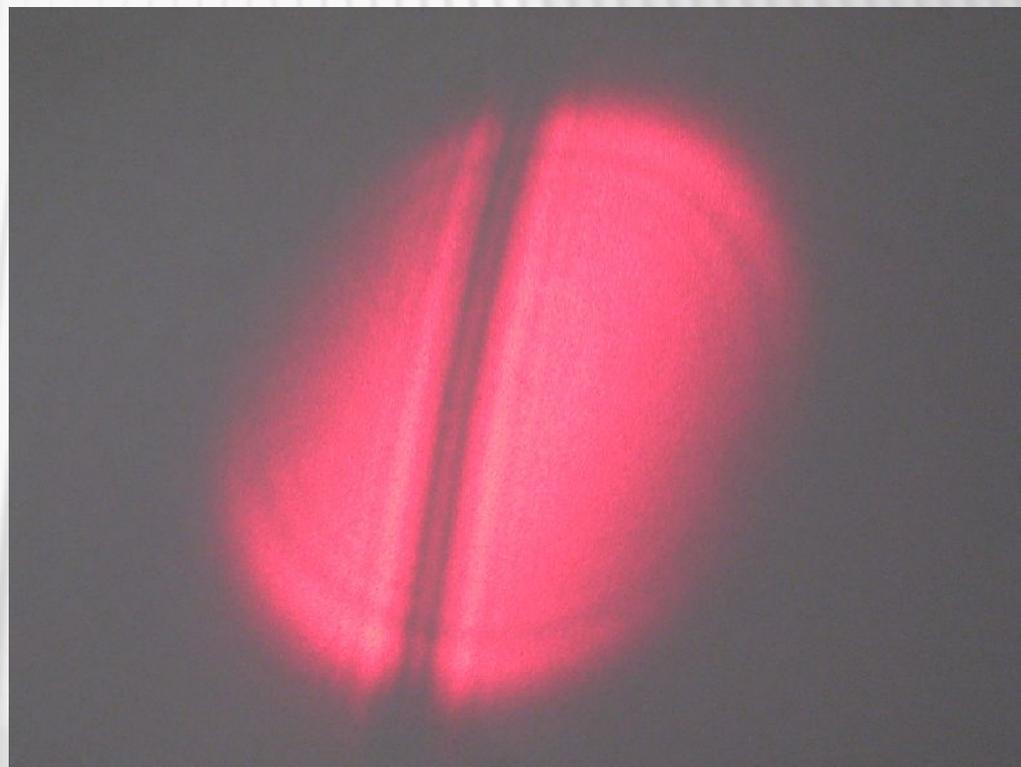
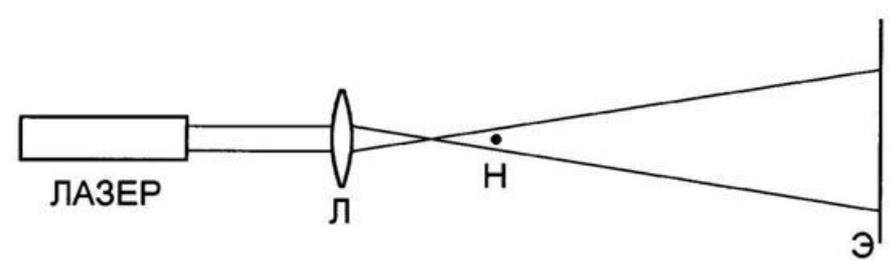
# ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА В СХЕМЕ ЮНГА



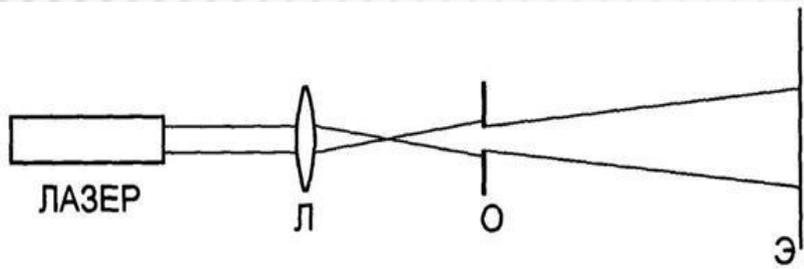
# ДИФРАКЦИЯ ПУЧКА СВЕТА НА ЩЕЛИ



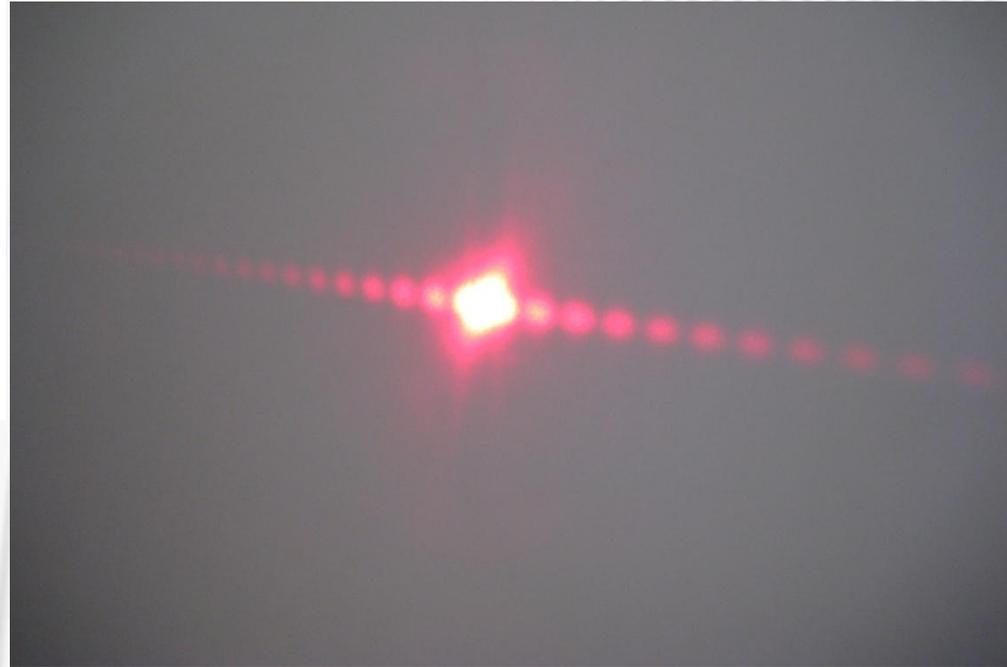
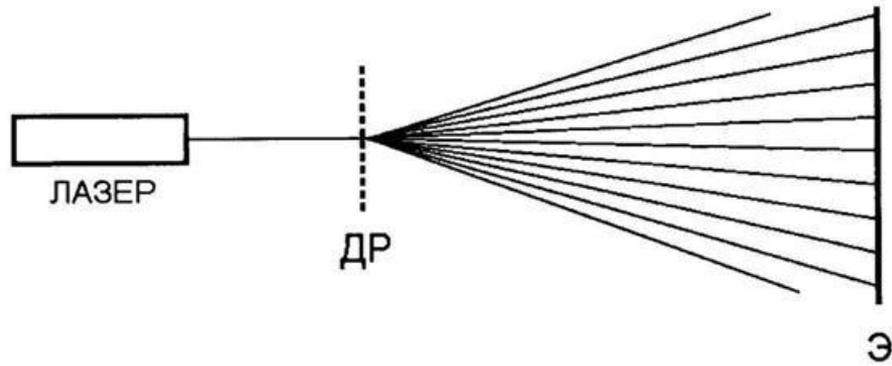
# ДИФРАКЦИЯ РАСХОДЯЩЕГОСЯ ПУЧКА СВЕТА НА НИТИ



# ДИФРАКЦИЯ РАСХОДЯЩЕГОСЯ ПУЧКА СВЕТА НА КРУГОВОМ ОТВЕРСТИИ



# ДИФРАКЦИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА НА ОДНОМЕРНОЙ РЕШЕТКЕ



Для подтверждения формулы  $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$  следует измерить расстояние между дифракционной решеткой и экраном. После измерений получилось расстояние, равное  $L = 2.31$  м. Далее измерим расстояние между нулевым и  $n$  порядком дифракции каждой из решеток:

Диф. решетка ( $d = 0.02$  мм):

$$x_1 = 7.9 \text{ см}$$

$$x_2 = 16.1 \text{ см}$$

Диф. решетка ( $d = 0.0067$  мм):

$$x_1 = 23.5 \text{ см}$$

$$x_2 = 48 \text{ см}$$

Из формулы  $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$  выражаем значение  $\sin \alpha$ :

$$\sin \alpha = n \lambda / d$$

Подставим значения для  $n = 1$ , для двух различных дифракционных решеток:

По первой решетке:

$$\sin \alpha_1 = n_1 \lambda / d_1 = 1 \cdot 670 \cdot 10^{-9} / 0.02 \cdot 10^{-3} = 0.0335$$

Для малых углов  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha = x / L$ :

$$\text{tg } \alpha_1 = 7.9 \cdot 10^{-2} / 2.31 = 0.034$$

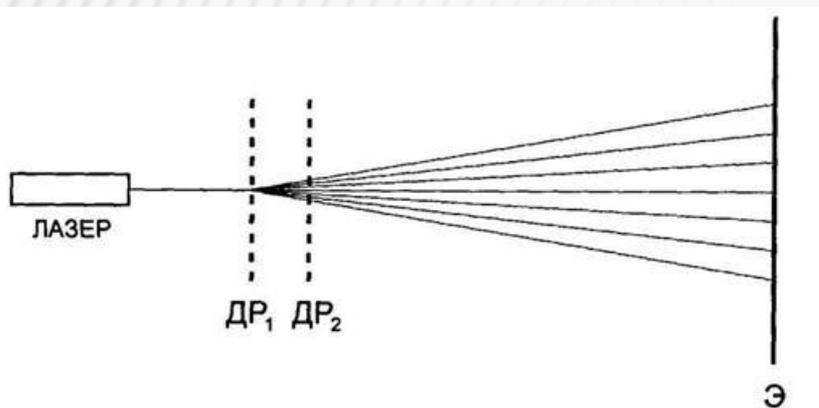
По второй решетке:

$$\sin \alpha_2 = n_2 \lambda / d_2 = 1 \cdot 670 \cdot 10^{-9} / 0.0067 \cdot 10^{-3} = 0.1$$

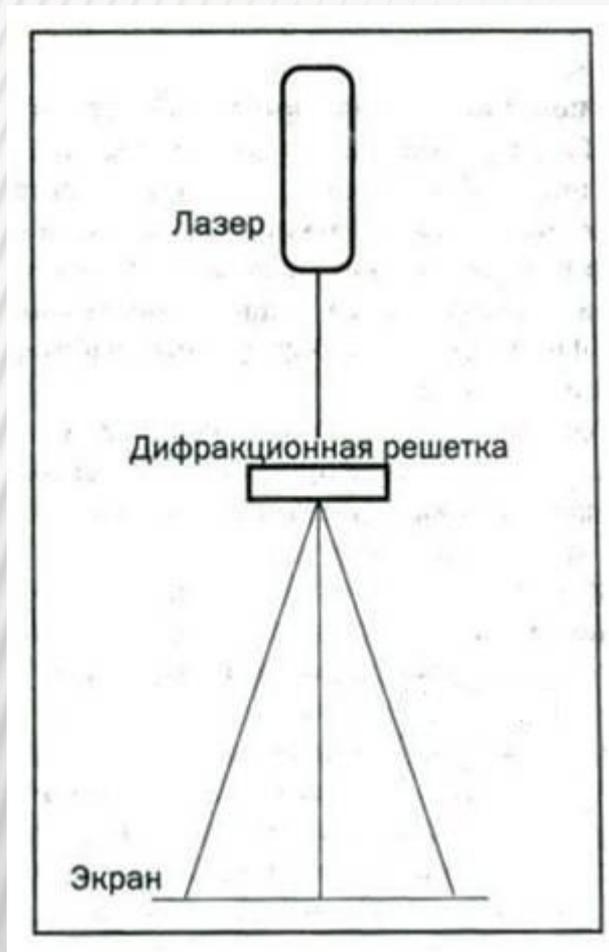
$$\text{tg } \alpha_2 = 23.5 \cdot 10^{-2} / 2.31 = 0.1$$

Таким образом, в обоих случаях,  $\sin \alpha = \text{tg } \alpha$ , следовательно формула  $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$  верна.

# ДИФРАКЦИЯ СВЕТА НА ДВУМЕРНОЙ СТРУКТУРЕ



# ДИФРАКЦИЯ СВЕТА НА ОДНОМЕРНОЙ РЕШЕТКЕ



# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

- Цель работы: Определить длину световой волны, излучаемой лазером

### Ход работы:

- Укрепите лазер, дифракционную решетку и шаблон с миллиметровой бумагой в лапках штатива.
- Включите лазер, направив луч через дифракционную решетку на миллиметровую бумагу.
- Зарисовать положение центрального и боковых ярких максимумов (пятен) (рис. 2.).
- Измерьте расстояние от центра главного максимума до центров боковых максимумов  $h_1$  и  $h_2$ , вычислить среднее  $h$ .
- Измерить расстояние от дифракционной решетки до экрана (планшета)  $L$ .
- Вычислить длину световой волны, излучаемой лазером, используя формулу дифракционной решетки.
- Оценить погрешность измерения, результат представить в виде  $\lambda = \lambda \pm \Delta\lambda$ .
- Измерить расстояние от центра главного максимума до центров вторых максимумов.
- Повторите вычисления длины световой волны для вторых максимумов.
- Оценить погрешность измерения, результат представить в виде  $\lambda = \lambda \pm \Delta\lambda$ .

Используя формулу  $d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$ , учитывая  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$  при малых углах

$\operatorname{tg} \alpha = x / L$ , подставляем в основную формулу и получим:

$$d \cdot x / L = n \cdot \lambda;$$
$$\lambda = d \cdot x / L \cdot n$$

$$d = 0.02 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$x = 7.9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$L = 2.31 \text{ м}$$

$$n = 1$$

$$\lambda = 0.02 \cdot 10^{-3} \cdot 7.9 \cdot 10^{-2} / 2.31 \cdot 1 = 683 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Вычислим погрешность измерения:

$$\Delta \lambda / \lambda = \Delta x / x + \Delta L / L;$$

$$\Delta \lambda / \lambda = 1 \cdot 10^{-3} / 7.9 \cdot 10^{-2} + 1 \cdot 10^{-2} / 2.31 = 0.014;$$

$$\Delta \lambda = 0.014 \cdot 683 \cdot 10^{-9} = 9.562 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda = 683 \cdot 10^{-9} \text{ м} \pm 9.56 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лазеры нашли применение в самых различных областях — от коррекции зрения до управления транспортными средствами, от космических полётов до термоядерного синтеза. Газовые лазеры применяются в геодезических нивелирах, дальномерах и теодолитах; в метрологии – как эталоны частоты и времени; для записи голограмм. Лазеры на красителях и других рабочих средах используются для зондирования атмосферы. Мощные технологические лазеры на парах металлов и молекулах (в основном на  $\text{CO}_2$ ) – для резки, сварки и обработки металлов. Полупроводниковые лазеры используются в качестве прицелов ручного оружия, в проигрывателях компакт-дисков. Также полупроводниковый лазер пригоден для использования в качестве когерентного излучения при проведении демонстрационных экспериментов по физике, что я и представил в данной работе.