

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

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики
д.ф.м.н., профессор Вениг С.Б.

" 05 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**КОГЕРЕНТНО-ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В БИОФИЗИКЕ**




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	Рябухо В.П.		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

Цели освоения дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике» состоят в обеспечении обучающихся предметными знаниями, умениями и навыками в области математических и естественно-научных сфер знаний, связанных с когерентными оптическими методами измерений, контроля и диагностики биологических объектов, применяемых в исследовательской практике, в выработке практических навыков решения практических задач в области применений методов когерентной оптики в системах биофизического назначения, в получении высшего профессионально профилированного образования в области биофизических технологий и систем, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности в РФ и за рубежом, в обладании универсальными и общепрофессиональными компетенциями, способствующими социальной мобильности, востребованности на рынке труда и успешной профессиональной карьере.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Когерентно-оптические методы в биофизике» в учебном плане ООП включена в Блок 1 «Дисциплины (модули)», в раздел «Часть, формируемая участниками образовательных отношений». Индекс дисциплины в учебном плане Б1.В.05. Дисциплина изучается в 6 семестре.

Дисциплина «Когерентно-оптические методы в биофизике» тематически и содержательно связана с дисциплинами части учебного плана, формируемой участниками образовательного процесса: «Компьютерные программы вычислений и обработки экспериментальных данных», «Цифровая обработка сигналов и изображений», а также с дисциплинами по выбору: «Оптические когерентная томография и микроскопия», «Спекл-визуализация в биомедицинских исследованиях».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике» необходимы при освоении дисциплины «Спецпрактикум 2: Оптические когерентные методы измерений».

При освоении данной дисциплины необходимы знания по следующим разделам общего курса физики: Электричество и магнетизм, Оптика, а также математики: Математический анализ и теория функций комплексного переменного, Аналитическая геометрия и линейная алгебра.

При освоении дисциплины студенты должны иметь навыки самостоятельной работы с учебными пособиями и монографической учебной литературой, уметь решать физические задачи, требующие применения дифференциального и интегрального математического аппарата, уметь производить приближенные преобразования аналитических выражений, навыки работы на компьютере с программами математической обработки данных и вычислений (например, Mathcad, Matlab, Mathematica, Origin, GNU Octave, QtiPlot), графическими программными пакетами для реализации схемных решений (например, CorelDraw, Inkscape, OpenOffice Draw) и

текстовыми редакторами (например, MS Word, MS Excel), уметь программировать (например, в средах MS Visual Studio, MS Quick BASIC, Python) и использовать численные методы решения физических задач, иметь навыки работы на физических экспериментальных установках, уметь оформлять результаты экспериментов с использованием графического материала, оценкой погрешностей измерений.

3. Результаты обучения по дисциплине «Когерентно-оптические методы в биофизике»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ПК-1. Способен применять фундаментальные знания в теоретических и прикладных разработках в области физики живых систем.</p>	<p>ПК-1.2. Анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в последних разработках оборудования, применяемого в области физики живых систем.</p>	<p>Знать: - теоретические основы когерентности света и интерференции света в системах оптической интерферометрии; – теорию и схемные решения интерференционной и когерентной микроскопии.</p> <p>Уметь: - использовать теорию интерференции света для измерений микросмещений, микрорельефа поверхности и параметров микроструктуры слоистых объектов технического и биологического происхождения; - пользоваться положениями теории интерферометрии для анализа процессов формирования изображений и численного моделирования интерференционных изображений и сигналов в оптических измерительных системах, используемых для анализа биологических объектов</p> <p>Владеть: - навыками математического моделирования оптических</p>

		<p>интерференционных систем, сигналов и изображений, формируемых в этих системах;</p> <p>- навыками экспериментальных исследований с использованием оптических когерентных систем измерения и контроля;</p> <p>- методиками проведения экспериментальных исследований с использованием оптических когерентных систем измерения и контроля.</p>
<p>ПК-4 Способен проводить подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ, связанных с научно-исследовательской деятельностью в области физики живых систем</p>	<p>ПК-4.1. Анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в разработке медицинской аппаратуры.</p>	<p>Знать: правила и требования составления научных отчетов по исследовательским работам и по подготовке научных публикаций.</p> <p>Уметь: подготавливать техническую и научную информацию, полученную в результате теоретических и экспериментальных исследований с использованием оптической измерительной аппаратуры биомедицинского назначения.</p> <p>Владеть: навыками сбора и составления информации и занесения ее в базы данных, подготовки отчетов по научно-техническим работам.</p>

4. Структура и содержание дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 часа: 36 часов лекций, 36 часов практических занятий, 8 из которых практическая подготовка, 8 часов самостоятельной работы. Промежуточная аттестация - зачет.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические	СР	Контроль	
1	Теоретические основы когерентных методов измерения и диагностики	6	1-4	6	6	2	-	Устный опрос
2	Оптическая когерентная микроскопия	6	5-7	6	6	2	-	Контрольная работа
3	Низкокогерентная интерферометрия и оптическая когерентная томография	6	8-10	8	8	2	-	Контрольная работа
4	Лазерные интерференционные методы измерений в биотехнических системах	6	11-14	8	8	2	-	Устный опрос
5	Методы оптической голографии в биотехнических системах	6	15-17	4	4	-	-	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация	6						Зачет
	Итого в 6 семестре			32	32	8	-	
	Общая трудоемкость дисциплины			72				

Содержание дисциплины:

1. Теоретические основы когерентных методов измерения и диагностики

- 1.1. Основное уравнение интерференции оптических волн. Видность интерференционных полос. Зависимость видности полос и коэффициента модуляции интерференционного сигнала от степени когерентности.
- 1.2. Пространственная когерентность. Радиус пространственной когерентности. Теорема Ван-Циттерта-Цернике. Проявление ограниченной пространственной когерентности в оптических системах. Интерференционный опыт Юнга.
- 1.3. Временная когерентность света. Функция временной когерентности. Теорема Винера-Хинчина. Проявление временной когерентности в интерферометрии. Фурье-спектроскопия.

2. Оптическая когерентная микроскопия

- 2.1. Принципы и схемы оптической микроскопии. Когерентные, частично когерентные и некогерентные системы микроскопии. Поперечное и продольное пространственное разрешение микроскопов. Условия когерентного, частично когерентного и некогерентного освещения предмета в оптическом микроскопе.
- 2.2. Микроскопия фазовых объектов. Темнопольная микроскопия. Фазово-контрастная микроскопия.
- 2.3. Интерференционная микроскопия в частично когерентном свете. Интерференционный микроскоп Линника. Полнопольная оптическая когерентная томография.
- 2.4. Поляризационная микроскопия.

3. Низкокогерентная интерферометрия и оптическая когерентная томография

- 3.1. Низкокогерентная интерферометрия. Интерферометр Майкельсона с протяженным широкополосным источником света.
- 3.2. Принципы оптической когерентной томографии (ОКТ). ОКТ во временной области (time domain OCT). Спектральный метод ОКТ (frequency domain OCT, Fourier-transform OCT). Продольное и поперечное разрешение методов ОКТ.
- 3.3. Схемные решения для ОКТ и области применения ОКТ.

4. Лазерные методы измерений в биотехнических системах

- 4.1. Лазерная интерферометрия микросмещений отражающих объектов.
- 4.2. Спекл-эффект в лазерном свете. Субъективные и объективные спеклы.
- 4.3. Лазерные методы измерения скорости потока частиц (лазерная анемометрия). Лазерная интерферометрия кровотока и лимфотока (Доплеровская интерферометрия).
- 4.4. Методы спекл-фотографии в биотехнических системах.
- 4.5. Лазерные методы в офтальмологии. Лазерная интерференционная ретинометрия.
- 4.6. Определение оптических параметров глаза созданием на сетчатке динамических спекл-картин. Спеклоскопия.

5. Методы оптической голографии в биотехнических системах

- 5.1. Схемы записи оптических голограмм. Основное уравнение голографии. Голограммы Френеля. Голограммы Фурье. Голограммы сфокусированных изображений. Объемные отражательные голограммы Денисюка. Техника и методика голографического эксперимента. Восстановление мнимого и действительного голографических изображений.
- 5.2. Голографическая интерферометрия. Методы голографической интерферометрии реального времени, двух экспозиций, с усреднением во времени, стробоскопический. Голографическая интерферометрия фазовых объектов. Голографическая интерферометрия нестационарных объектов и быстропротекающих процессов.
- 5.3. Цифровая оптическая голография. Цифровые регистрирующие системы для цифровой голографии: ПЗС-матрицы, КМОП-матрицы. Схемы цифровой оптической голографии: фурье-голография, безлинзовая фурье-голография, голография сфокусированного изображения, голография Френеля.
- 5.4. Цифровая голографическая микроскопия биологических объектов. Цифровая голографическая интерферометрия биологических объектов.

4.3. Темы практических занятий

1. Основное уравнение интерференции оптических волн. Зависимость видности полос и коэффициента модуляции интерференционного сигнала от степени когерентности.
2. Пространственная когерентность. Теорема Ван-Циттерта-Цернике. Радиус пространственной когерентности. Проявление ограниченной пространственной когерентности в интерференционном эксперименте Юнга.
3. Временная когерентность света. Функция временной когерентности. Теорема Винера-Хинчина. Проявление временной когерентности в интерферометрии.
4. Схемы оптической микроскопии. Поперечное и продольное пространственное разрешение микроскопов. Условия когерентного, частично когерентного и некогерентного освещения предмета в оптическом микроскопе.
5. Микроскопия фазовых объектов. Фазово-контрастная микроскопия.
6. Интерференционная микроскопия в частично когерентном свете. Интерференционный микроскоп Линника.
7. Измерение микрорельефа поверхности и определение оптической толщины слоя слоистого микрообъекта с использованием микроинтерферометра с источником белого света.
8. Интерферометр Майкельсона с протяженным широкополосным источником света.
9. Оптическая когерентная томография (ОКТ). Формирование интерференционного сигнала в ОКТ.

10. Спектральный метод ОКТ. Формирование ОКТ изображения.
11. Лабораторные эксперименты по наблюдению и интерпретации ОКТ изображений.
12. Лазерная интерферометрия микросмещений отражающих объектов.
13. Спекл-эффект в лазерном свете.
14. Лазерная доплеровская интерферометрия кровотока и лимфотока.
15. Методы спекл-фотографии в биотехнических системах. Лазерная интерференционная ретинометрия. Спеклоскопия.
16. Оптические схемы записи голограмм. Основное уравнение голографии. Восстановление мнимого и действительного голографических изображений.
17. Цифровая голографическая интерферометрия отражающих рассеивающих объектов.
18. Цифровая голографическая фазовая микроскопия биологических объектов.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике»

При реализации дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике» используются следующие виды учебных занятий: лекции, практические занятия, включающие также лабораторные занятия, контрольные работы, самостоятельные работы, интерактивные формы обучения в виде дискуссий между обучающимися и преподавателем.

В рамках лекционных занятий предусмотрены активные формы учебного процесса: разбор конкретных ситуаций, натурные демонстрации и обсуждение наблюдаемых оптических явлений и эффектов, компьютерные демонстрации с использованием современных цифровых систем изобразительной техники.

В рамках практических занятий предусмотрены: детальный разбор физических основ основных разделов лекционного курса с решением физических задач по основным разделам содержания дисциплины, выполнение натуральных лабораторных работ, практические занятия в форме семинара с разбором формальных теоретических положений, решением задач, с использованием компьютерного моделирования, устные опросы и контрольные работы по всем разделам дисциплины.

Доля аудиторных практических занятий составляет 50% всех аудиторных занятий по дисциплине «Когерентно-оптические методы в биофизике».

Доля занятий, проводимых в интерактивной форме, включая ряд лекционных и практических занятий, составляет 55% всех аудиторных занятий.

Особенности образовательных технологий 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 «Когерентно-оптические методы в биофизике» в условиях применения адаптивных индивидуальных программ включает следующие виды деятельности:

- Самостоятельная работа по освоению лекционного материала. Обучающемуся предоставляется лекционный материал в форме электронных презентаций, а также необходимые учебные пособия. По каждому разделу курса предполагается устный отчет в форме коллоквиума;
- Выполнение практических работ. Предполагается использование виртуальных лабораторных работ, которые, в рамках индивидуального плана, могут быть выполнены внеаудиторно с использованием персонального компьютера. 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 практические 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. Предусматривается возможность получения данных средств на университетских и кафедральных сайтах, а также при непосредственном общении обучающегося с преподавателем по электронной почте.

Выбор методов обучения определяется содержанием дисциплины, уровнем профессиональной подготовки преподавателя, методического и материально-технического обеспечения, особенностями восприятия учебной информации студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья и т.д.

Для слабовидящих студентов в лекционных и учебных аудиториях должна быть предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи

видеоувеличителей для удаленного просмотра. Для чтения учебно-методической литературы необходимо предусмотреть наличие электронных луп. При необходимости должна быть предусмотрена возможность записи лекций на диктофон.

Слабослышащие студенты должны получать дополнительную информацию по дисциплине из рекомендованных учебных пособий.

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

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;
- решение рекомендованных задач из сборника задач по волновой оптике;
- изучение теоретического материала по методическим руководствам к лабораторным работам.

Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы студентов:

- предусмотрена еженедельная 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 еженедельно 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;
- решение рекомендованных задач из сборника задач по волновой оптике предполагается еженедельным при подготовке к практическим занятиям и

- при усвоении теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен на практических занятиях;
- изучение теоретического материала по методическим руководствам к лабораторным работам по фурье-оптике и голографии предусмотрено еженедельно с отчетом о проделанной работе на практических занятиях.

Задания для самостоятельной работы

1. Получить выражение для интенсивности поля интерференции частично когерентных оптических волн. С использованием компьютерной программы построить графики для интенсивности поля интерференции частично когерентных оптических волн в зависимости от разности хода волн в интерферометре при гауссовой функции взаимной когерентности волн при различной длине когерентности, характерной для белого света и излучения цветного светодиода.
2. Изучить теорию временной когерентности. Используя теорему Винера-Хинчина, получить в аналитическом виде выражения для функции временной когерентности света с различными спектральными контурами: прямоугольным, гауссовым, спектрального дублета с прямоугольными контурами линий равной интенсивности. Построить графики соответствующих интерференционных сигналов в зависимости от разности хода волн в интерферометре.
3. Используя теорему Ван-Циттерта-Цернике, получить выражение для функции пространственной когерентности излучения пространственно некогерентного источника прямоугольной формы с равномерным распределением интенсивности излучения по поверхности источника.
4. Изучить схемы оптических микроскопов. Нарисовать в масштабе полные оптические схемы микроскопов с осветительной частью и системой наблюдения, с ходом лучей от источника света до приемника при использовании критического освещения и освещения по Кёллеру.
5. Изучить принципы интерференционной микроскопии. Изучить принципы формирования интерференционного изображения в микроинтерферометре Линника. Изучить методику обработки интерференционных изображений в микроинтерферометре Линника для определения рельефа поверхности. Определить продольное – осевое, разрешение микроинтерферометра Линника при визуальном наблюдении интерференционного изображения.
6. Изучить принципы и схемные решения поляризационной микроскопии для исследования фазовых биологических объектов. Определить продольное (осевое) разрешение поляризационного микроскопа.
7. Изучить принципы оптической когерентной томографии. Изучить практические схемы оптической когерентной томографии с использованием оптических волокон.
8. Изучить схемы записи объемных голограмм Денисюка и теорию восстановления изображений с голограмм Денисюка в белом свете.

9. Изучить методы количественной интерпретации интерференционных изображений в голографической интерферометрии для определения величины смещения поверхности исследуемого объекта.
10. Определить требования к источнику и фотодетектору для записи голограмм нестационарных биологических объектов.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля:

1. Теоретические основы когерентных методов измерения и диагностики

1. Записать уравнение для интенсивности поля интерференции оптических волн.
 2. Записать выражение для контраста интерференционных полос с учетом степени взаимной когерентности интерферирующих волн. Построить график зависимости интенсивности поля интерференции оптических волн от разности хода волн при заданной функции взаимной когерентности интерферирующих волн.
 3. С использованием теоремы Ван-Циттерта-Цернике записать выражение для функции поперечной пространственной когерентности волнового поля протяженного пространственно некогерентного источника.
 4. Записать в явном виде выражение для функции поперечной пространственной когерентности волнового поля протяженного пространственно некогерентного источника прямоугольной формы.
 5. Записать в явном виде выражение для радиуса пространственной когерентности волнового поля протяженного пространственно некогерентного источника.
 6. Оценить величину радиуса пространственной когерентности солнечного света на поверхности Земли. Оценить величину радиуса пространственной когерентности света потолочных источников в аудитории.
 7. Объяснить закономерности проявления ограниченной пространственной когерентности в интерференционном эксперименте Юнга.
 8. С использованием теоремы Винера-Хинчина записать выражение для функции временной когерентности света с заданным спектром излучения.
 9. Получить в явном виде выражение для функции временной когерентности света с равномерным спектральным контуром в заданной полосе частот.
 10. Объяснить закономерности проявления временной когерентности в интерферометре Майкельсона при продольном смещении одного из его зеркал.
 11. Объяснить принципы фурье-спектроскопии.
2. Оптическая когерентная микроскопия
12. Нарисовать схему оптического микроскопа с оптической системой освещения.

13. Определить условия когерентного, частично когерентного и некогерентного процессов формирования изображения в микроскопе.
14. Записать формулы для поперечного и продольного пространственного разрешения микроскопа.
15. Сформулировать условия для когерентного, частично когерентного и некогерентного освещения предмета в оптическом микроскопе.
16. Нарисовать схему и объяснить принципы темнопольной микроскопии фазовых биологических объектов.
17. Объяснить принципы фазово-контрастной микроскопии.
18. Объяснить принципы интерференционной микроскопии.
19. Нарисовать схему интерференционного микроскопа Линника и объяснить принцип действия микроскопа и измерения высот рельефа поверхности.
20. Объяснить принципы полнопольной оптической когерентной томографии на примере интерференционного микроскопа Линника.
21. Объяснить принципы поляризационной микроскопии.
3. Низкокогерентная интерферометрия и оптическая когерентная томография
22. Объяснить принципы оптической когерентной томографии.
23. Объяснить суть метода спектральной оптической когерентной томографии.
24. Объяснить, каким образом зависит пространственное разрешение оптической когерентной томографии от ширины спектра используемого источника света.
4. Лазерные методы измерений в биотехнических системах
25. Объяснить принципы лазерной интерферометрии микросмещений отражающих объектов. Определить наименьшую величину смещения, определяемую с помощью лазерного интерферометра Майкельсона.
26. Объяснить закономерности возникновения спекл-эффекта в рассеянном лазерном излучении.
27. Объяснить, при каких условиях возникает субъективный спекл-эффект – спекл-эффект в пространстве изображений, при освещении рассеивающей поверхности частично-когерентным излучением.
28. Объяснить принципы лазерных доплеровских методов определения скорости перемещения рассеивателей, в частности, скорости кровотока и лимфотока.
29. Объяснить принципы метода спекл-фотографии для определения скорости перемещения рассеивателей.
30. Объяснить принципы лазерной интерференционной ретинометрии.
31. Объяснить принципы ретинометрии на основе создания на сетчатке динамических спекл-картин.
5. Методы оптической голографии в биотехнических системах
32. Сформулировать принципы оптической голографии и нарисовать схему записи голограмм.

33. Получить уравнение голографии и объяснить на его основе возможность записи и восстановления волнового поля.
34. Нарисовать полные схемы записи голограмм сфокусированного изображения, голограммы Френеля, голограммы Фурье.
35. Нарисовать схемы восстановления с голограммы сфокусированного изображения, голограммы Френеля, голограммы Фурье объектного волнового поля и формирования действительного голографического изображения объекта.
36. Сформулировать принципы метода голографической интерферометрии.
37. Объяснить принципы цифровой голографии и цифровой голографической интерферометрии.
38. Объяснить, какие ограничения накладываются на схемы записи цифровых голограмм в связи с ограниченной разрешающей способностью используемых матричных фотодетекторов.
39. Нарисовать схемы записи цифровых голограмм – голограммы Френеля, безлинзовой голограммы Фурье, голограммы сфокусированного изображения.
40. Объяснить принципы цифровой голографической фазовой микроскопии биологических объектов.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 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
6	40	0	40	20	0	0	0	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 6 семестр

Лекции: Баллы 0 - 40.

Посещаемость – 0 - 20 баллов.

Критерии оценки:

- посещение менее 50% занятий 0 баллов
- посещение от 50% до 70% занятий 5 баллов
- посещение от 71% до 80% занятий 10 баллов
- посещение от 81% до 90% занятий 15 баллов
- посещение от 91% до 100% занятий 20 баллов

Активность на лекциях – 0 - 20 баллов

Критерии оценки: участие в дискуссии, ответы на уточняющие вопросы, комментарии к лекционному материалу, выполнение заданий – 0 – 20 баллов

Лабораторные занятия: не предусмотрены

Практические занятия: баллы 0-40.

Посещаемость 0-15 баллов.

- Критерии оценки:
- посещение менее 50% занятий 0 баллов
 - посещение от 51% до 60% занятий 5 баллов
 - посещение от 71% до 80% занятий 8 баллов
 - посещение от 81% до 90% занятий 10 баллов
 - посещение от 91% до 100% занятий 15 баллов

Активность на практических занятиях, участие в обсуждении тем, уровень самостоятельности – 0 – 10 баллов

- Критерии оценки: Уровень активности, правильность решений, уровень самостоятельности в обсуждениях тем – 0 – 10 баллов

Выполнение домашних заданий 0 - 10 баллов.

- Критерии оценки:
- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом домашних и контрольных заданий – 10 баллов;
 - при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 6 баллов;
 - в остальных случаях – 0 баллов.

Выполнение контрольных работ 0-5 баллов.

- Критерии оценки:
- не выполнение контрольных работ – 0 баллов
 - выполнение 1-ой контрольной работы – 1 балл;
 - выполнение 2-х контрольных работ – 3 балла;
 - выполнение 3-х контрольных работ – 5 баллов.

Самостоятельная работа: Баллы 0-20.

Выполнение домашних самостоятельных работ и оформление отчета по ним в рукописной и печатной форме с представлением численных расчетов, графиков, результатов компьютерного моделирования, рисунков – 0 - 20.

- Критерии оценки: количество и качество выполненных заданий, правильность и полнота выполнения, оформление отчета – 0 - 20.

Автоматизированное тестирование: не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности: не предусмотрены.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Когерентно-оптические методы в биофизике» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Когерентно-оптические методы в биофизике» в оценку (экзамен):

60 - 100 баллов	«зачтено»
0 – 59 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике»

а) литература:

1. Салех Б. Е. А., Тейх М. К. Оптика и фотоника. Принципы и применения: в 2 т. / пер. с англ. В. Л. Дербова. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. Т. 1 – 760 с. Т. 2 – 784 с.
2. Стафеев, С. К. Основы оптики: учебное пособие/ С. К. Стафеев, К. К. Боярский, Г. Л. Башнина. 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 336 с. Текст: электронный// Лань: электр.-библ. система. URL: <https://e.lanbook.com/book/169379>.
3. Кирилловский, В. К. Современные оптические исследования и измерения: учебное пособие / В. К. Кирилловский. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 304 с. Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
4. Оптическая биомедицинская диагностика. в 2 т. / Под ред. Тучина В. В. Пер. с англ. М., Физматлит, 2007. Т.1. – 560 с. Т.2. – 368 с.
5. Тучин В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. М.: Физматлит. 2010. 488 с.

б) Интернет-ресурсы и программное обеспечение:

Интернет-ресурсы:

1. Федеральный портал "Российское образование", Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – Оптика <http://window.edu.ru/catalog/> Биомедицинская оптика. Биофотоника.
2. Андреева О.В. Прикладная голография. Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2008. 184 с. http://window.edu.ru/resource/908/60908/files/andreeva_pg_theor.pdf
3. И.П. Гуров Компьютерная фотоника: принципы, проблемы и перспективы. //Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2005. Вып. 21. С. 5-20. <http://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternaya-fotonika-printsipy-problemy-i-perspektivy>
4. Лычагов В.В. Рябухо В.П. Учебное пособие Низкокогерентная интерференционная микроскопия и томография. Краткий курс лекций. Саратовский государственный университет. Электронная библиотека кафедры оптики и биофотоники. 2010 27 с. <http://optics.sgu.ru/library/education/lowcohtml>

программное обеспечение:

1. Операционные системы: OS MS Windows, MS Office 2007.
2. Веб-обозреватели: Microsoft Internet Explorer; Google Chrome; Mozilla Firefox; Opera; Safari, Yandex Browser.
3. Средства просмотра текстовых файлов: Adobe Reader; Djvureader.
4. Графические редакторы: Inkscape, Irfan View, ImageJ, OpenOffice Draw.
5. Инженерные расчеты, построения графиков: GNU Octave, QtiPlot.

рекомендуемая литература:

1. Ландсберг Г.С. Оптика / 6-е изд., стер. – М.: Физматлит, 2010. – 848 с.
2. И.П. Гуров Компьютерная фотоника: принципы, проблемы и перспективы. //Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2005. Вып. 21. С. 5-20.
<http://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternaya-fotonika-printsipy-problemy-i-perspektivy>
3. Андреева О.В. Прикладная голография. Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2008. 184 с.
4. Цифровая оптическая голография [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Рябухо [и др.] ; под ред. В. П. Рябухо ; ГОУ ВПО "Саратовский государственный университет". - Саратов : [б. и.], 2009. - 56 с. : рис. - (Специальный оптический практикум). - Текст ID= 1116
5. Рябухо, В.П. Цифровая Фурье-голография [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.П. Рябухо, О.А. Перепелицына, Л.А. Максимова; ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет". - Саратов: [б. и.], 2014. - 34 с.: Текст ID= 1147
6. Рябухо, В.П. Методы цифровой голографической интерферометрии [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.П. Рябухо, О.А. Перепелицына, Л.А. Максимова; ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского". - Саратов: [б. и.], 2014. - 27 с. Текст ID= 1145

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Когерентно-оптические методы в биофизике»

Материально-техническое обеспечение лекционных и практических занятий: белая маркерная доска, мультимедийный проектор, кодоскоп для демонстраций оптического эксперимента, комплект демонстрационных материалов, оптическое оборудование, оптические устройства и элементы для демонстрации оптических явлений, компьютер, ноутбук.

Лабораторные приборы и устройства для оптических исследований общего назначения:

1. Специализированные виброзащищенные установки для интерференционных исследований с набором прецизионных оптико-механических устройств. (3 стенда).
2. Источники света: газовые He-Ne лазеры, полупроводниковые лазеры, твердотельные лазеры с диодной накачкой, светодиоды, светодиодные лампы, суперлюминесцентные светодиоды.
3. Оптические элементы и устройства: металлические и интерференционные зеркала, призмы, линзы, объективы, микрообъективы, делительные пластины и призмы-кубы, поляриды, фазовые кристаллические пластины, оптические волокна и жгуты волокон.
4. Матричные фотодетекторы изображений - ПЗС и КМОП камеры.
5. Радиоизмерительные приборы: источники, генераторы сигналов, осциллографы, измерители мощности световых потоков.

Лабораторные установки специализированного назначения для лабораторных занятий по дисциплине:

1. Интерферометр Майкельсона с лазерным источником света.
2. Интерферометр Майкельсона с широкополосным источником света.
3. Интерферометр Маха-Цендера с He-Ne лазером.
4. Интерферометр для исследования изменения показателя преломления прозрачной среды.
5. Оптический микроскоп.
6. Интерференционный микроскоп.
7. Лабораторный макет цифрового голографического микроскопа.
8. Лазерный интерференционный ретинометр – анализатор остроты зрения.
9. Оптический микроскоп с дифракционным фазовым модулем.
10. Лабораторный макет голографического интерферометра микросмещений и деформаций.

Практическая подготовка, в рамках занятий по данной дисциплине, осуществляется в научно-учебной лаборатории кафедры оптики и биофотоники Института физики СГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **03.03.02 Физика** (профиль "**Физика живых систем**")

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

В.П. Рябухо

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

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