

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики



Рабочая программа дисциплины

СХЕМОТЕХНИКА БИОМЕДИЦИНСКИХ УСТРОЙСТВ

Направление подготовки бакалавриата

03.03.02 Физика

Профиль подготовки бакалавриата  
"Физика живых систем"

Квалификация (степень) выпускника  
*Бакалавр*

Форма обучения  
*очная*

Саратов,  
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Постнов Д. Э.		23.05.2022
Председатель НМК	Скрипаль А. В.		24.05.2022
Заведующий кафедрой	Тучин В. В.		23.05.2022
Специалист Учебного управления			

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств» является ознакомление обучающегося с принципами функционирования аналоговых и цифровых электронных устройств, составляющих основу аппаратной части систем сбора данных в биофизическом эксперименте, а также приборов медицинского назначения, что соответствует основной цели бакалавриата в части получения высшего образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности в РФ и за рубежом, обладать профессиональными компетенциями, способствующими его социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

Цели и задачи курса отвечают задачам подготовки бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Физика живых систем», в том числе задачам освоения методов научных исследований и их применения в инновационной деятельности. Цели курса соотнесены с профессиональными компетенциями ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Схемотехника биомедицинских устройств» относится к дисциплинам по выбору Блока1 «Дисциплины (модули)» в части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.05.02). Изучение данной дисциплины запланировано в 5 семестре.

Данная дисциплина дает необходимые сведения по принципам действия, разновидностям и методам анализа аналоговых и цифровых электронных устройств, составляющих аппаратную часть широкого спектра измерительных систем и вспомогательного оборудования, применяемых в биофизических экспериментах, а также в устройствах медицинской диагностики и терапии.

Для освоения данной дисциплины требуются общие знания из области физики и электротехники, полученные при изучении дисциплины «Электричество и магнетизм», 2 курс, 3 семестр.

Преподаваемый в рамках дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств» материал создает необходимую теоретическую и методологическую базу для последующего освоения дисциплины по выбору Блока1 «Дисциплины (модули)» в части, формируемой участниками образовательных отношений, «Медицинская электроника», 4 курс, 7 семестр.

Знания, умения и навыки, сформированные в рамках дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств», могут быть непосредственно применены обучающимися в их будущей профессиональной деятельности, а также при продолжении ими обучения в магистратуре по направлению 03.04.02 «Физика» (профиль «Биофотоника») являются частью базовых знаний по таким курсам как «Методы медицинской томографии», «Основы оптической биопсии», «Методы спектроскопии биологических сред» и «Спектрально-поляризационная диагностика биотканей».

### 3. Результаты обучения по дисциплине «Схемотехника биомедицинских устройств»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p><b>ПК-1.</b> Способен применять фундаментальные знания в теоретических и прикладных разработках в области физики живых систем</p>	<p><b>ПК-1.1.</b> Проводит критический анализ современной научно-технической литературы и информационных ресурсов.  <b>ПК-1.2.</b> Анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в последних разработках оборудования, применяемого в области физики живых систем.</p>	<p>Знать основные понятия, положения, законы и методы естественных наук и математики применительно к области физики живых систем.  Уметь применять основные понятия, положения, законы и методы естественных наук и математики при представлении адекватной современному уровню знаний научной картины мира.  Анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, определять элементы новизны в последних разработках оборудования, применяемого в области физики живых систем.  Владеть основными понятиями, положениями, законами и методами естественных наук и математики применительно к области физики живых систем.</p>
<p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению экспериментальных измерений и наблюдений, составлению описания результатов проводимых исследований в области физики живых систем</p>	<p><b>ПК-2.1.</b> Понимает физические основы методов и физиологических процессов, относящихся к живым системам.  <b>ПК-2.2.</b> Знаком с принципами действия измерительных приборов, аппаратно-программных комплексов, автоматизированного и метрологического оборудования в области физики живых систем.  <b>ПК-2.3.</b> Применяет методики проведения теоретических и экспериментальных физических исследований с помощью современной приборной базы.</p>	<p>Знать принципы действия радиоэлектронных элементов, типовые схемы их включения, структуру и основные разновидности функциональных блоков электронных устройств.  Уметь рассчитывать основные виды радиоэлектронных цепей, как пассивных, так и активных, включая расчет амплитудно-частотных характеристик пассивных фильтров.  Владеть основами анализа принципа действия электронного устройства и режимов работы его компонентов на основе принципиальной схемы, а также основами выбора адекватной схемной реализации устройств в соответствии с заданным функциональным назначением.</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен проводить исследования на базе современных информационных и коммуникационных технологий и технических средств</p>	<p><b>ПК-3.1.</b> Владеет методологией математического моделирования биофизических процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.  <b>ПК-3.2.</b> Применяет цифровую технику при обработке данных при соблюдении</p>	<p>Знать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; работу пакетов прикладных программ биофизического назначения.  Уметь обрабатывать и представлять экспериментальные данные; проводить медико-биологические, экологические, и научно-технические исследования с применением</p>

	основных требований информационной безопасности. <b>ПК-3.3.</b> Применяет современные информационные средства при подготовке данных при составлении обзоров, отчетов и научных публикаций.	технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов. Владеть навыками обработки и представления экспериментальных данных.
<b>ПК-4</b> Способен проводить подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ, связанных с научно-исследовательской деятельностью в области физики живых систем	<b>ПК-4.1.</b> Анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в разработке медицинской аппаратуры. <b>ПК-4.2.</b> Обладает умениями корректно заносить информацию в базы данных, составлять обзоры, отчеты и готовить научные публикации.	Знать требования и правила составления отчетов по исследовательским работам и по подготовке научных публикаций. Уметь анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, определять элементы новизны в разработке медицинской аппаратуры. Владеть навыками составления информации и занесения ее в базы данных, подготовки отчетов по научно-техническим работам; навыками подготовки технической и научной информации, полученной в результате экспериментальных исследований и теоретического анализа, включая математическое моделирование, для научно-технических отчетов и публикаций.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра)  Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практически		СР		Контроль
					общая трудоемкость	из них практическая подготовка			
1	Введение. Пассивные элементы электронных схем	5	1	2	2	1	1	Устный блиц-опрос	

2	Биполярные транзисторы	5	2	2	2	<u>1</u>	1		Устный блиц-опрос	
3	Операционные усилители (ОУ)	5	3	2	2	<u>1</u>	1		Устный блиц-опрос	
4	Полевые транзисторы	5	4	0	2	<u>1</u>	2		Устный блиц-опрос	
5	Усилители	5	5	2	2	<u>1</u>	1		Устный блиц-опрос	
6	Генераторы	5	6	0	2	<u>1</u>	2		Устный блиц-опрос	
7	Фильтры	5	7	2	2	<u>1</u>	1		Устный блиц-опрос	
8	Схемы нелинейных преобразований сигналов	5	8,9	2	4	<u>2</u>	1		Устный блиц-опрос	
9	Принципы цифровой электроники	5	10,1 1	2	4	<u>2</u>	1		Устный блиц-опрос	
10	Комбинационные схемы.	5	12	0	4	<u>2</u>	2		Устный блиц-опрос	
11	Триггеры и регистры	5	13	2	2	<u>1</u>	1		Устный блиц-опрос	
12	Счетчики и индикаторы	5	14	0	4	<u>2</u>	2		Устный блиц-опрос	
13	Шинная организация цифровых устройств	5	15,1 6	2	4	<u>2</u>	2		Устный блиц- опрос	
	Промежуточная аттестация	5						36	Экзамен	
	Итого за 5 семестр			18	36	<u>18</u>	18			
	Общая трудоемкость дисциплины	5		108						

## 4.2. Содержание дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств»

### 1. Введение.

Историческая справка по возникновению и развитию электроники и ее применений в физиологии и медицине. От опытов Гальвани до цифровых комплексов сбора информации.

### Аналоговая электроника

1. *Пассивные элементы электронных схем.* Резисторы и схемы делителей напряжения. Реактивные элементы: емкости и индуктивности. Закон Ома в комплексной форме. Полные сопротивления. Расчет пассивных RC-фильтров. Полупроводниковые диоды, разновидности и примеры применения.
2. *Биполярные транзисторы.* Принцип работы транзистора и основные соотношения, описывающие его работу. Схемы включения с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Малосигнальные параметры биполярного транзистора и характеристики для включения по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Каскад усиления по схеме ОЭ. Эмиттерный повторитель.
3. *Операционные усилители (ОУ).* ОУ как функциональный модуль электронных схем. Упрощенное модельное описание. Линейный режим работы ОУ. Схемы инвертирующего и неинвертирующего усилителя, повторителя на ОУ. Понятие виртуального заземления (виртуального короткого замыкания). Нелинейный режим работы ОУ. Схемы конвертеров отрицательного сопротивления с характеристикой  $N$ - и  $S$ -типа. Включение частотно зависимых и нелинейных элементов в цепь обратной связи ОУ. Интеграторы, дифференциаторы, логарифмический усилитель на ОУ. Построение аналоговых электронных схем по заданной модели в виде системы дифференциальных уравнений.
4. *Полевые транзисторы.* Устройство и принцип работы полевого транзистора с  $pn$ -переходом, его характеристики, схема включения в усилительном каскаде, ограничения на диапазон входного напряжения. Полевые транзисторы с изолированным затвором, со встроенным и с индуцированным каналом, их типовые характеристики и диапазон входного напряжения при включении по схеме с общим истоком. Типовые схемы усилительного каскада на полевых транзисторах. Цепочка автосмещения. Использование полевых транзисторов как электронных ключей.
5. *Усилители.* Проблемы каскадного усиления. Согласование выходных и входных сопротивлений. Обратные связи в усилителях. Частотные свойства типового двухкаскадного усилителя ОЭ. Частотная коррекция. Резонансные усилители. Усилители постоянного тока. Дифференциальный каскад. Двухтактные выходные каскады. Режимы работы мощного усилительного каскада.
6. *Генераторы.* Общие принципы построения схем генераторов незатухающих колебаний. Схемы генераторов квазигармонических колебаний: LC-генераторы по трехточечной схеме, RC-генераторы на мосте Вина, на трехзвенной цепочке. Релаксационные генераторы: простейший на газоразрядной лампе, релаксатор на ОУ, мультивибратор.

7. *Фильтры.* Задачи и проблемы при построении схем фильтрации сигналов. Типовые характеристики фильтров низших и высших частот, пути их улучшения. Принципы построения схем активных фильтров с использованием ОУ. Следящая обратная связь. Фильтры-пробки.
8. *Схемы нелинейных преобразований сигналов.* Основные типы нелинейных преобразований сигнала: модуляция, умножение и деление частоты, детектирование (демодуляция). Амплитудная модуляция сигнала и схемные решения по ее реализации. Частотная и фазовая модуляция и принципы ее схемной реализации. Принципы демодуляции (детектирования) амплитудно и частотно модулированных колебаний.

### **Цифровая электроника**

9. *Принципы цифровой электроники.* Стандарты электронного представления логических состояний. Схемная реализация ТТЛ и КМОП каскадов с двумя состояниями. Типы выходов цифровых микросхем. Типовая маркировка выводов. Уровни модельного представления устройств цифровой электроники.
10. *Комбинационные схемы.* Инвертеры, схемы И и ИЛИ. Таблицы истинности. Принцип взаимозамещения устройств на операциях И и ИЛИ. Шифраторы и дешифраторы. Одноразрядные сумматоры.
11. *Триггеры и регистры.* RS-триггер, D-триггер, T-триггер, JK-триггер. Синхронизация работы цифровых устройств. Двухтактные триггеры, триггеры со срабатыванием по фронту сигнала. Построение параллельных и сдвиговых регистров.
12. *Счетчики и индикаторы.* Построение простейших счетчиков на основе сдвигового регистра. Двоично-десятичные счетчики. Реверсивные счетчики. Примеры схем индикаторов.
13. *Шинная организация цифровых устройств.* Концепция шины. Стробирование и мультиплексирование. Формирование и распознавание адреса. Реализация работы с шиной при помощи специализированных узлов цифровой электроники.

### **Практические занятия**

Выполняются в форме компьютерного синтеза и тестирования электронных схем с помощью имитационных программных комплексов.

1. Лабораторная работа "Моделирование работы линейных электрических цепей".
2. Лабораторная работа "Применение биполярных транзисторов"

### 3. Лабораторная работы "Применение операционных усилителей"

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств» используются следующие виды учебных занятий: лекции, консультации, практические занятия (лабораторные занятия), самостоятельные работы.

Лекционные занятия проводятся с использованием мультимедийных средств. Предусматривается чередование «классической» лекционной подачи материала и интерактивных методик в форме совместного синтеза и тестирования электронных схем с помощью имитационных программных комплексов.

Доля аудиторных практических занятий составляет более 50% всех аудиторных занятий по дисциплине.

### **Условия обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов:**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, не имеющих противопоказаний согласно письму Минздравсоцразвития от 12.04.2011 № 302-н, предусмотрена возможность обучения в соответствии с адаптированной рабочей программой. Лица с ограниченными возможностями здоровья могут освоить материал дисциплины, обучаясь по индивидуальным планам, предусматривающим более гибкую систему организации учебных занятий с учетом индивидуальных возможностей обучаемых. В частности, предполагается применение дистанционных образовательных технологий и средств удаленного доступа.

Усвоение дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств» в условиях применения адаптивных индивидуальных программ включает следующие виды деятельности:

- Самостоятельная работа по освоению лекционного материала. Обучающемуся предоставляется лекционный материал в форме необходимые учебных пособий. По каждому разделу курса предполагается устный отчет в форме коллоквиума;

- Выполнение практических работ. В практикуме используются лабораторные работы на базе вычислительной техники университета. Отчеты по работам могут быть отправлены преподавателю по электронной почте.

- Написание реферата или выполнение персонального задания. Данные виды работ (по желанию обучающегося) могут частично замещать лабораторные работы.

Технология адаптивного обучения предполагает осуществление контроля всех видов, в том числе дистанционного.

Обучающиеся инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными образовательными ресурсами: электронными пособиями, презентациями лекционных курсов, программным обеспечением для реализации компьютерных лабораторных и практических работ. Предусмотрена



возможность получения данных средств на университетских и кафедральных сайтах, а также при непосредственном общении с преподавателем по электронной почте.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **Виды самостоятельной работы студента**

#### Виды самостоятельной работы студента:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебным пособиям, монографической учебной литературе;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины, нерассмотренных на лекциях;
- выполнение комплекса заданий теоретического характера, расчетных и графических по всем разделам дисциплины;

#### Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы студентов:

- предусмотрена самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на практических занятиях по данной дисциплине;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины и нерассмотренных на лекциях предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, в которых выделены эти вопросы для самостоятельного изучения; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках промежуточного контроля – экзамена по данной дисциплине;
- выполнение и письменное оформление комплекса заданий теоретического характера, расчетных и графических по основным разделам дисциплины предусмотрено по мере формулировки этих заданий на лекциях; предусматривается письменное выполнение этой самостоятельной работы с текстовым, включая формулы, и графическим оформлением; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен при завершении изучения дисциплины по представленному в печатном виде отчету по этому виду самостоятельной работы;

#### **Задания на самостоятельную работу:**

1. Самостоятельно вывести соотношения для модуля коэффициента передачи предложенных частотно-селективных цепей
2. Выполнить расчет элементов усилителя ОК по заданным параметрам
3. Провести интернет-поиск по типам генераторов колебаний на логических элементах
4. Ознакомиться с внутренней архитектурой процессора 8080

**Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

1. Как закон Ома в комплексной форме используют для расчета характеристик RC-цепей?
2. Опишите принцип работы усилительного каскада на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером.
3. Что такое линейный режим работы операционного усилителя?
4. Нарисуйте и объясните схему логарифмического усилителя на ОУ.
5. Перечислите основные типы полевых транзисторов и объясните принцип их работы.
6. В чем заключаются преимущества дифференциального усилительного каскада с биполярным питанием?
7. Каковы принципы построения схем низкочастотных генераторов незатухающих колебаний?
8. Нарисуйте схему активного фильтра низших частот со следящей обратной связью и объясните принцип его работы.
9. Каков принцип амплитудной модуляции сигнала? Нарисуйте и объясните соответствующую схему.
10. В чем принципиальное отличие комбинационных схем цифровой электроники и триггеров?
11. Предложите схему реверсивного счетчика и объясните принцип его работы.
12. Охарактеризуйте принцип взаимодействия цифровых устройств посредством шины.

**7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	30	0	20	20	0	0	30	100

**5-й семестр.**

## ***Программа оценивания учебной деятельности студента***

### **Лекции:**

- Посещение более 75% лекций – 30 баллов
- Посещение от 50 до 75% лекций – 20 баллов
- Посещение менее 50% лекций – 0 - 20 баллов

### **Практические занятия:**

- Правильное выполнение не менее 91% заданий на лабораторных занятиях – 20 баллов
- Выполнение от 61% до 90% заданий – 10-19 баллов
- Выполнение от 31% до 60% заданий – 0-10 баллов
- Выполнение менее 30% заданий – 0 баллов

### **Лабораторные занятия:**

Не предусмотрено

### **Самостоятельная работа:**

- При полностью правильном и своевременном выполнении студентом домашних заданий – 20 баллов
- При частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 10 баллов
- В остальных случаях – 0 баллов.

### **Автоматизированное тестирование:**

Не предусмотрено.

### **Другие виды учебной деятельности:**

Не предусмотрено.

### ***Промежуточная аттестация***

Форма промежуточной аттестации – экзамен; количество баллов – от 0 до 30 баллов. Экзамен проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня контрольных вопросов. Билет содержит два вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

- При проведении промежуточной аттестации ответ на «отлично» оценивается от 25 до 30 баллов;
- ответ на «хорошо» оценивается от 16 до 24 баллов;
- ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 15 баллов;
- ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 1 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 5 семестр по дисциплине «Схемотехника биомедицинских устройств» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Схемотехника биомедицинских устройств» в оценку

86 – 100 баллов	«отлично»
70 – 85 баллов	«хорошо»
50 – 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«не удовлетворительно»

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств»

#### а) основная литература:

1. Барыбин, Анатолий Андреевич. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Текст] : учеб. пособие / А. А. Барыбин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. 423, [1] с.- Библиогр.: с. 415416 (30 назв.). - Предм. указ.: с. 417423. ISBN 9785922106795
2. Щука, Александр Александрович. Электроника [Текст] : учеб. пособие / А. А. Щука. 2е изд. СанктПетербург : БХВПетербург, 2008. 739, [1] с. : граф., ил. (Учебная литература для вузов). Библиогр. в конце разд. Предм. указ.: с. 731739. ISBN 9785977501606 (в пер.)

#### б) дополнительная литература:

1. Топильский, Виктор Борисович. Схемотехника измерительных устройств [Текст] / В. Б. Топильский. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. 231, [1] с. : рис. (Электроника). Библиогр.: с. 232 (12 назв.). ISBN 9785- 947743319 (в пер.) :
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Текст] : [учебник] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. 2е изд., испр. Москва : Техносфера, 2009. 855, [1] с. Библиогр.: с. 841852 (195 назв.). ISBN 9785948362021 (в пер.). ISBN 013754920 2 (англ.)

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Наумкина, Лариса Геннадиевна. Электроника [Электронный ресурс] / Л. Г. Наумкина. Москва : Горная книга, 2007. 331 с. : ил. (Горная электроника). Список литературы: с. 325. ISBN 9785741804612. ISBN 9785- 986720531



2. Учебные и учебно-методические материалы, размещенные на сайте кафедры оптики и биофотоники Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского <http://optics.sgu.ru/library/education>

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Схемотехника биомедицинских устройств»**

Материально-техническое обеспечение лекционных и практических занятий: белая маркерная доска, мультимедийный проектор, компьютеры, специализированное программное обеспечение для имитации работы электронных схем.

**Практическая подготовка**, в рамках занятий по данной дисциплине, осуществляется на кафедре оптики и биофотоники Института физики СГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО для направления подготовки бакалавриата 03.03.02 "Физика" (профиль "Физика живых систем").

Автор: профессор кафедры оптики и биофотоники,  
д.ф.-м.н., профессор



Д.Э. Постнов

Программа одобрена на заседании кафедры оптики и биофотоники от 14 сентября 2021 года, протокол №13/21.

Программа актуализирована на заседании кафедры оптики и биофотоники от 23 мая 2022 года, протокол № 09/22.