

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур  
(П.В. Середин)



05.06.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.04 Нанозлектроника и фотоника:  
технология и основные материалы**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

**03.04.02 Физика**

**2. Профиль подготовки/специализация: Физика наносистем**

**3. Квалификация (степень) выпускника: Магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур**

**6. Составители программы: Юраков Ю.А., докт. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник**

**7. Рекомендована: НМС физического факультета ВГУ от 25.05.23 г. протокол №5**

**8. Учебный год: 2023/24**

**Семестр(ы): 2**

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является фундаментальная подготовка в области перспективного направления фотоники, формирование умений и навыков, направленных на решение практических задач фотоники и разработки технологии создания фотонных кристаллов.

Задачей преподавания дисциплины является усвоение понятий и терминологии, применяемых в фотонике, основных положений физики фотонных кристаллов, знакомство с технологическими приемами создания и применения фотонных кристаллов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать.

Основные оптические материалы сигнальных и силовых оптических схем. Основные требования к приборам и системам фотоники, включая интегральную базу. Основные физические принципы явлений и процессов, применяемых для управления световыми потоками. Базовые принципы построения конверсионных оптических систем с использованием современных материалов. Возможности адаптации оптического материала для использования в системах управления светом на различных физических принципах

Уметь:

Выполнять простейший анализ свойств многокомпонентных и распределенных систем управления светом. Различать активные и пассивные оптические каналы и создавать простейшие модели их комбинаций. Знать и уметь использовать глоссарий дисциплины.

Владеть:

Основными принципами подбора компонентов для создания собственных приборов и установок. Простейшими методами конструирования исследовательских оптических систем. Данными об основных тенденциях в фотоники (на основе исследований последних 2-3 лет).

#### **10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Фотоника и фотонные кристаллы» относится к профессиональному циклу, вариативной части, дисциплин по выбору. Код учебного цикла Б1

#### **11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	знать: определения и понятие фотонного кристалла, классификацию фотонных кристаллов Устройство приборов на основе фотонных кристаллов Основы физики фотонных кристаллов Технологии получения фотонных кристаллов.
ПК-1	способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	уметь: анализировать принципы работы устройств на основе фотонных кристаллов, Методы оптической литографии,

ПК-2	способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	глубокой литография для получения МЭМС-структур,, голографической литографии. владеть (иметь навыки): решения практических задач по разработке узкополосных фильтров, коммутаторов, активных элементов оптоэлектронных процессоров, объемных резонаторов, лазеров, оптоволоконных систем.
ПК-5	готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.**(в соответствии с учебным планом) —

**3/ 108.**

**Форма промежуточной аттестации экзамен**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		2 семестр
Аудиторные занятия	28	28
в том числе: лекции	28	28
практические		
лабораторные		
Самостоятельная работа	44	44
Форма промежуточной аттестации	Экзамен 36	Экзамен 36
Итого:	108	108

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
		<b>1.Лекции</b>
1.1	Введение Краткий обзор методов и материалов фотоники	Предмет фотоники. Развитие представлений об оптических технологиях. Оптическая связь. Волоконные сети. Концепция "Fiber-to-home". Системы оптической обработки и хранения данных. Оптические компьютеры. Оптическая диагностика. Приборы и материалы фотоники. Источники излучения. Лазеры. Полупроводниковые излучатели и детекторы.

		Общая характеристика применяемых материалов. Изотропные и анизотропные кристаллы. Жидкокристаллические материалы. Аморфные материалы. Материалы для сигнальной и силовой фотоники.
1.2	Основы физики фотоники и фотонных кристаллов	Свет в электрооптических средах. Оптическая индикатриса кристаллического материала. Электрооптические эффекты Поккельса и Керра. Механизмы эффектов. Феноменологическое описание. Тензор электрооптических коэффициентов и его симметрия. Свет в магнитооптических средах. Магнитооптические эффекты Фарадея и Керра. Механизмы эффектов. Циркулярное магнитное двупреломление. Расчет разности показателей преломления для правой и левой циркулярной поляризации. Свойство “невозвратности” в магнитооптических средах. Свет в фоторефрактивных средах. Механизмы формирования пространственного заряда. Концепция фоторефрактивного эффекта. Фоторефрактивные кристаллы. Фотовольтаический, диффузионный и фотоиндуцированное изменение показателя преломления. Акусто-оптическое взаимодействие. Типы акустических волн в твердых телах. Феноменология механизмы акустооптического эффекта. Режимы дифракции Брэгга и Рамана-Ната. Пример акустооптической ячейки. Термо- и пьезо-оптические эффекты. Светоиндуцированное просветление. Оценка вклада ТОЭ в изменение коэффициента экстинкции. Механические и поглощение напряжения в кристаллической решетке. Тензор 4-го ранга пьезооптических коэффициентов. Оценка вклада пьезо-эффектов при модуляции параметров кристаллической среды за счет внешних факторов
1.3	Базовые принципы конверсионных систем фотоники	Оптическая фильтрация. Прямое и обратное преобразования Фурье в оптической системе. Схемы Фурье-процессоров. Типы часто реализуемых математических операций. Фильтрация в частотной плоскости. Оценка возможностей корреляционного анализа в Фурье-оптике. Передача оптических сигналов. Активные и пассивные оптические волноводы. Волоконная и дистанционная оптическая связь. Условия и режимы. Типы оптических волноводов. Активные волоконные компоненты. Диэлектрические планарные и каналные волноводы. Дисперсия. Моды. Профили показателя преломления. Потери. Методы формирования. Нелинейно-оптические методы преобразования излучения. Фазовый и квазифазовый синхронизм. Генерация второй гармоники; ее реализация в периодических системах и врезках “на отражение”. Параметрические процессы. “Up-” и “Down-” конверсия в активных средах. “Волшебное зеркало”. Оптические солитоны. Квадратичная и кубическая диэлектрическая восприимчивость. Пространственные и временные оптические солитоны. Нелинейное уравнение Шредингера. Светлые и темные пространственные солитоны. Дискретные солитоны.
1.4	Современные и перспективные приложения фотоники	Оптические неразрушающие и зондирующие методы контроля физических и физико-химических параметров. Оптическая сенсорика. Оптические датчики электрических и магнитных полей, температуры, доз излучения. Оптические планшеты с НПВО. Компактные селективные и широкополосные лазерные спектрометры и спектрофотометры. Зондирование атмосферы и дистанционный спектральный анализ. Лидары. Оптическая гиометрия. Эффект Саньяка. Опыт Майкельсона-Гейля. Контур оптического гироскопа. Коэффициент увлечения Френеля. Волоконно-оптический гироскоп. Квантовый оптический гироскоп. Применения и перспективы оптической гиометрии в наземной и аэро-космической навигации. Квантовая телепортация и квантовые криптосистемы. Принцип неопределенности Гейзенберга. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Поляризация фотонов. Запутанные состояния. Передача и определение состояния поляризации. Устойчивость квантового криптоалгоритма. Проблемы и перспективы квантового шифрования в оптических сетях

## 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.1	Введение. Краткий обзор методов и материалов фотоники	4			8	12
1.2	Основы физики фотоники и фотонных кристаллов	8			12	20
1.3	Базовые принципы Конверсионных систем фотоники	8			12	20
1.4	Современные перспективные приложения фотоники	8			12	20
1.5	Экзамен (консультации)	36				
	Итого:	64			44	108

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

*(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)*

Изучение дисциплины «Фотоника и фотонные кристаллы» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Фотоника и фотонные кристаллы» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирования и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д. Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достижением человека. Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков. Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления. Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие

следующих составляющих:- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;- выделение главных структур учебного курса;- формирование средств выражения в данной области;- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях). В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции, лабораторные и индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения:- объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ-демонстрация учебного материала и оборудования); - активные (анализ учебной и научной литературы; выполнение лабораторных работ по измерению различных физических явлений и процессов; математическая обработка и анализ полученных данных на основании знаний соответствующих курсов лекций);- интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов);- информационные, компьютерные, мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотеки др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.). Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы бакалавров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо

выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется. Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия. Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления. Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом. При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это: - знать тему; - понимать значение и важность ее в данном курсе; - четко представлять план; - уметь выделить основное, главное; - усвоить значение примеров и иллюстраций; - связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися; - представлять возможность и необходимость применения полученных сведений. Существует несколько общих правил работы на лекции: - лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок; - прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного; - лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме; - так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.; - записывать надо сжато; - во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность. Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента. Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Фотоника и фотонные кристаллы» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к экзамену

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие. - СПб: Лань, 2011. - 528 с. <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&amp;p11_id=684">http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&amp;p11_id=684</a>
2	Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения = Fundamentals of photonics : [учебное пособие] : [в 2 т.] / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В.Л. Деврова .— Долгопрудный : Изд. Дом "Интеллект", 2012- .— Т. 1 .— 2012 .— 759 с.
3	Борисенко В. Е. Наноэлектроника: [учебное пособие] / В. Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 223 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Голенищев-Кутузов А. В. Фотонные и фононные кристаллы: формирование и применение в опто- и акустоэлектронике / А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов, Р.И. Калимуллин .— М. : Физматлит, 2010 .— 157 с.
2	Манцызов Б. И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Б.И. Манцызов.— М. : Физматлит, 2009 .— 206, 271 с.
3	Мартинес-Дуарт, Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Рueda ; пер. с англ. А. В. Хачояна под ред. Е. Б. Якимова .— М. : Техносфера, 2007 .— 367 с.

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
3.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**  
(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
3	<a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2.	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>
3.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Ноутбук Toshiba Satellite A200-1M5, проектор InFocus LP70

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

---

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения(показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-7, ПК-1, ПК-2, ПК-5	<p>Знать</p> <p>1. Основные оптические материалы сигнальных и силовых оптических схем. 2. Основные требования к приборам и системам фотоники, включая интегральную базу. 3. Основные физические принципы явлений и процессов, применяемых для управления световыми потоками. 4. Базовые принципы построения конверсионных оптических систем с использованием современных материалов. 5. Возможности адаптации оптического материала для использования в системах управления светом на различных физических Принципах</p> <p>Уметь:</p> <p>1. Выполнять простейший анализ свойств многокомпонентных и распределенных систем управления светом. 2. Различать активные и пассивные оптические каналы и создавать простейшие модели их комбинаций. 3. Знать и уметь использовать глоссарий дисциплины.</p> <p>Владеть:</p> <p>1. Основными принципами подбора компонентов для создания собственных приборов и установок. 2. Простейшими методами конструирования исследовательских оптических систем. 3. Данными об основных тенденциях в фотонике (на основе исследований последних 2-3 лет).</p>	<p>Оптическая связь. Волоконные сети. Концепция "Fiber-to-home". Системы оптической обработки и хранения данных. Оптические компьютеры. Оптическая диагностика. Приборы и материалы фотоники.</p> <p>Источники излучения. Лазеры.</p> <p>Полупроводниковые излучатели и детекторы.</p> <p>Общая характеристика применяемых материалов. Изотропные и анизотропные кристаллы. Жидкокристаллические материалы. Аморфные материалы. Материалы для сигнальной и силовой фотоники.</p> <p>Свет в электрооптических средах. Оптическая индикатриса кристаллического материала. Электрооптические эффекты Погкельса и Керра. Механизмы эффектов. Феноменологическое описание. Тензор электрооптических коэффициентов и его симметрия.</p> <p>Свет в магнитооптических средах. Магнитооптические эффекты Фарадея и Керра. Механизмы эффектов. Циркулярное магнитное двупреломление. Расчет разности показателей преломления для правой и левой циркулярной поляризации. Свойство "невзаимности" в магнитооптических средах.</p> <p>Свет в фоторефрактивных средах. Концепция фоторефрактивного эффекта. Фоторефрактивные кристаллы. Фотовольтаический, диффузионный и дрейфовый механизмы формирования пространственного заряда. Расчет вкладов в фотоиндуцированное изменение показателя преломления. Акусто-оптическое взаимодействие. Типы акустических волн в твердых телах. Феноменология механизмы акустооптического эффекта. Режимы дифракции Брэгга и Рамана-Ната. Пример акустооптической ячейки. Термо- и пьезо- оптический эффекты. Светоиндуцированное просветление. Оценка вклада ТОЭ в изменение коэффициента экстинкции. Механические и поглощение напряжения в кристаллической решетке. Тензор 4-го ранга пьезооптических коэффициентов. Оценка вклада пьезо- эффектов при модуляции параметров кристаллической среды за счет внешних факторов</p> <p>Оптическая фильтрация. Прямое и обратное преобразования Фурье в оптической системе. Схемы Фурье-процессоров. Типы часто</p>	Комплект КИМ



		<p>реализуемых математических операций. Фильтрация в частотной плоскости. Оценка возможностей корреляционного анализа в Фурье-оптике. Передача оптических сигналов. Активные и пассивные оптические волноводы. Волоконная и дистанционная оптическая связь. Условия и режимы. Типы оптических волноводов. Активные волоконные компоненты. Диэлектрические планарные и канальные волноводы. Дисперсия. Моды. Профили показателя преломления. Потери. Методы формирования. Нелинейно-оптические методы преобразования излучения. Фазовый и квазифазовый синхронизм. Генерация второй гармоники; ее реализация в периодических системах и в режимах "на отражение". Параметрические процессы. "Up-" и "Down-" конверсия в активных средах. "Волшебное зеркало". Оптические солитоны. Квадратичная и кубическая диэлектрическая восприимчивость. Пространственные и временные оптические солитоны. Нелинейное уравнение Шредингера. Светлые и темные пространственные солитоны. Дискретные солитоны.</p> <p>Оптические неразрушающие и зондирующие методы контроля физических и физико-химических параметров. Оптическая сенсорика. Оптические датчики электрических и магнитных полей, температуры, доз излучения. Оптические планшеты с НПВО. Компактные селективные и широкополосные лазерные спектрометры и спектрофотометры. Зондирование атмосферы и дистанционный спектральный анализ. Лидары. Оптическая гиromетрия. Эффект Саньяка. Опыт Майкельсона-Гейля. Контур оптического гироскопа. Коэффициент увлечения Френеля. Волоконно-оптический гироскоп. Квантовый оптический гиromетр. Применения и перспективы оптической гиromетрии в наземной и аэро-космической навигации.</p> <p>Квантовая телепортация и квантовые криптосистемы. Принцип неопределенности Гейзенберга. Парадокс Энштейна-Подольского-Розена. Поляризация фотонов. Запутанные состояния. Передача и определение состояния поляризации. Устойчивость квантового криптоалгоритма. Проблемы и перспективы квантового шифрования в оптических сетях</p>	
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критериооценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
--------------------------------	--------------------------------------	--------------

Студент свободно владеет материалом. Может правильно и подробно описать конструкцию приборов и устройств. сделать математические выводы, изобразить графические зависимости и прокомментировать их. Привести примеры, подтверждающие правильность сделанных выводов. Демонстрирует знания, выходящие за пределы лекционного курса и подтверждающие его широкую эрудицию.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Студент свободно владеет материалом. Может правильно написать формульные выражения, изобразить графические зависимости и прокомментировать их. Допускает при изложении отдельные неточности не принципиального характера.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Студент правильно понимает физические принципы работы приборов, устройств. Знает терминологию. Приводит правильные примеры. Но имеет пробелы в точных знаниях математических выражений. Недостаточно свободно может комментировать графические зависимости. Не приводит примеры применения устройств и приборов.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Студент показывает отсутствие знаний по ряду принципиальных вопросов программы. Не может описать физические процессы в рамках современных квантово-механических закономерностей. Не владеет терминологией. Имеет существенные пробелы в знаниях, не позволяющие ему продолжать дальнейшее обучение по выбранной специальности.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов к экзамену (зачету): к экзамену**

1. Задачи фотоники. Области приложений.
2. Инструментарий и материалы фотоники.
3. Излучение и детектирование света.
4. Электрооптический эффект
5. Магнитооптический эффект
6. Фоторефрактивный эффект
7. Термооптический и пьезооптический эффекты
8. Акусто-оптическое взаимодействие.
9. Оптическая фильтрация.
10. Передача оптических сигналов.
11. Активные и пассивные волноводы.
12. Нелинейно-оптические методы преобразования излучения.
13. Оптические солитоны.
14. Фотонные кристаллы.
15. Элементарные возбуждения на границе раздела сред.
16. Модуляторы, дефлекторы, затворы, фильтры и другие преобразователи световых пучков.
17. Интегрально-оптические активные и пассивные компоненты.
18. Оптические сенсоры.
19. Лазерные спектрометры и лидары.
20. Оптическая гиометрия.
21. Квантовая телепортация и квантовые криптосистемы.

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в

рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: *устного опроса*  
Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.