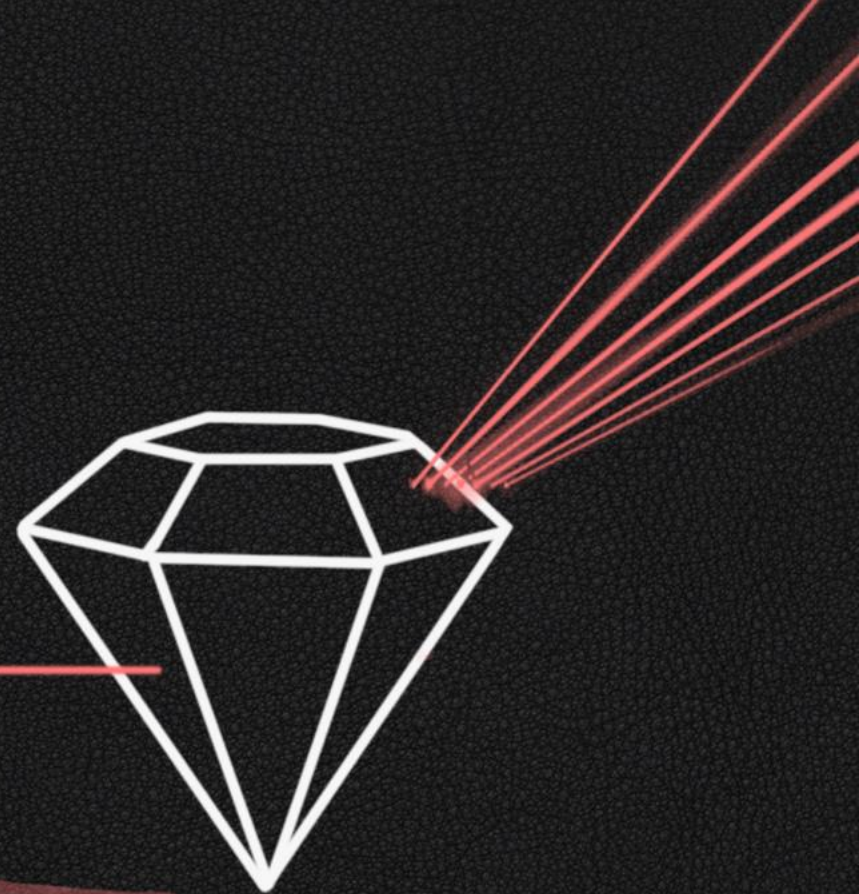


# Низкочастотные Процессы В Твердотельном лазере



Учебные заведения: ННГУ им. Лобачевского, ИПФ РАН

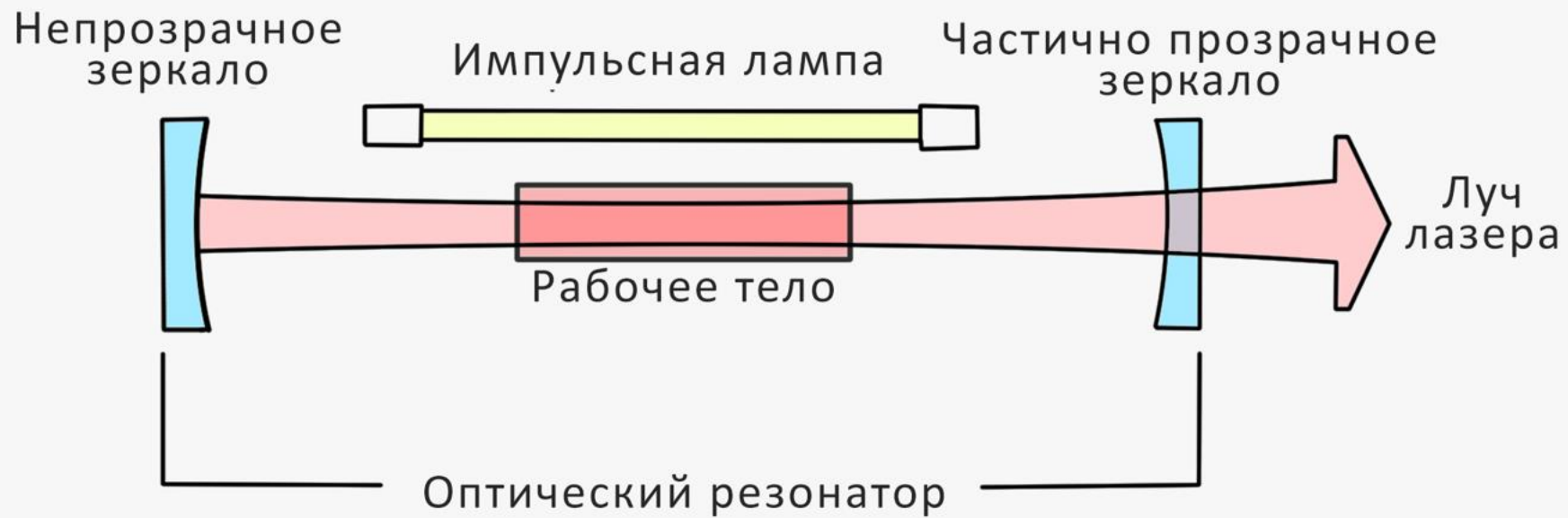
Работу выполняли: Соловьёв И.А., Чернова Н.Е., Курников Г.А. (2 курс)

Научный руководитель: Хандохин. П.А.

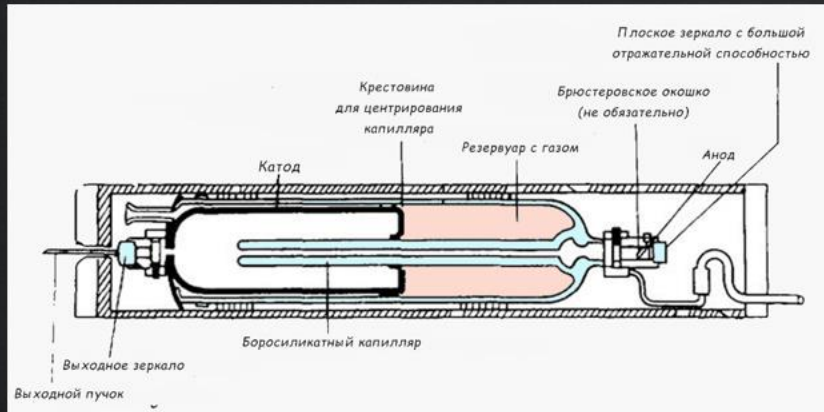
2019 год, осенний семестр



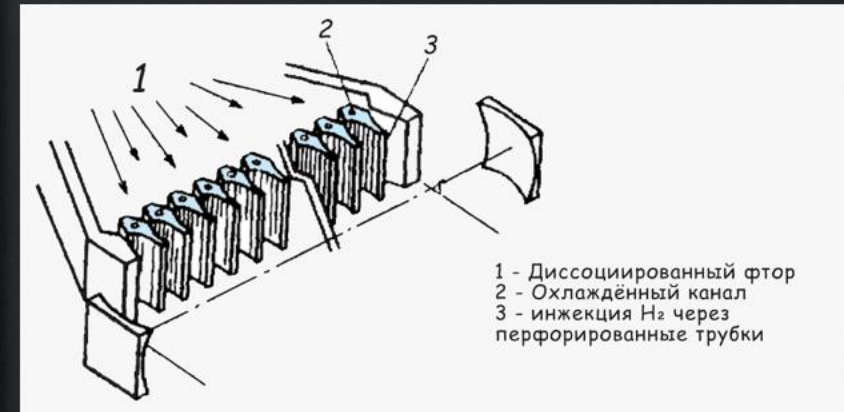
# УСТРОЙСТВО



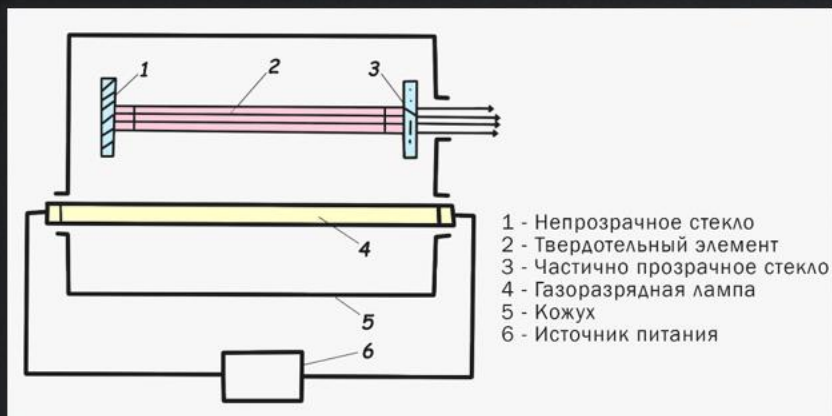
# ТИПЫ ЛАЗЕРОВ



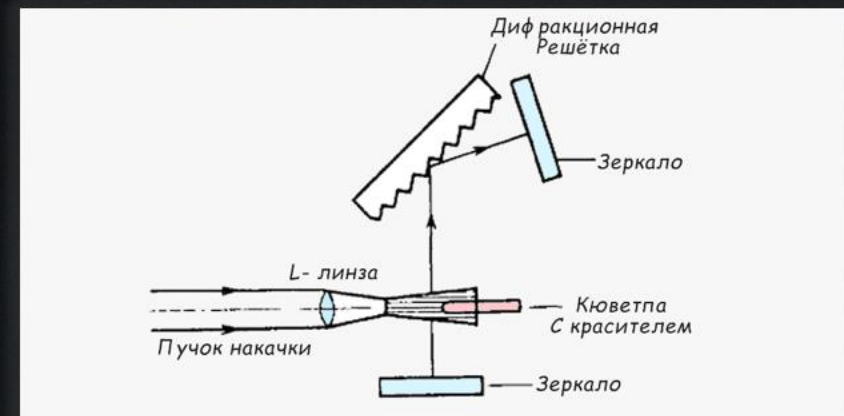
ГАЗОВЫЙ



НА КРАСИТЕЛЯХ



ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ

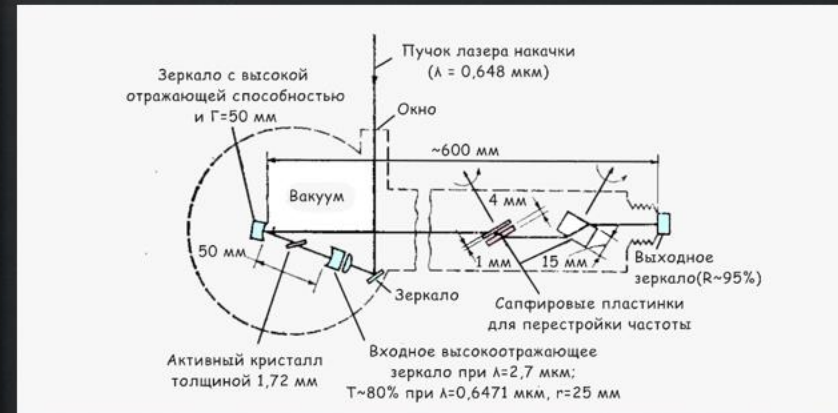


ХИМИЧЕСКИЙ

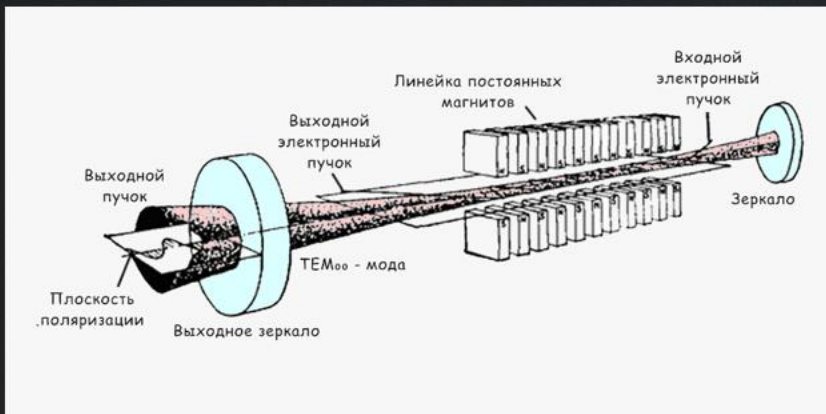
# ТИПЫ ЛАЗЕРОВ



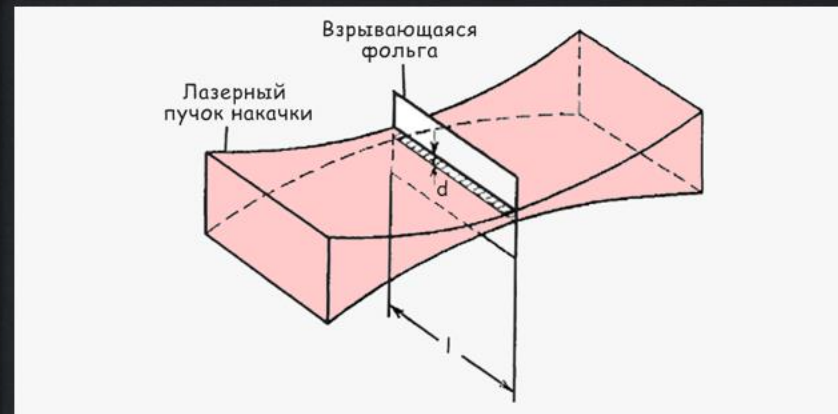
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ



НА ЦЕНТРАХ ОКРАСКИ



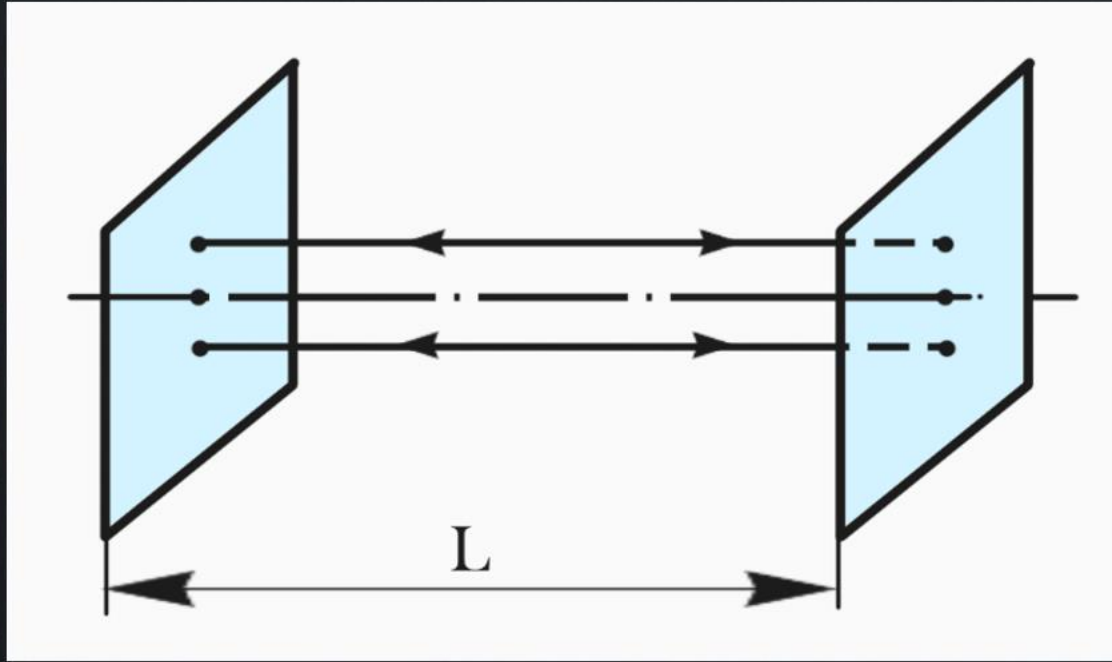
НА СВОБОДНЫХ  
ЭЛЕКТРОНАХ



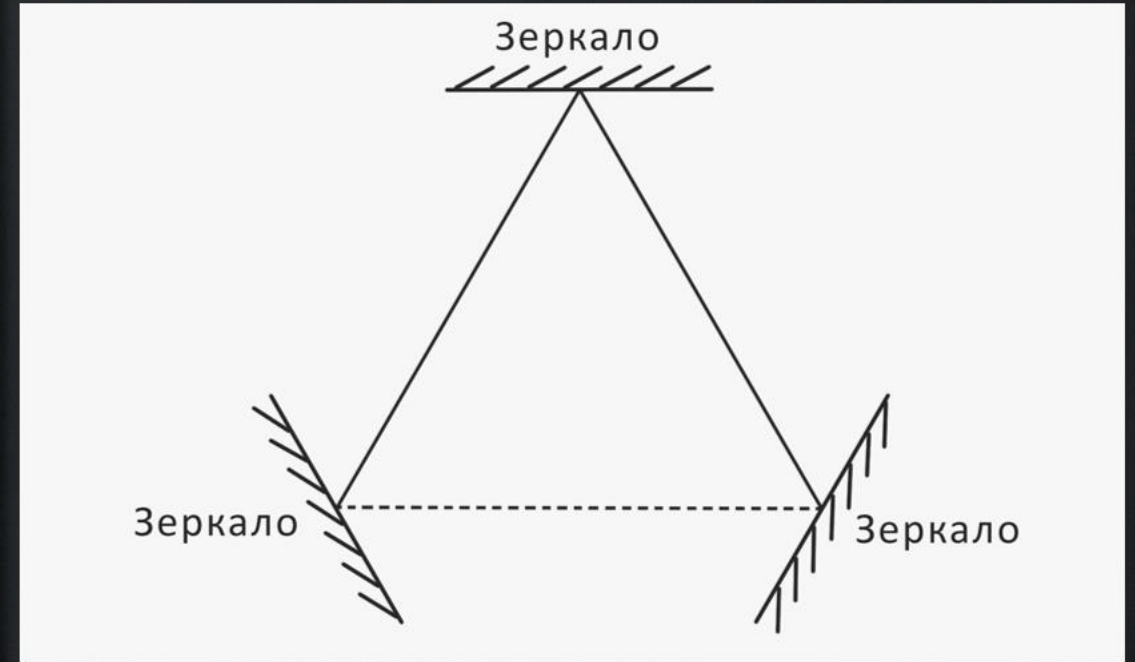
РЕНТГЕНОВСКИЙ



# ТИПЫ РЕЗОНАТОРОВ

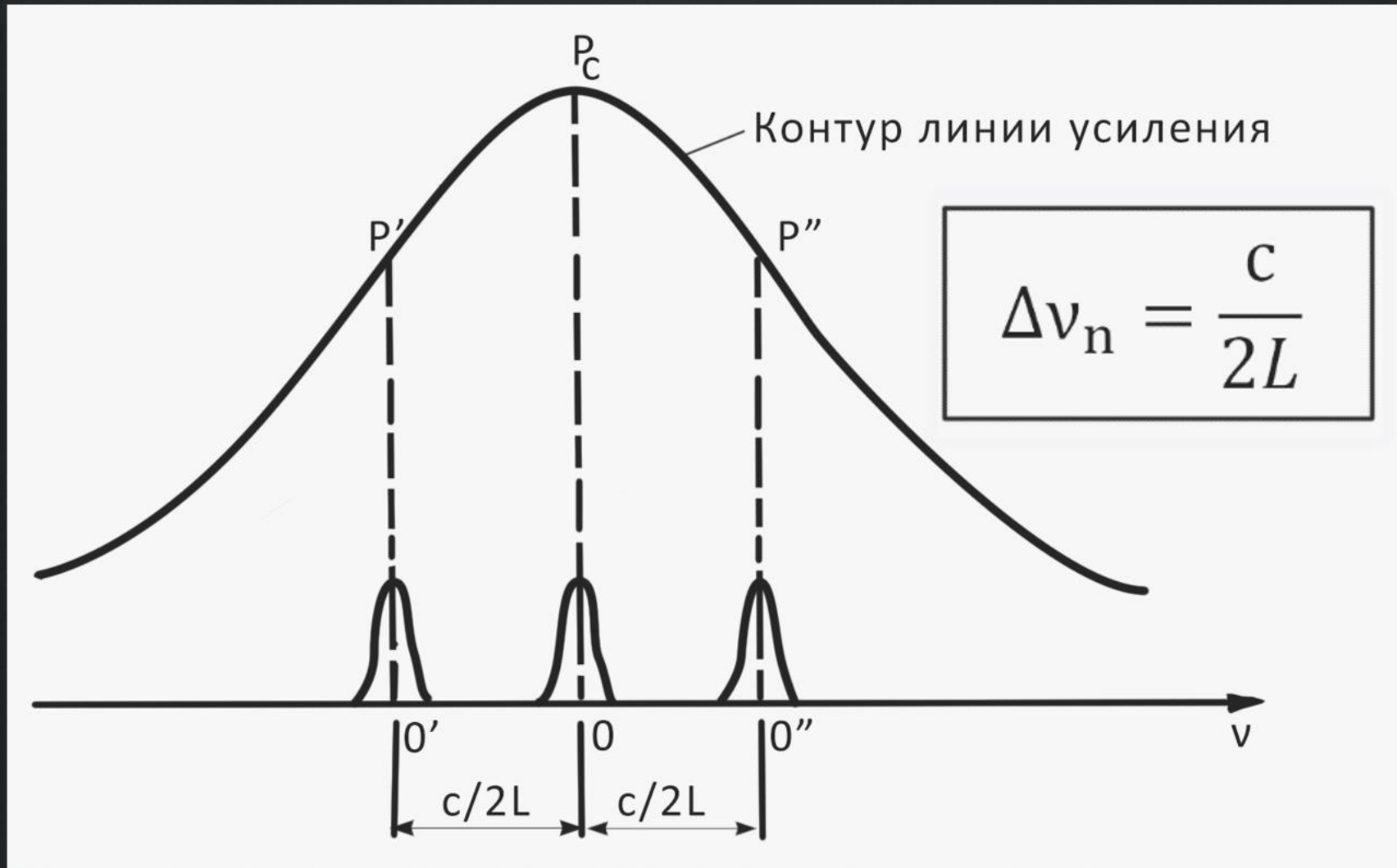


ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ

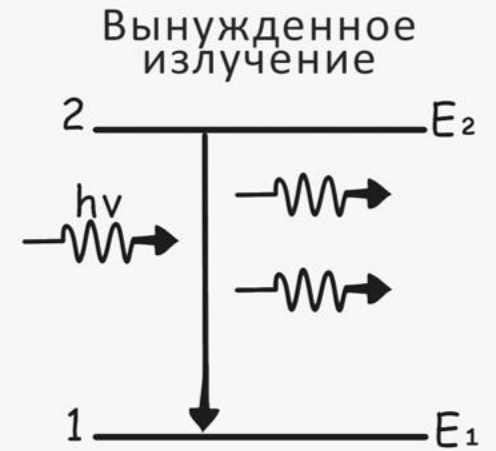
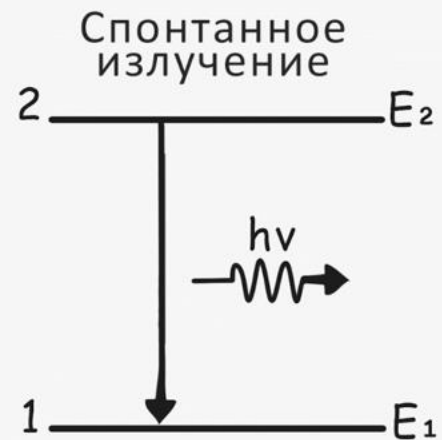
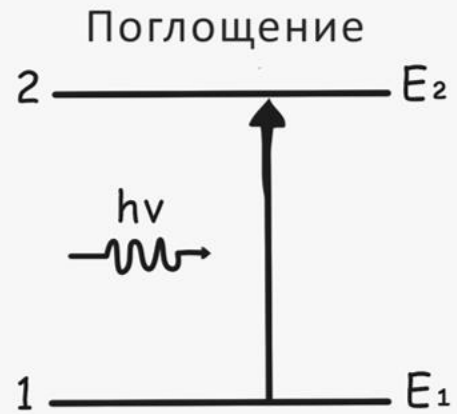


КОЛЬЦЕВОЙ

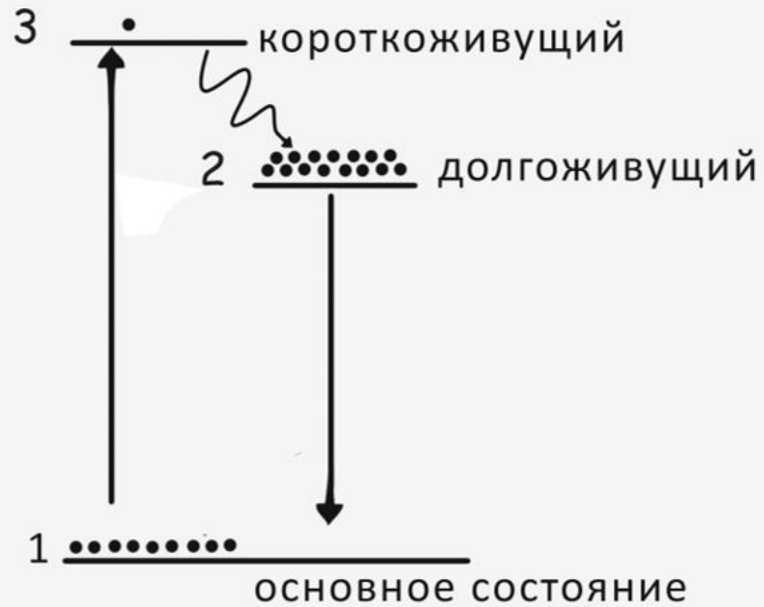
# МОДА РЕЗОНАТОРА



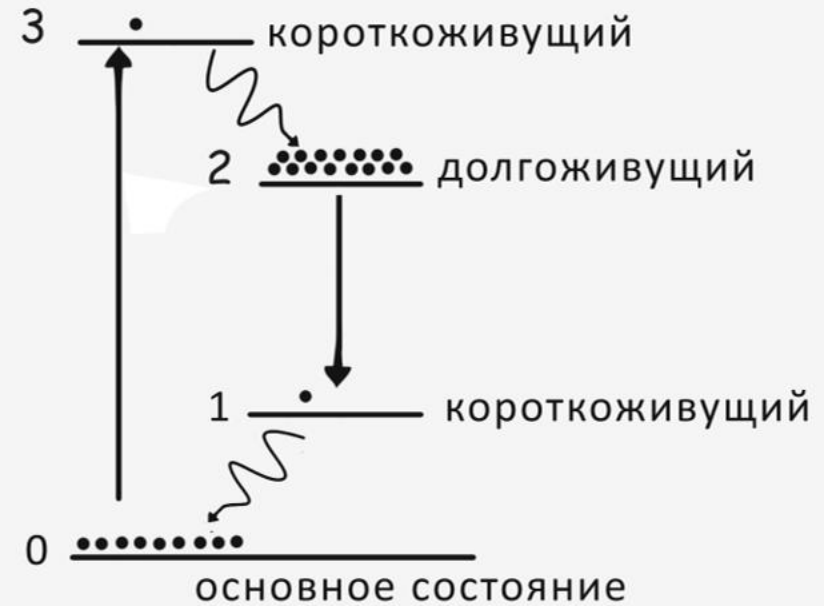
# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ



# ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАЗЕРА



ТРЁХУРОВНЕВАЯ СХЕМА



ЧЕТЫРЁХУРОВНЕВАЯ СХЕМА



# РЕЛАКСАЦИОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Балансные уравнения  
в одномодовом режиме

$$\frac{dI}{d\tau} = GI(N_0 - 1)$$

$$\frac{dN_0}{d\tau} = A - (1 + I)N_0$$

Нетривиальное стационарное состояние

$$\bar{I} = A - 1 \quad \bar{N}_0 = 1$$

$I$  – Интенсивность излучения

$N_0$  – Инверсия населённостей

$A = \frac{P_{\text{нак}}}{P_{\text{пор}}}$  – Параметр накачки

$$G = \frac{T_1}{T_c}$$

Решение уравнения

$$I = \bar{I} + \varepsilon \quad N_0 = \bar{N}_0 + \eta$$

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau} = G(A - 1)\eta \quad \frac{d\eta}{d\tau} = A\eta - \varepsilon$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \exp(\lambda\tau) \quad \eta = \eta_0 \exp(\lambda\tau)$$

$$\lambda^2 + \lambda A + G(A - 1) = 0$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{A}{2} \pm \sqrt{\frac{A^2}{4} - G(A - 1)}$$

$$\lambda_{1,2} \approx -\frac{A}{2} \pm i\sqrt{G(A - 1)}$$

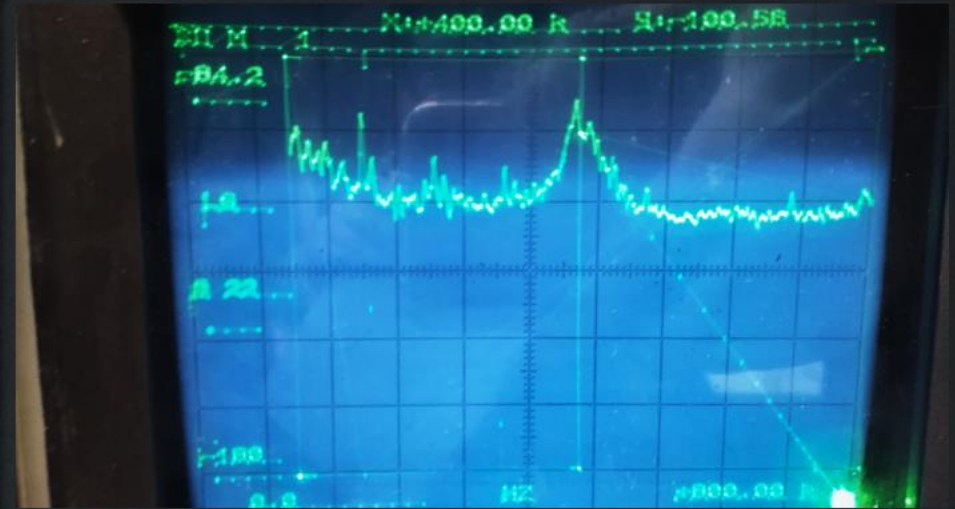
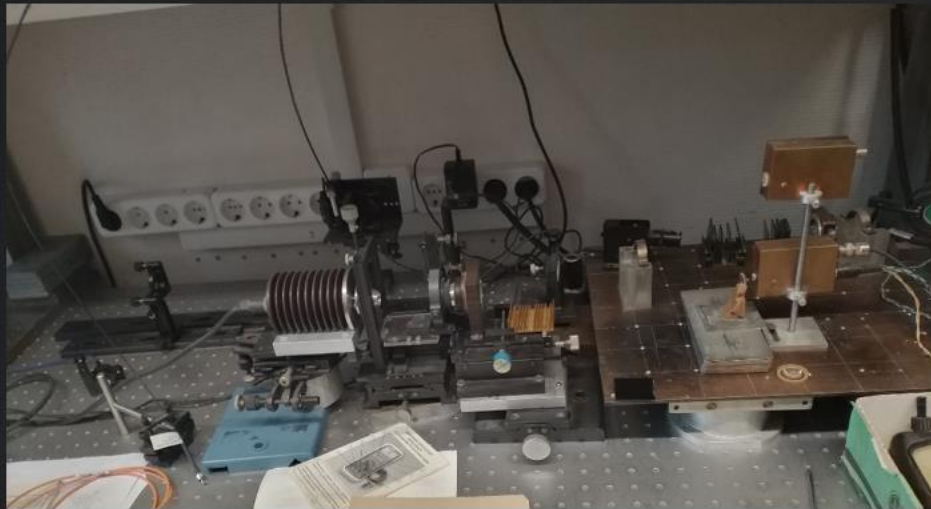
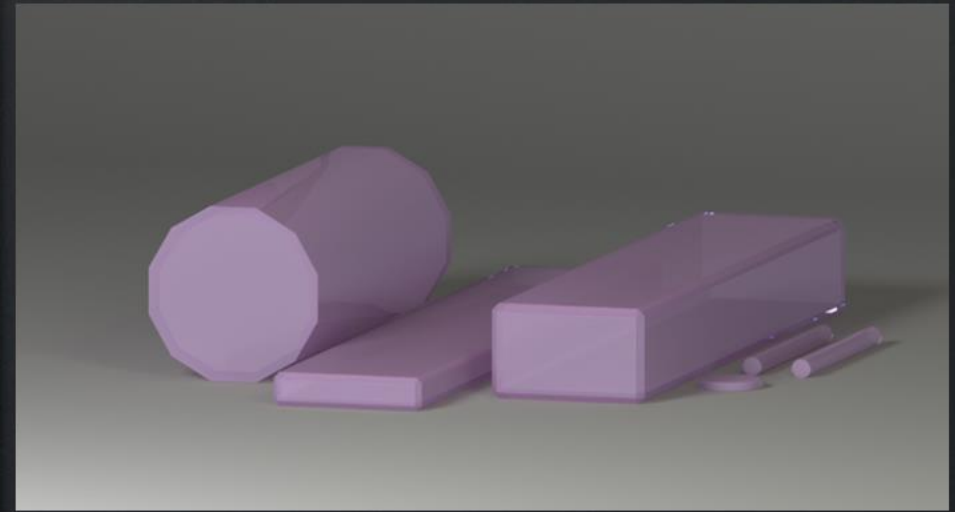
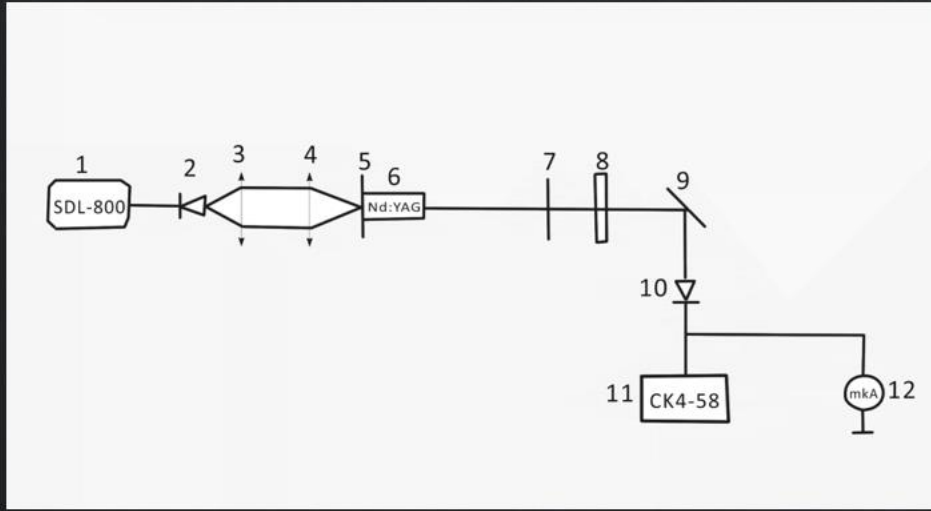
Частота затухающих колебаний

$$\Omega_R = \sqrt{G(A - 1)}$$

Декремент

$$\Theta_R = -A/2$$

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

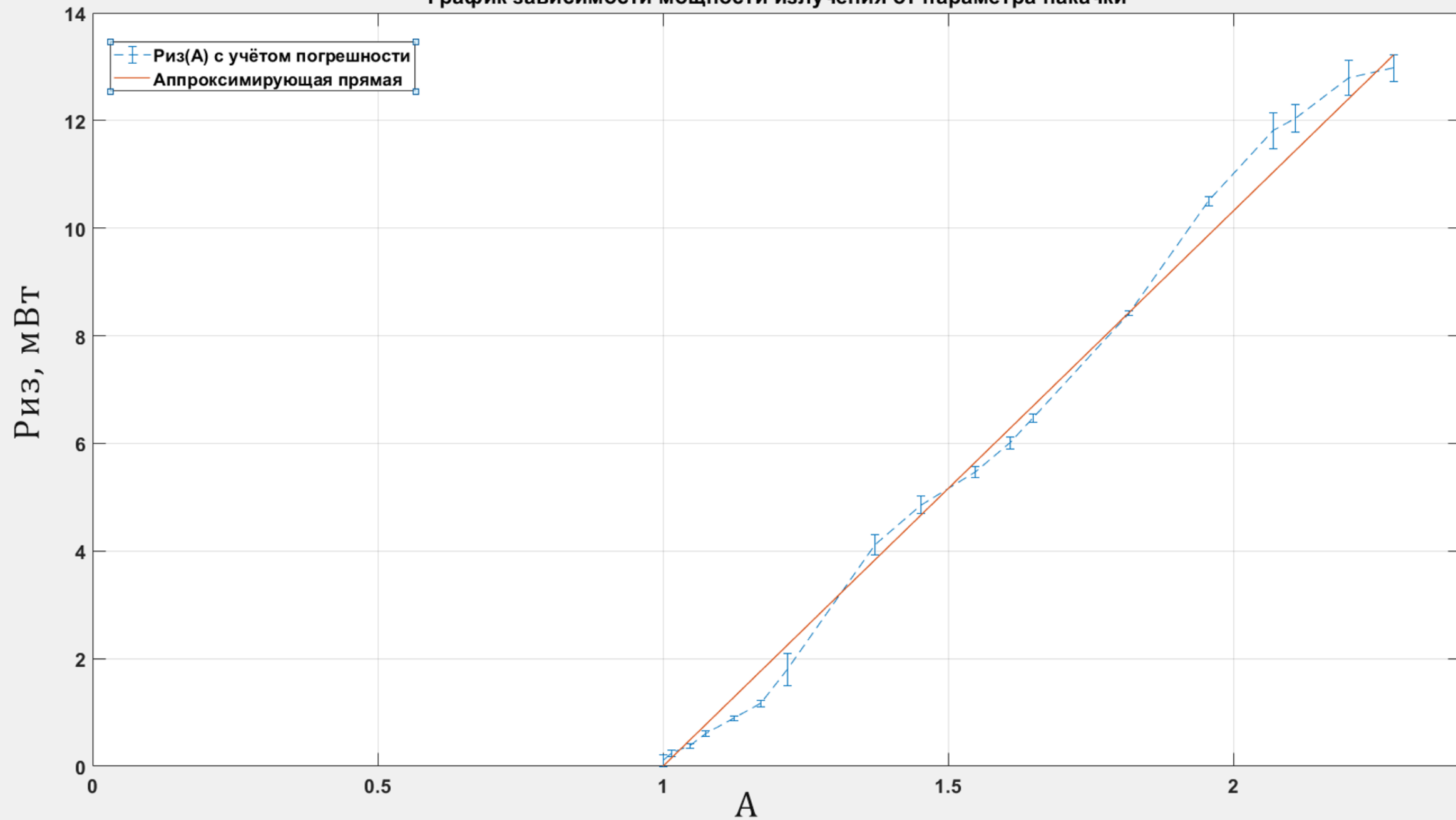




# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

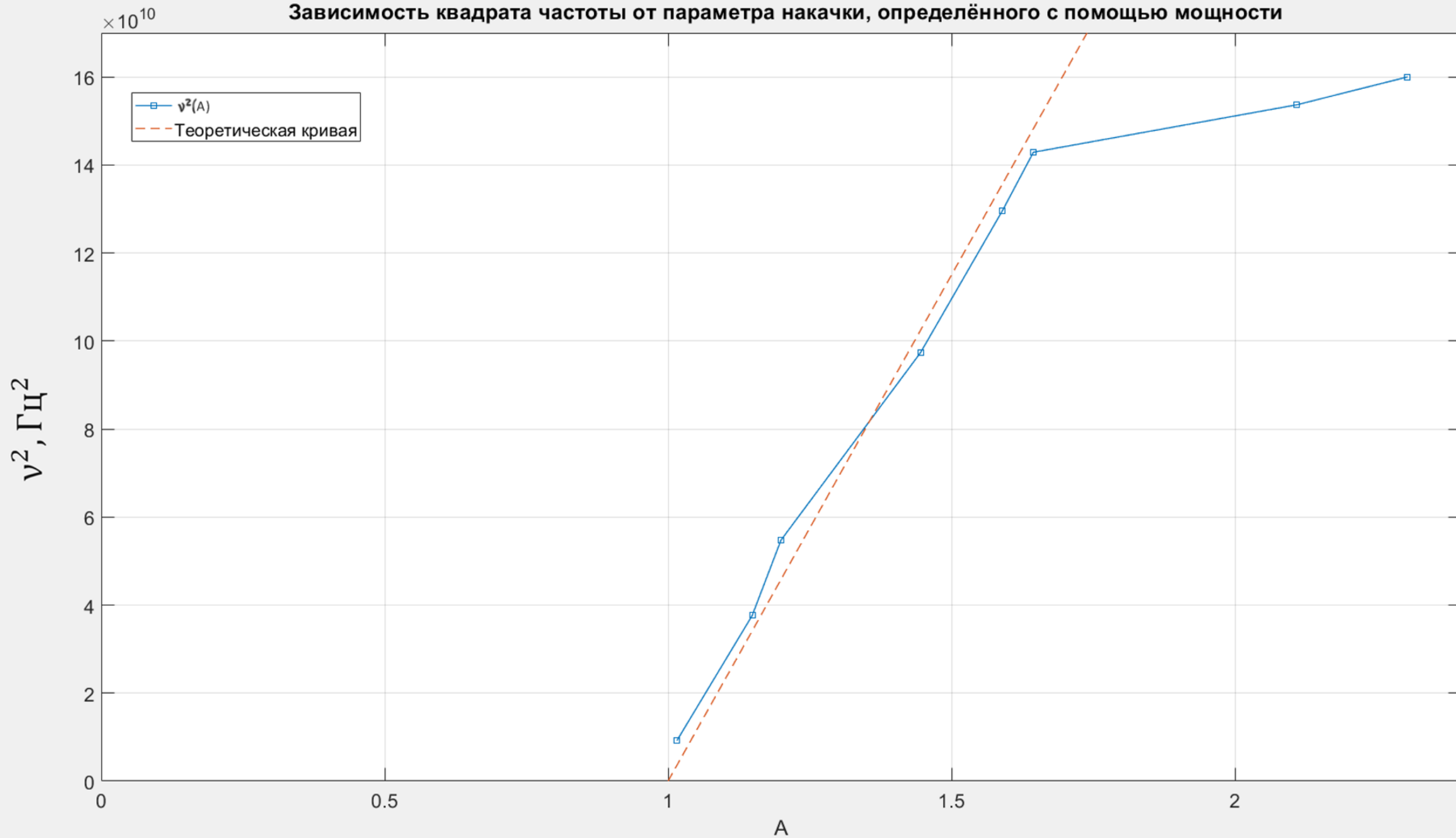


График зависимости мощности излучения от параметра накачки





Зависимость квадрата частоты от параметра накачки, определённого с помощью мощности



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

<b>A(P)</b>	1,032	1,185	1,229	1,452	1,535	1,592	2,083	2,293
<b><math>\Omega \cdot 10^2</math>, рад</b>	1,39	2,80	3,38	4,51	5,20	5,46	5,67	5,78
<b><math>\Omega^2</math>, рад<sup>2</sup></b>	1,93	7,86	11,44	20,33	27,07	29,84	32,09	33,41
<b><math>G \cdot 10^5</math></b>	6,02	4,25	4,99	4,50	5,06	5,04	2,96	2,58

$$A = \frac{P_{\text{нак}}}{P_{\text{пор}}} \quad G(A - 1) = \Omega^2 \quad \Omega = 2\pi\nu T_1 \quad T_1 = 0,23 \text{ мс} \quad T_c = T_1/G$$



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Расчёт произведения коэффициентов отражения  
по интенсивности зеркал резонатора

$$T_c^{\text{cp}} = 0,462 \text{ нс} \quad G_{\text{cp}} = 4,98 \cdot 10^5 \quad L = nl$$

$$\delta f = 0,344 \text{ ГГц} \quad \delta f = 1/2\pi T_c \quad \delta f_{\text{теор}} = \frac{-c \ln \sqrt{R_1 R_2}}{2\pi L}$$

$$R_1 R_2 = \exp\left(\frac{-4\pi^2 L^2 \delta f^2}{c^2}\right) \quad R_1 R_2 = 0,9984$$

# ВЫВОДЫ

- Изучили устройство лазера
  - Резонатор
  - Активная среда
  - Устройство накачки
- Провели эксперимент
- Познакомились с релаксационными колебаниями  $\Omega_R = \sqrt{G(A - 1)}$
- Произвели оценку пропускания зеркала  $R_1 R_2 = 0,9984$



# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

“Принципы лазеров”, О.Звелто

“Оптические квантовые генераторы”, Е.Ф.Ищенко, Ю.М.Климов

“Введение в физику лазеров”, Ф.Качмарек

Методическое пособие к лабораторной работе “Низкочастотные процессы в многомодовом твердотельном лазере”,  
П.А.Хандохин, И.В.Корюкин, Е.А.Овчинников

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

