

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Физические основы применения лазеров в медицине и экологии

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы  
Квантовая радиофизика и лазерная физика

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 Физические основы применения лазеров в медицине и экологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Знание современных проблем и новейших достижений в области лазерной биомедицины. Умение и навыки использования новейших достижений в области лазерной биомедицины для решения научно-исследовательских задач Готовность к использованию в своей научно-исследовательской деятельности знаний современных проблем и новейших достижений в области лазерной биомедицины  ПК-1.2: Знание современных проблем и новейших достижений в области лазерной биомедицины. Умение и навыки использования новейших достижений в области лазерной биомедицины для решения научно-исследовательских задач Готовность к использованию в своей научно-исследовательской деятельности знаний	Разноуровневые задания Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

		современных проблем и новейших достижений в области лазерной биомедицины		
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знание основных физических моделей и принципов функционирования лазерных систем в биомедицине.</p> <p>Умение и навыки использования базовых знаний о применении лазерных технологий в биомедицине для решения научно-исследовательских задач в профессиональной деятельности</p> <p>Владение опытом использования знаний в области лазерной физики и биомедицины при решении научно-исследовательских задач</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знание основных физических моделей и принципов функционирования лазерных систем в биомедицине.</p> <p>Умение и навыки использования базовых знаний о применении лазерных технологий в биомедицине для решения научно-исследовательских задач в профессиональной деятельности</p> <p>Владение опытом использования знаний в области лазерной физики и биомедицины при решении научно-исследовательских задач</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знание основных физических моделей и принципов функционирования лазерных систем в биомедицине.</p> <p>Умение и навыки использования базовых знаний о применении лазерных</p>	Разноуровневые задания Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>технологий в биомедицине для решения научно-исследовательских задач в профессиональной деятельности</p> <p>Владение опытом использования знаний в области лазерной физики и биомедицины при решении научно-исследовательских задач</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знание основных физических моделей и принципов функционирования лазерных систем в биомедицине.</p> <p>Умение и навыки использования базовых знаний о применении лазерных технологий в биомедицине для решения научно-исследовательских задач в профессиональной деятельности</p> <p>Владение опытом использования знаний в области лазерной физики и биомедицины при решении научно-исследовательских задач</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	75
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение. Физические модели взаимодействия лазерного излучения с биообъектами.	6	2		2	4
Тема 2. Распространение света в многослойных биотканях. Рассеяние и поглощение света биотканью.	14	4		4	10
Тема 3. Механизмы воздействия лазерного излучения на биообъекты.	8	2		2	6
Тема 4. Физические основы применения лазеров в биомедицине (измерения и диагностика)	12	4		4	8
Тема 5. Методы ИК – молекулярной спектроскопии	8	2		2	6
Тема 6. Методы спекл-интерферометрии в оценке параметров кровотока	8	2		2	6
Тема 7. Оптическая когерентная томография	8	2		2	6
Тема 8. Диагностика заболеваний по анализу выдыхаемого воздуха. Оптико-акустическая регистрация поглощения лазерного излучения молекулярными газами.	8	2		2	6
Тема 9. Биомедицинские волоконно-оптические датчики и зонды. Биочипы.	8	2		2	6
Тема 10. Лазерный микроспектральный анализ в биомедицинских исследованиях.	8	2		2	6
Тема 11. Физические основы применения лазеров в медицине (хирургия, косметология и т.п.)	12	6		6	6
Тема 12. Современные тенденции использования лазерных источников в биомедицине	7	2		2	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

### Содержание разделов и тем дисциплины

В процессе изучения дисциплины используется основная образовательная технология: проблемный метод изложения материала с наглядной демонстрацией изучаемых систем с помощью мультимедийных средств обучения. Лекционный материал дополняется наглядной демонстрацией лазерных систем и элементов, представленных в научно-исследовательских лабораториях кафедры.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор лекционного материала,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы,
- подготовка к аттестации

Текущий контроль усвоения моделей и понятий проводится путем проведения тестовых опросов непосредственно в процессе изложения материала

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Предложить возможные варианты применения лазеров для детектирования газов на выходе из хроматографической колонки.
2. Обосновать влияние характеристик лазерного излучения на повышение чувствительности молекулярной газовой спектроскопии.
3. Предложить оптическую схему лазерного абсорбционного спектроанализатора выдыхаемого воздуха.

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

1. Получить выражение для оценки чувствительности широкополосного метода ВРЛС. Объяснить зависимость чувствительности от лазерных параметров.
2. Обосновать преимущества использования когерентных источников излучения при формировании оптико-акустического сигнала при исследовании многокомпонентных газовых смесей.
3. Предложить методы регистрации оптико-акустического сигнала. Провести сравнительный анализ чувствительности метода.
4. Провести сравнительный анализ современных лазерных источников излучения, которые можно использовать в оптико-акустических газоанализаторах.

##### **Критерии оценивания (оценочное средство - Разноуровневые задания)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина,

Оценка	Критерии оценивания
	сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Виды взаимодействия лазерного излучения с живыми объектами. Структура биологических тканей и клеток
2. Рассеяние и поглощение света биотканью.
3. Методы измерения оптических параметров биотканей
4. Однофотонная флуоресценция, многофотонная флуоресценция Фотохимическое воздействие излучения на биоткани
5. Методы исследования многокомпонентных газовых смесей. Требования к характеристикам газового анализа.
6. Области применения оптико-калориметрических методов в биологии и медицине. Нахождение вероятности перехода из спектров поглощения молекул.
7. Метод газовой хроматографии.
8. Диффузионная оптическая томография.
9. Формирование спеклов и интерферометрия рассеивающих сред. Медицинские волоконные световоды и облучатели биотканей Оптические сенсоры для детектирования молекулярных газов Время-пролётный масспектрометр.
10. Метод люминесцентного анализа белков и молекул ДНК.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Виды взаимодействия лазерного излучения с живыми объектами. Структура биологических тканей и клеток
2. Рассеяние и поглощение света биотканью.
3. Методы измерения оптических параметров биотканей
4. Однофотонная флуоресценция, многофотонная флуоресценция Фотохимическое воздействие излучения на биоткани

5. Методы исследования многокомпонентных газовых смесей. Требования к характеристикам газового анализа.
6. Области применения оптико-калориметрических методов в биологии и медицине. Нахождение вероятности перехода из спектров поглощения молекул.
7. Метод газовой хроматографии.
8. Диффузионная оптическая томография.
9. Формирование спеклов и интерферометрия рассеивающих сред. Медицинские волоконные световоды и облучатели биотканей Оптические сенсоры для детектирования молекулярных газов  
Время-пролётный масспектрометр.
10. Метод люминесцентного анализа белков и молекул ДНК.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,



	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### **5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. В чём состоит преимущество медицинской диагностики по анализу выдыхаемого воздуха перед традиционными лабораторными методами?
2. Какие не лазерные методы исследования многокомпонентных газовых смесей применяются в настоящее время?
3. На чём основаны методы молекулярной спектроскопии ИК и терагерцового диапазонов?
4. Обосновать требования к характеристикам спектрального анализа молекулярных газовых смесей.
5. Какие газы-маркёры используются при диагностике заболеваний? Какое приблизительное соотношение концентраций газов-маркёров в выдыхаемом воздухе у здоровых и больных пациентов при лёгочных заболеваниях?
6. Какие современные типы газоанализаторов существуют?
7. На чём основан метод газовой хроматографии? Принципиальная схема газового хроматографа. Чувствительность и точность анализа.
8. Объяснить принципы действия детекторов, используемых в газовых хроматографах.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Объяснить принцип действия время-пролётного лазерного массспектрометра.
2. Объяснить принцип действия оптического сенсора детектирования аммиака в интегральном исполнении.
3. Показать преимущества использования узкополосных перестраиваемых лазеров в молекулярной газовой спектроскопии.
4. Объяснить причины повышения чувствительности абсорбционной спектроскопии при размещении поглощающей ячейки внутри лазерного резонатора.

5. Обосновать преимущества использования когерентных источников излучения при формировании оптико- акустического сигнала при исследовании многокомпонентных газовых смесей.

6. Как найти величину сечение поглощения (например изотопов молекул CO<sub>2</sub> ), используя базу данных HITRAN?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» ИЛИ Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения : [сб. ст.] / АН СССР, Науч. совет по проблемам биол. физики, Ин-т биол. физики ; отв. ред. А. Б. Рубин. - М. : Наука, 1988. - 231 с. : ил. - ISBN 5-02-003942-X : 4.00., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Приезжаев Александр Васильевич. Лазерная диагностика в биологии и медицине. - М. : Наука, 1989. - 237, [1] с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП). - ISBN 5-02-014049-X : 1.60., 2 экз.

2. Янг Матт. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы = Optics and Lasers, Including Fibers and Optical Waveguides / пер. с англ. Н. А. Липуновой, О. К. Нания, В. В. Стратонович ; под ред. В. В. Михайлина. - М. : Мир, 2005. - 541 с. : ил. - ISBN 5-03-003457-9 (русск.) : 55.00., 2 экз.

3. Шмидт Вернер. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / пер. с англ. Н. П.

Ивановской ; под ред. С. В. Савилова. - М. : Техносфера, 2007. - 368 с., 6 полос цв. вклейки. - (Мир физики и техники ; II - 07). - ISBN 978-5-94836-140-6 : 978-3-527-29911-9 (нем.), 2 экз.

4. Жаров Владимир Павлович. Лазерная оптико-акустическая спектроскопия / отв. ред. А. М. Бонч-Бруевич ; АН СССР, Ин-т спектроскопии. - М. : Наука, 1984. - 320 с. : ил. - 3.90., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

А.А.Андронов, Н.Г.Захаров, А.В.Маругин, А.П.Савикин «Новые источники и приемники ИК и терагерцового диапазона» // Учебно-методическое пособие. Н.Новгород, ННГУ, 2007, 95с.  
[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_29082695\\_80673348.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_29082695_80673348.pdf)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Савикин Александр Павлович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Маругин Алексей Валентинович, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023 г., протокол № 09/23.