

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

*подпись*

Т.А. Хагуров

«31» мая 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.02.02 ВОЛНОВОДНАЯ ФОТОНИКА

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление

подготовки/специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

*(наименование направления подготовки/специальности)*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины “Волноводная фотоника” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 “Информационные технологии и системы связи”.

Программу составил:

Михаил Михайлович Векшин,  
профессор кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета  
КубГУ, доктор физико-математических наук, доцент

Векш

Рабочая программа дисциплины “Волноводная фотоника” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ

протокол № 9 «12» апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники Яковенко Н.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КУБГУ

протокол № 5 «18» апреля 2024 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Ильченко Геннадий Петрович, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ

Кулиш Ольга Александровна, доцент Краснодарского высшего военного Краснознаменного училища имени генерала армии С.М.Штеменко

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель освоения дисциплины:

Изучение физико-технических и технологических принципов построения и фундаментальных физических основ функционирования устройств и элементов интегральной оптики, выполняющих функции обработки оптических сигналов в оптических системах связи и системах обработки информации.

### 1.2 Задачи дисциплины

1. Изучение фундаментальных основ функционирования и базовых приемов разработки интегрально-оптических функциональных схем и исследования их основных характеристик
2. Изучение основных технологий построения и материалов элементов и схем интегральной оптики

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Волноводная фотоника» относится к части дисциплин по выбору блока 1 учебного плана.

Данный курс опирается на знания, полученные при изучении дисциплин «Физика». Знания, приобретенные при освоении курса, могут быть использованы при решении различных задач по дисциплинам «Оптоэлектронные и квантовые приборы», «Системы и сети оптической связи».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований	В результате освоения дисциплины студент должен: Знать: Физические принципы работы элементов и устройств планарной фотоники, основные технологии формирования интегрально-оптических схем. Современный уровень, основные тенденции и перспективы развития оптической элементной базы инфокоммуникационных технологий. Основы работы с источниками научно-технической информации. Уметь: Проводить расчеты и проектировать базовые элементы интегрально-оптических схем. Изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт при проектировании сетей и систем связи Владеть: Методиками проектирования и измерения параметров схем планарной фотоники. Первичными навыками изучения научно-технической информации,
ИПК-1.1 Использует основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования;	
ИПК-1.2 Работает с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их	

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине
<p>составляющих;</p> <p>ИПК-1.3 Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг</p> <p>ПК-7</p> <p>Способен к проектированию объектов и систем связи, телекоммуникационных систем с применением систем автоматизированного проектирования</p>	<p>отечественного и зарубежного опыта при проектировании оптических элементов и схем для сетей и систем связи.</p>

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	
		5 семестр (часы)	6 семестр (часы)	Зимняя сессия (часы)	Летняя сессия (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>			<b>56,2</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>					
занятия лекционного типа			14		
лабораторные занятия			42		
практические занятия					
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)			5		
Промежуточная аттестация (ИКР)			0,2		
<b>Самостоятельная работа</b>			<b>46,8</b>		
<b>Контроль</b>					
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>			
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>56,2</b>			
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>			

## 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Обзорная лекция по волноводной фотонике		2			5
2	Базовые волноводные элементы интегральной оптики. Физические основы распространения излучения в волноводных структурах.		2		24	5
3	Волноводные устройства с применением электрооптического и акустооптического эффекта		2			5
4	Интегрально-оптические разветвители, направленные ответвители, мультиплексоры и их применение		2		8	5
5	Методы измерения параметров волноводов интегральной оптики		2		4	5
6	Материалы и технологии формирования интегрально-оптических схем.		1			5
7	Интегрально-оптические датчики		1			5
8	Субмикронная интегральная оптика.		1		6	5
9	Фотонные кристаллы и оптические микрорезонаторы.		1			5

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа и семинарские занятия

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Обзорная лекция по интегральной оптике и нанофотонике	Обзорная лекция по материалам дисциплины	КВ
2.	Базовые волноводные элементы интегральной оптики. Физические основы распространения излучения в волноводных структурах.	Планарные оптические волноводы. Волноводные и излучательные моды. Интегрально-оптические канальные волноводы, сегментированные канальные волноводы. Волноводы с вытекающими волнами (leaky waveguides). Базовые волноводные структуры интегральной оптики. Гибридные и монолитные интегрально-оптические схемы. Нелинейно-оптические эффекты в оптических волноводах.	КВ, реферат
3.	Волноводные устройства с применением электрооптического и акустооптического эффекта	Фазовые и амплитудные волноводные модуляторы. Спектральные электрооптические и акустооптические фильтры. Перестраиваемые оптические спектральные фильтры	КВ, реферат
4.	Интегрально-оптические разветвители, направленные ответвители, мультиплексоры и их	Интегрально-оптические направленные ответвители. переключатели и коммутаторы. Устройства на основе Y-разветвителей. AWG-мультиплексоры.	КВ, реферат

	применение		
5.	Методы измерения параметров волноводов интегральной оптики	Методы измерения параметров волноводов: затухания, размеров поля моды и волноводных характеристик	КВ, реферат
6	Материалы и технологии формирования интегрально-оптических схем.	Методы формирования элементов и устройств интегральной оптики в стекле, сегнетоэлектрических кристаллах, полупроводниковых и полимерных материалах. Промышленные технологии производства элементов и устройств интегральной фотоники в стекле и полупроводниковых материалах	КВ, реферат
7	Интегрально-оптические датчики	Интегрально-оптические датчики физических величин (давления, температуры, скорости) и химико-биологических реагентов.	КВ, реферат
8	Субмикронная интегральная оптика.	Технология формирования волноводных схем “кремний на изоляторе”.	КВ, реферат
9	Фотонные кристаллы и оптические микрорезонаторы.	Фотонные кристаллы и устройства на их основе..	КВ, реферат

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы

### 2.3.2 Лабораторные работы

№ п / п	Тема	Форма текущего контроля
1	Расчеты волноводных характеристик и распределений полей планарных оптических волноводов различных типов.	Отчет по лабораторной работе
2	Расчеты волноводных характеристик и распределений полей канальных оптических волноводов различных типов.	Отчет по лабораторной работе
3	Расчеты оптических характеристик нановолноводов	Отчет по лабораторной работе
4	Экспериментальное исследование параметров многоканального интегрально-оптического Y-разветвителя	Отчет по лабораторной работе
5	Экспериментальное исследование параметров оптического AWG-мультиплексора	Отчет по лабораторной работе
6	Экспериментальное определение эффективных размеров поля моды интегрально-оптического волновода	Отчет по лабораторной работе

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

----

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Изучение тем дисциплины, вынесенные на СРС	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Волноводная фотоника»
2	Подготовка отчетов по лабораторным работам	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Волноводная фотоника»
3	Подготовка к зачету	Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Волноводная фотоника»

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Электротехника и электроника».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме контрольных вопросов по темам дисциплины и по отчетам лабораторных работ и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к зачету.

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

#### *Примерный перечень вопросов и заданий*

#### **Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)**

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов рабочей программы.

1. Физический механизм каналирования оптического излучения в интегрально-оптических волноводах.
2. Принцип работы интегрально-оптического направленного ответвителя.
3. Принцип работы AWG-мультиплексора.
4. Применение электрооптического эффекта для создания волноводного модулятора оптического излучения Маха-Цендера.
5. Технология формирования элементов интегральной оптики методом ионного обмена в стекле.
6. Оптические характеристики фотонных кристаллов.
7. Принцип действия интегрально-оптического датчика вращения на основе эффекта Саньяка.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по разделам дисциплины, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять основной материал дисциплины, иллюстрируя его практическими примерам;

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести практические примеры, довольно ограниченный объем знаний материала программы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.



Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

#### **Основная литература**

- 1.Кульчин, Ю. Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем / Кульчин Ю. Н. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 440 с. - [https://e.lanbook.com/book/91158#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/91158#book_name).
- 2.Никитин, В.А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике / В. А. Никитин, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - [3-е изд., доп.]. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2013. - 245 с.
- 3.Салех, Бахаа Е. А. Оптика и фотоника. Принципы и применения : [учебное пособие : в 2 т.]. / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 759 с.,
- 4.Ларкин, А.И. Когерентная фотоника : [учебник] / А. И. Ларкин, Ф. Т. С. Юу. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 317 с.
- 5.Панов, М.Ф. Физические основы интегральной оптики : учебное пособие для студентов вузов / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов. - М. : Академия, 2010. - 427 с.
- 6.Янг, Матт. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы / М. Янг ; пер. с англ. Н. А. Липуновой, О. К. Нания, В. В. Стратонович ; под ред. В. В. Михайлина. - М. : Мир, 2005. - 541 с. : ил. - ISBN 5030034579. - ISBN 354065741X : 586 р.
- 7.Барыбин, А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн / А. А. Барыбин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 510 с.
- 8.Гончаренко А.М. Основы теории оптических волноводов / А. М. Гончаренко, В. А. Карпенко. - Изд. 2-е, испр. - М. : [Едиториал УРСС], 2004. - 237 с.

#### **Дополнительная литература**

- 1.Волноводная оптоэлектроника / под ред. Т. Тамира ; пер. с англ. А. П. Горобца, Г. В. Корнюшенко, Т. К. Чехловой под ред. В. И. Аникина. - М. : Мир, 1991. - 574 с.
- 2.Прохоров В.П. Моделирование физико-технологических параметров оптических ионообменных волноводов : монография / В. П. Прохоров, Н. А. Яковенко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2014. - 197 с.
- 3.Желтиков, А.М. Микроструктурированные световоды в оптических технологиях / А. М. Желтиков. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2009. - 191 с.

## 5.2. Периодическая литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>

## 5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/> "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .

8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

#### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Электротехника и электроника».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Электротехника и электроника» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям:

#### Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Метод эффективного показателя преломления расчета волноводных характеристик канальных оптических волноводов	Устный ответ, текстовый документ	1
2.	Формирование волноводного режима распространения оптического излучения в волноводах с утечкой (leaky waveguides)	Устный ответ, текстовый документ	1
3.	Измерение эффективного показателя преломления волноводной моды методом ее призмного возбуждения	Устный ответ, текстовый документ	1
4.	Принцип работы электрооптического волноводного оптического модулятора Маха-Цендера в различных режимах работы	Устный ответ, текстовый документ	1
5.	Формирование волноводного режима распространения оптического излучения в фотонных кристаллах	Устный ответ, текстовый документ	1
6	Интегрально-оптические датчики концентрации химических веществ: принцип действия	Устный ответ, текстовый документ	1
7	Технология формирования элементов субмикронной интегральной оптики “кремний на изоляторе”	Устный ответ, текстовый документ	1
8.	Оптические свойства поверхностных электромагнитных волн на основе поверхностных плазмонов	Устный ответ, текстовый документ	1
9.	Оптические свойства фотонных кристаллов	Устный ответ, текстовый документ	1
10	Метаматериалы	Устный ответ, текстовый документ	1
11	Субмикронная интегральная оптика	Устный ответ, текстовый документ	1

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

### 7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Операционная система MS Windows 10; интегрированное офисное приложение MS Office
Учебная аудитории N137с для проведения лабораторных работ.	Мебель: учебная мебель Оборудование: специализированные учебно-исследовательские стенды для проведения лабораторных работ по интегральной оптике и нанофотонике	-----
Учебная аудитории N133с для проведения лабораторных работ	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютерный класс	Операционная система MS Windows 10; приложение Matlab.
Учебная аудитории N133с для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютерный класс	Операционная система MS Windows 10; интегрированное офисное приложение MS Office, приложение Matlab.

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Операционная система MS Windows 10; интегрированное офисное приложение MS Office.

