



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ *им. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО*  
Национальный исследовательский университет

**Опτικο-акустический метод  
регистрации динамики  
растворения наночастиц кремния  
при модулированном лазерном  
облучении**

**Студент: Бондаренко Алексей Николаевич  
Научный руководитель: Машкович Евгений  
Александрович**

# Использование наночастиц в медицине

## Терапевтические методы

## Диагностические методы

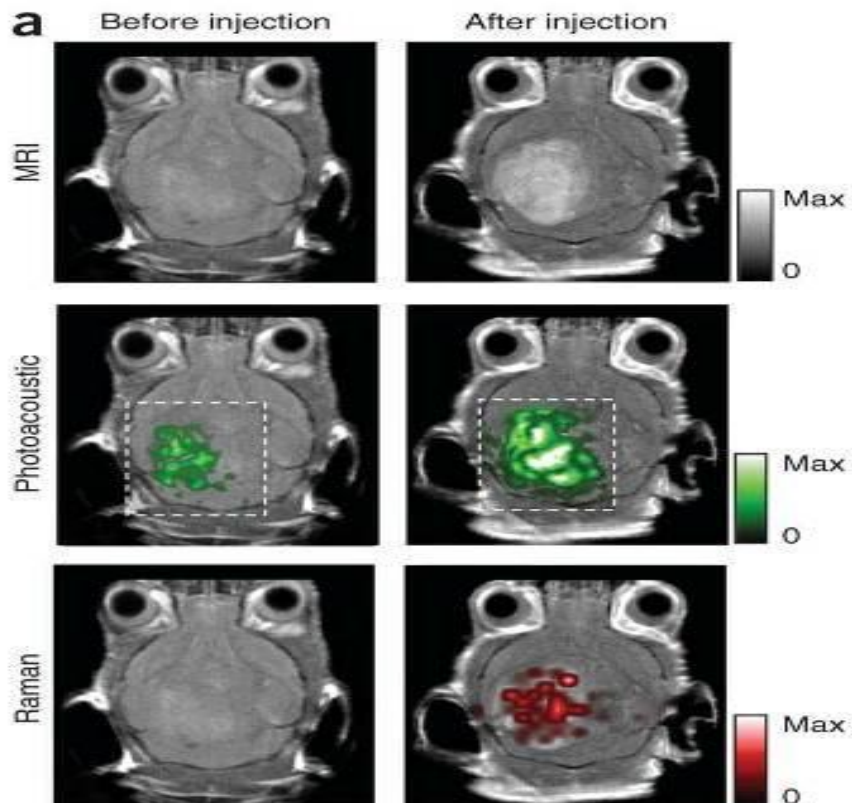
Активная адресная доставка      Пассивная адресная доставка

Наночастица-носитель

Лекарственное вещество

Распознающие элементы

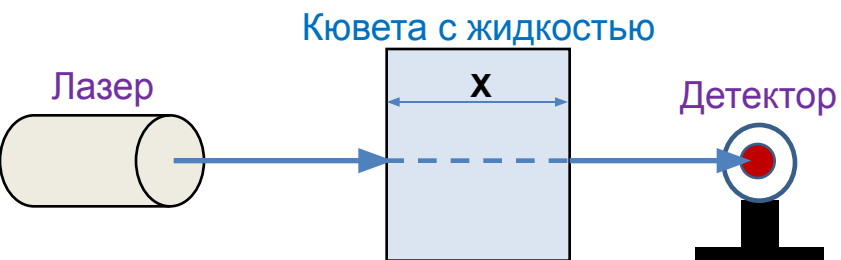
Защитная оболочка



# Методы измерения концентрации суспензии наночастиц

- 1) По интенсивности
- 2) Флуоресценция
- 3) Оптоакустика

## 1) Поглощательная спектроскопия



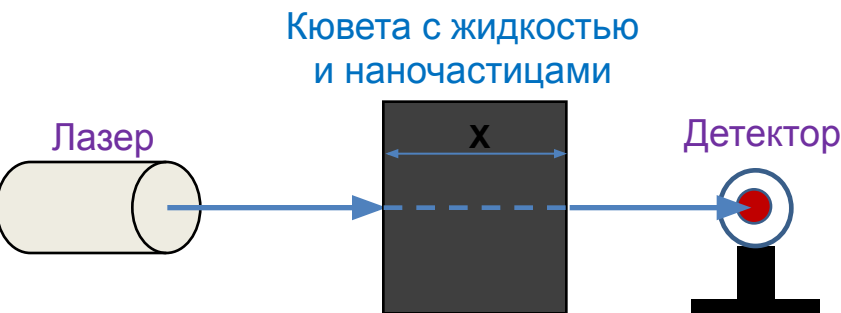
$$\alpha = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I}$$

$\alpha$  – коэффициент поглощения

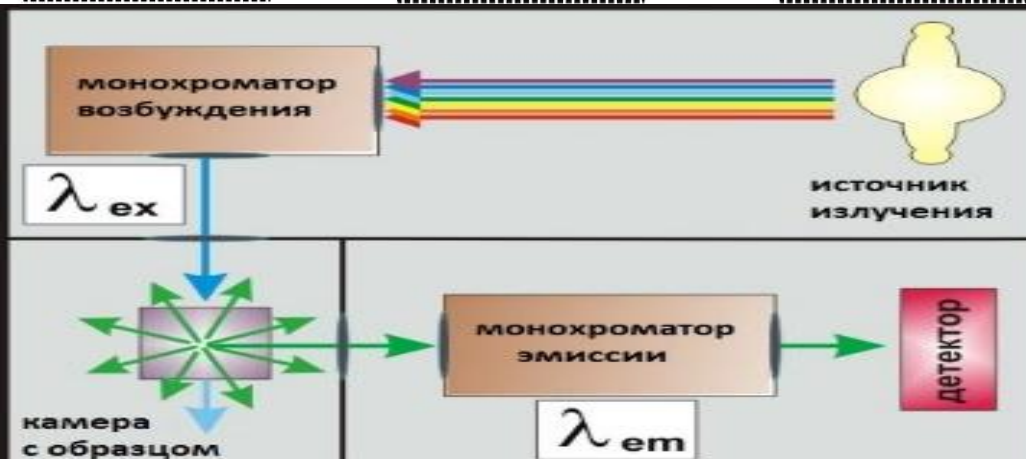
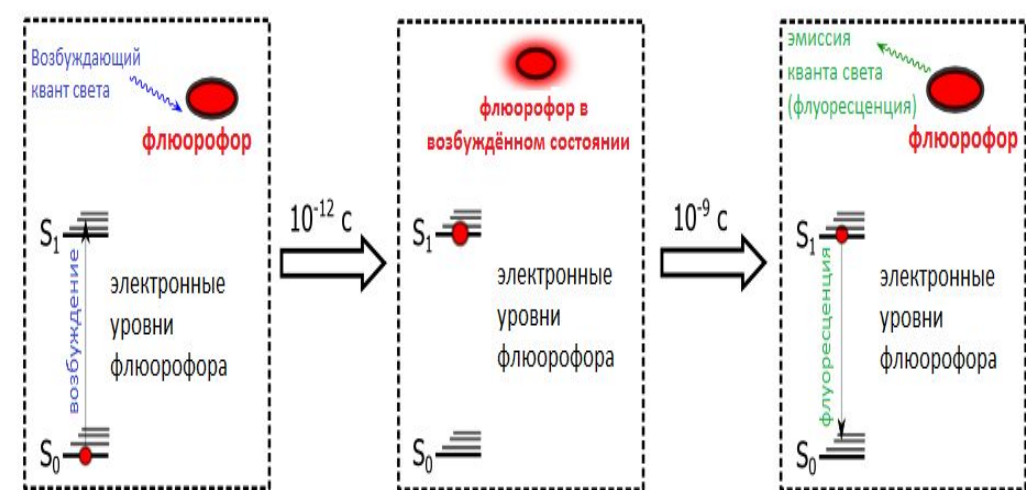
$I_0$  – интенсивность без наночастиц

$I$  – интенсивность с наночастицами

$x$  – длина пробега луча через кювету



## 2) Флуоресцентная спектроскопия



# Оптоакустика



**Модулированная  
оптоакустика**

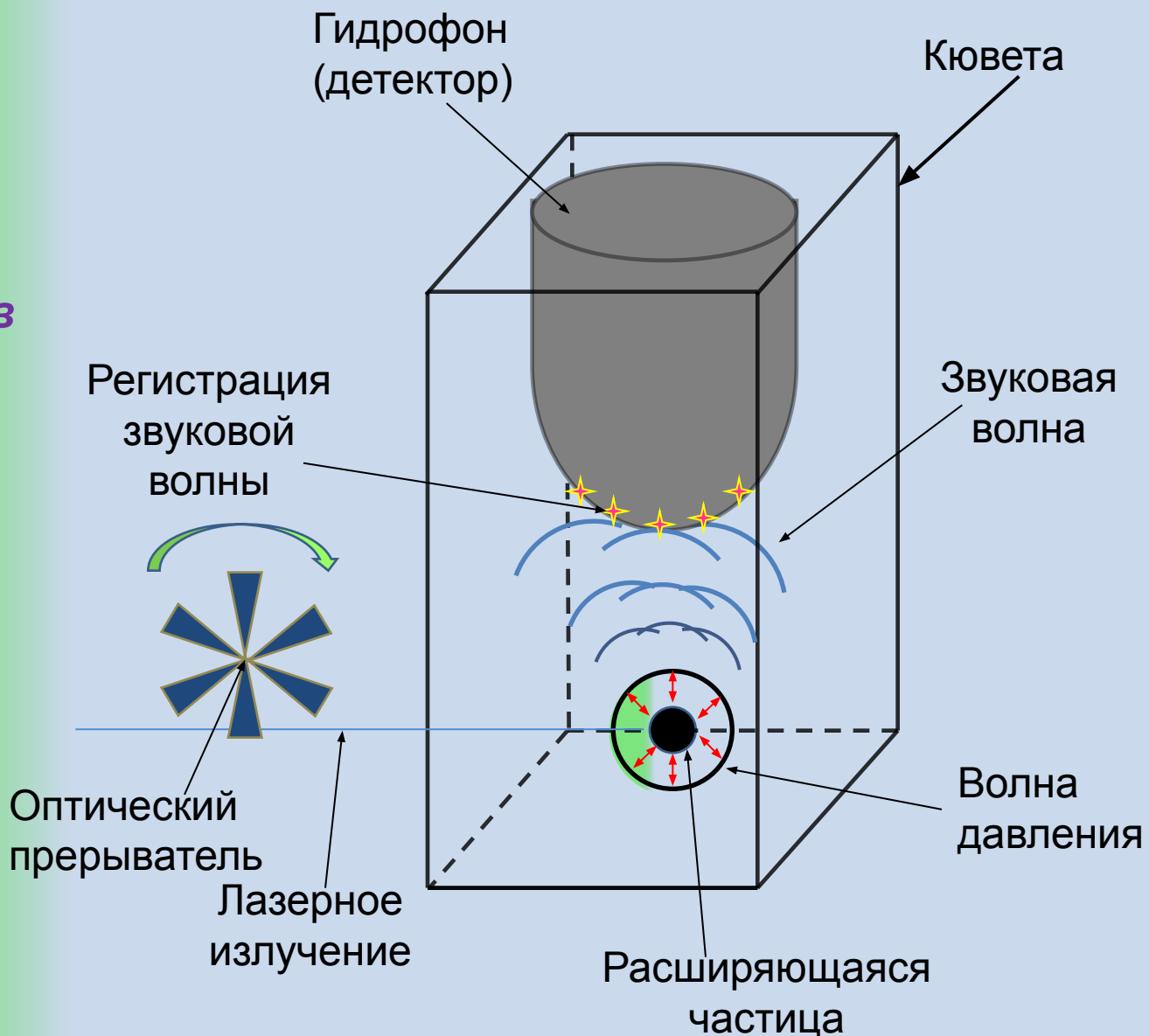


**Импульсная  
оптоакустика**

## Отличия методов:

- Непрерывный лазер
- Скважность примерно равна единицы
- Использование пьезокерамического резонансного датчика
- Синхронный приём на частоте модуляции
- Импульсный наносекундный лазер
- Большая скважность
- Использование широкополосного датчика
- Ширина полосы несколько МГц

# Модулированная оптоакустика



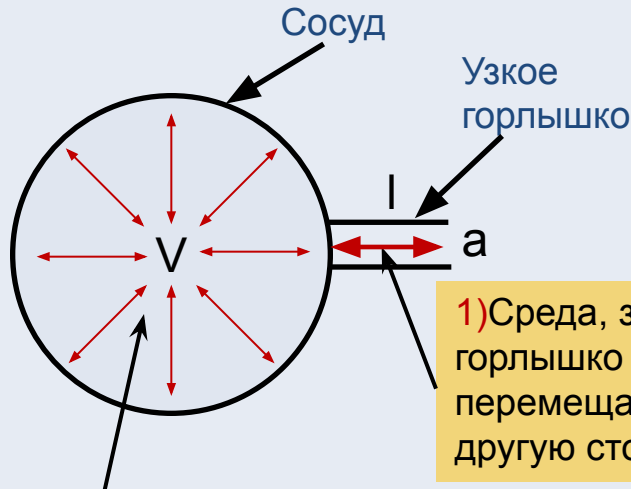
# Резонатор Гельмгольца

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{Vl}}$$

**c** – скорость звука в образце  
**l** – длина горлышка  
**a** – площадь сечения  
**V** – объем сосуда

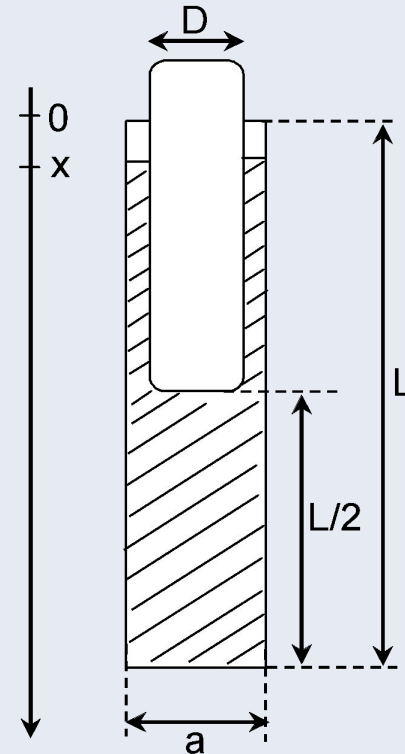
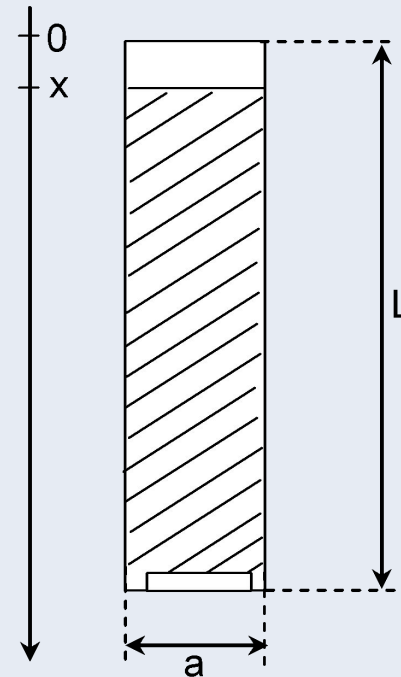
а) детектор на дне кюветы.

б) детектор в кювете.



1) Среда, заполняющая горлышко начинает перемещаться в одну и другую сторону

3) Разность давлений на концах горлышка (атмосферное и внутреннее) и узость горлышка приводят к увеличению скорости среды внутри горлышка.



2) Из-за перемещения среды в горлышке, среда в сосуде испытывает сжатие и разрежение, тем самым изменяя давление

$$f = \frac{c}{2\pi} * \frac{1}{L-x}$$

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{a^2 - \pi D^2 / 4}{a^2 \frac{L}{2} \left( \frac{L}{2} - x \right)}}$$

**УСЛОВИЯ:**

$$V_{\text{сосуда}} \gg V_{\text{горлышка}}$$

$$l > a$$

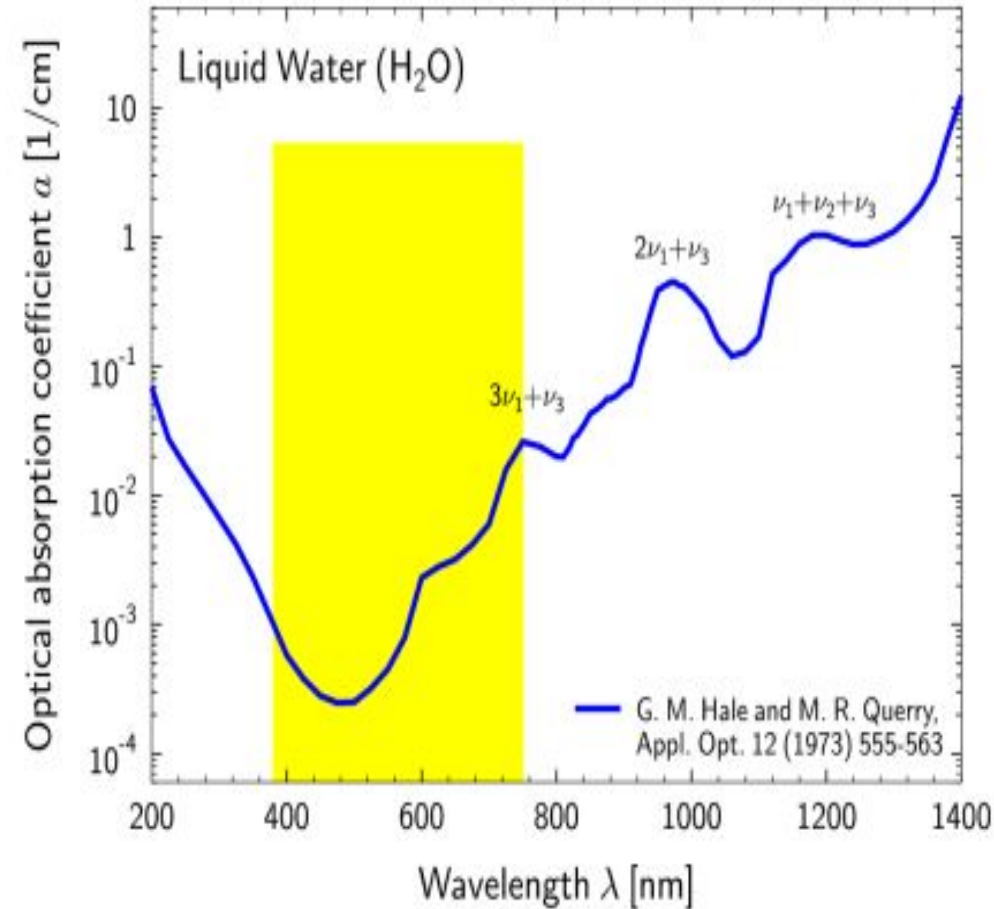
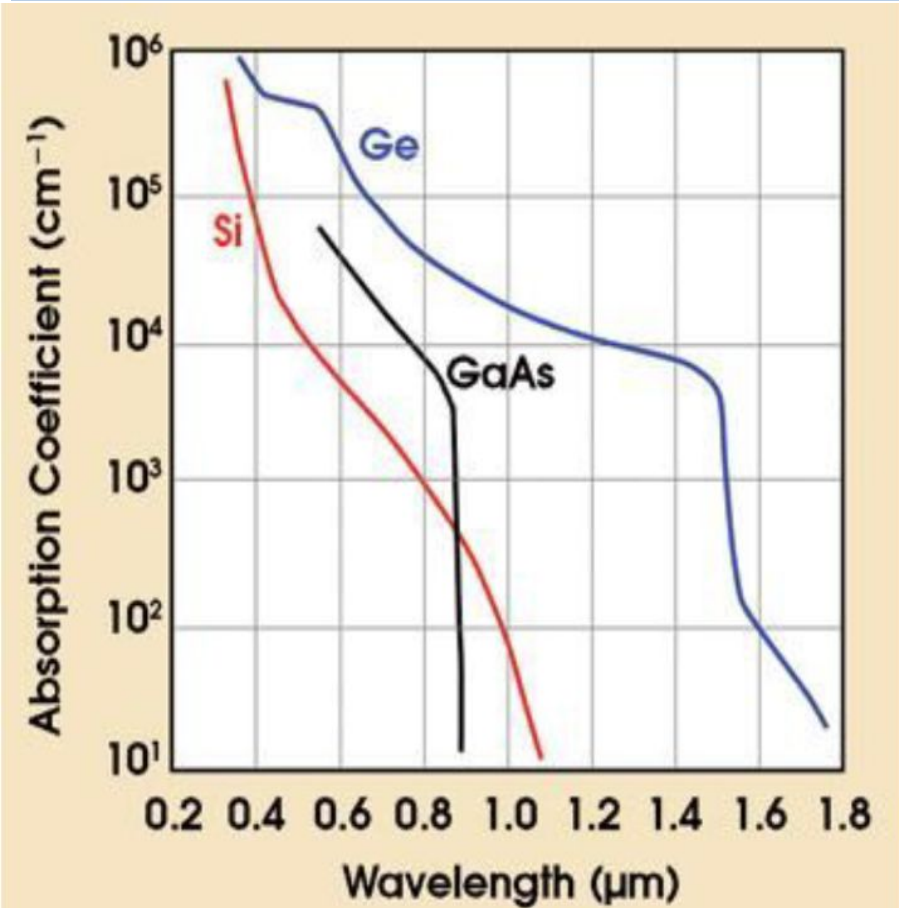
### Зависимость частоты от амплитуды сигнала



### Зависимость частоты от заполнения кюветы образцом



# Выбор лазера при CW оптоакустике



В эксперименте был использован CW лазер с длиной волны 445нм.

380 нм: H<sub>2</sub>O/Ge –6\*10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si –10<sup>-7</sup>

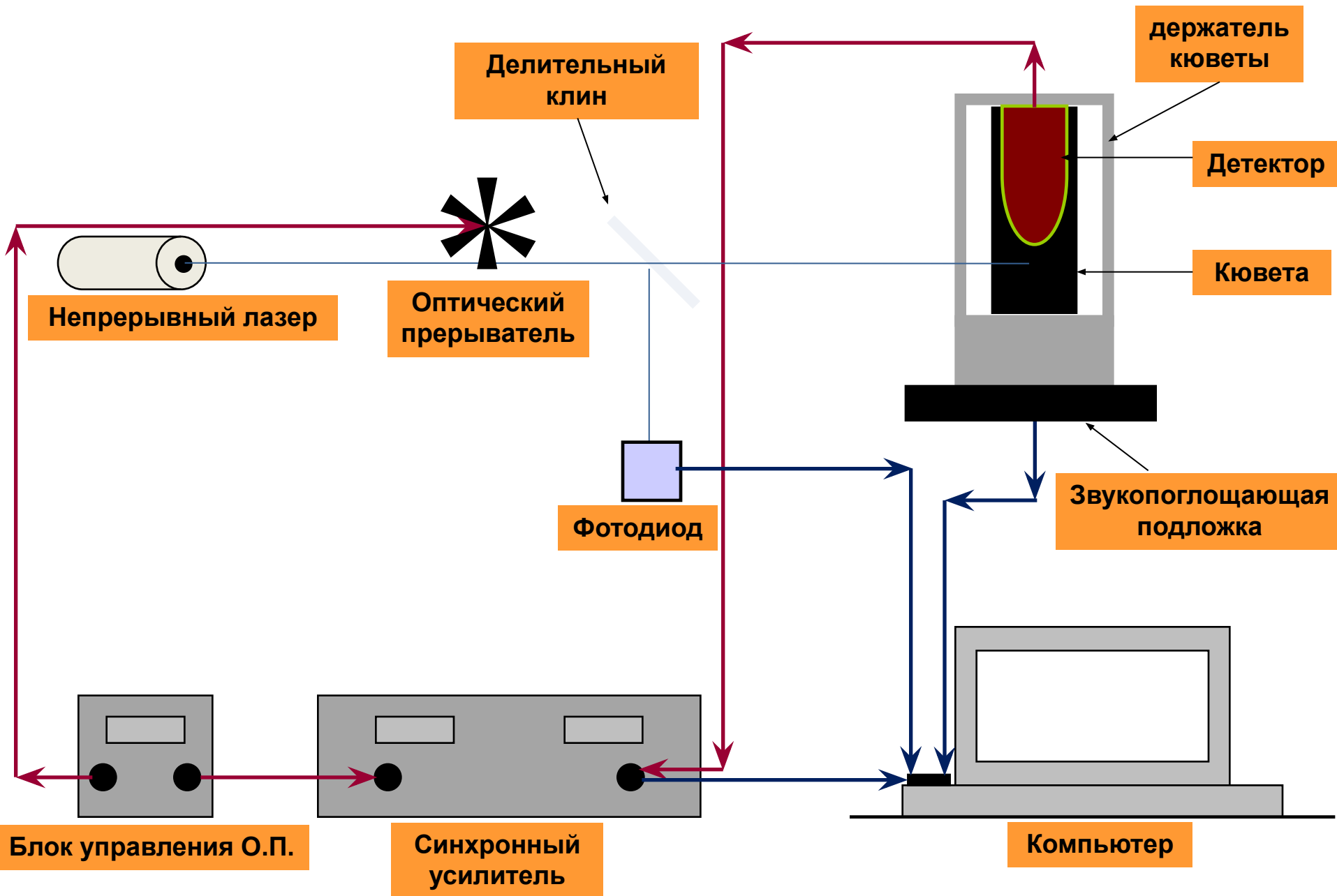
445 нм: H<sub>2</sub>O/Ge –10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si –2\*10<sup>-7</sup>

532 нм: H<sub>2</sub>O/Ge –10<sup>-8</sup>; H<sub>2</sub>O /Si –4\*10<sup>-7</sup>

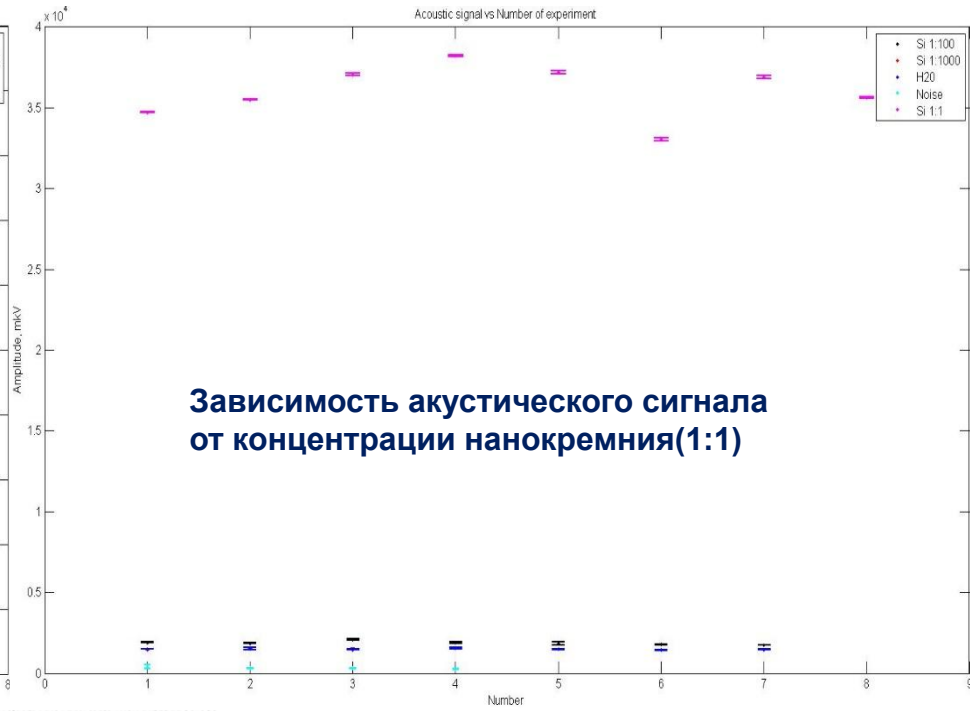
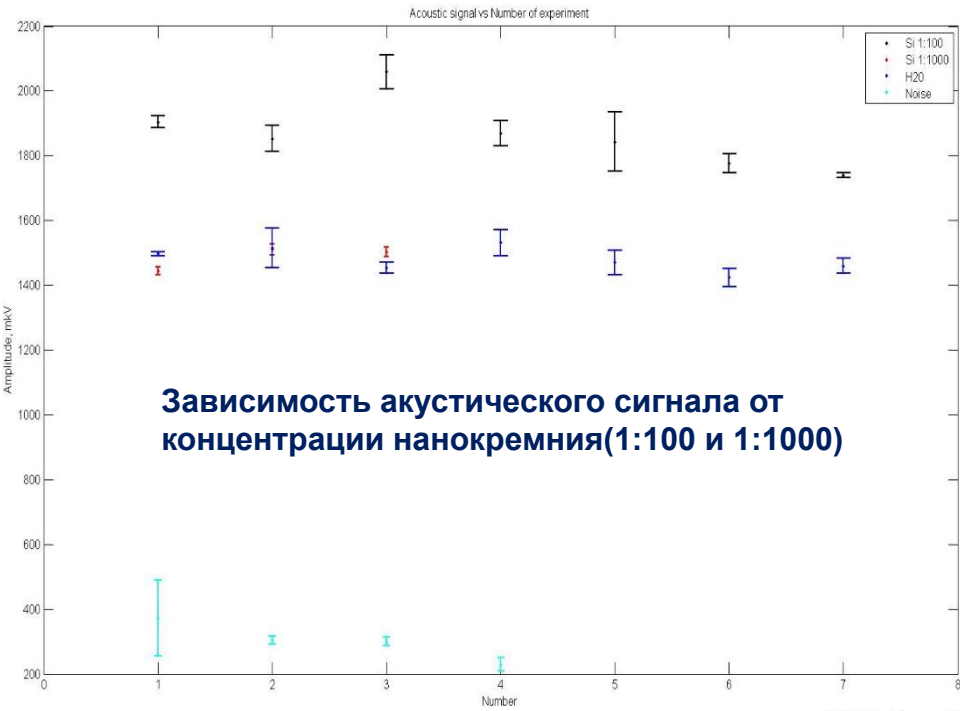
800 нм: H<sub>2</sub>O/Ge –10<sup>-5</sup>; H<sub>2</sub>O /Si –5\*10<sup>-4</sup>



# Схема модулированной оптоакустики



# Предварительные эксперименты



# Выводы

- Был освоен способ измерения концентрации суспензии вещества с помощью метода модулированной оптоакустики.
- Изучена зависимость акустического сигнала от частоты модуляции.
- Проведено сравнение полученных результатов с теоретической моделью.
- Выявлено, что уровень жидкости в кювете сильно влияет на акустический сигнал.
- Начата подготовка программного комплекса для одновременного снятия акустического сигнала, температуры кюветы и мощности лазера.



**Спасибо за внимание!**