

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

(должность, уч. степень, звание)
В.И. Казаков

(инициалы, фамилия)

(подпись)
« 25 » 02 20 26 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Интегральная оптика»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.05
Наименование направления подготовки/ специальности	Лазерная техника и лазерные технологии
Наименование направленности/ специализации	Лазерная техника и лазерные технологии
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Санкт-Петербург – 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

(должность, уч. степень, звание) В.И. Казаков

(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«16» февраля 2026 г, протокол №7/26

Заведующий кафедрой № 23

(уч. степень, звание) А.Р. Бестугин

(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

(должность, уч. степень, звание) Н.В. Марковская

(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Интегральная оптика» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» направленности «Лазерная техника и лазерные технологии». Дисциплина реализуется кафедрой № 23.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен к разработке технологических процессов изготовления типовых узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем»

ПК-8 «Способен к расчёту, проектированию и конструированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими основами распространения света в планарных и канальных диэлектрических волноводах, методами расчета волноводных мод, принципами построения, проектирования, изготовления и применения пассивных и активных интегрально-оптических элементов и фотонных интегральных схем.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия и самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний о физических принципах, элементной базе, материалах и технологиях интегральной оптики, а также умений анализировать технические требования, рассчитывать основные параметры и обосновывать конструктивно-технологические решения при разработке интегрально-оптических элементов и фотонных интегральных схем для лазерных приборов и систем.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен к разработке технологических процессов изготовления типовых узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем	ПК-1.У.1 уметь анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем; проектировать оснастку для изготовления деталей лазерной техники; определять, формулировать и обосновывать параметры, режимы и условия реализации разрабатываемых деталей
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен к расчёту, проектированию и конструированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных опτικο-электронных приборов и систем	ПК-8.3.1 знать основные типы и характеристики оптических систем лазерных опτικο-электронных приборов, оборудования и технологий; элементную базу, используемую в изделиях лазерной техники; оптические материалы и технологии; методы работы с научно-технической литературой и информацией; правила оформления чертежей и конструкторской документации; компьютерные технологии моделирования и конструирования лазерных опτικο-электронных приборов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Волоконно-оптические компоненты»;
- «Геометрическая оптика»;
- «Информационная оптика»;

- «Материалы в лазерной технике»;
- «Основы квантовой электроники»;
- «Основы матричной оптики»;
- «Основы оптики».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

«Производственной преддипломной практики», подготовке выпускной квалификационной работы и прохождении государственной итоговой аттестации.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	10	10
Аудиторные занятия, всего час.	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)	0	0
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	0	0
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	52	52
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Физические основы интегральной оптики Тема 1.1. Интегральная оптика и фотонные интегральные схемы Тема 1.2. Планарные волноводы и направляемые моды	2	2	0	0	10
Раздел 2. Методы расчета оптических волноводов Тема 2.1. Планарные и канальные волноводы Тема 2.2. Дисперсия, потери, изгибы и переходы	2	2	0	0	12

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Раздел 3. Пассивные интегрально-оптические элементы Тема 3.1. Ответвители, делители, интерферометры и решетки Тема 3.2. Резонаторы, фильтры и мультиплексоры	2	2	0	0	10
Раздел 4. Активные интегрально-оптические устройства Тема 4.1. Модуляторы и переключатели Тема 4.2. Источники, усилители, приемники и нелинейные устройства	2	2	0	0	10
Раздел 5. Материалы, технологии и проектирование фотонных интегральных схем Тема 5.1. Материальные платформы и технологии изготовления Тема 5.2. Ввод-вывод излучения, контроль параметров и области применения	2	2	0	0	10
Итого в семестре:	10	10	0	0	52

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Интегральная оптика как направление фотоники. Преимущества и ограничения интеграции. Классификация фотонных интегральных схем. Устройство планарного диэлектрического волновода. Полное внутреннее отражение и волноводное распространение. Уравнения Максвелла, волновое уравнение, граничные условия. ТЕ- и ТМ-моды. Постоянная распространения, эффективный показатель преломления, нормированная частота и условия отсечки.
2	Дисперсионные уравнения симметричных и асимметричных планарных волноводов. Модовый состав и распределение поля. Канальные, полосовые, гребенчатые и погруженные волноводы. Метод эффективного показателя преломления, метод распространения пучка и численные методы анализа. Материальная и волноводная дисперсия. Потери на поглощение, рассеяние, шероховатость и изгиб. Адиабатические переходы и сужения.
3	Способы ввода и вывода излучения: торцевое, призмное и решеточное сопряжение. Теория связанных мод. Направленные ответвители, Y-разветвители и многомодовые интерференционные делители. Интерферометр Маха–Цендера. Брэгговские решетки, эшелонированные волноводные решетки, кольцевые резонаторы и интегральные оптические фильтры.
4	Физические принципы активного управления светом в волноводах. Электрооптические, термооптические, акустооптические и носитель-инжекционные модуляторы и переключатели. Интегральные полупроводниковые лазеры, оптические усилители и фотоприемники. Основы нелинейной интегральной оптики: генерация гармоник, параметрические процессы и четырехволновое смешение.
5	Материальные платформы: стекла, ниобат лития, полупроводники III–V, кремний-на-изоляторе, нитрид кремния и полимеры.

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Технологии изготовления: осаждение пленок, диффузия, ионный обмен, ионная имплантация, литография и травление. Технологический маршрут изготовления. Контроль геометрических, оптических и спектральных характеристик. Корпусирование и сопряжение с оптическим волокном. Основы проектирования фотонных интегральных схем и области применения.

Лекционные занятия сопровождаются демонстрацией схем, профилей волноводных мод и результатов компьютерного моделирования; по отдельным вопросам проводятся управляемые дискуссии и сравнительный анализ технологических платформ.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8					
1	Расчет условий волноводного распространения, нормированной частоты и модового состава планарного диэлектрического волновода	Решение расчетных задач, анализ распределений поля	2	2	1
2	Определение эффективного показателя преломления, дисперсии и потерь канального волновода. Оценка влияния геометрических и оптических параметров	Расчетно-графическое занятие, компьютерное моделирование	2	2	2
3	Расчет направленного ответвителя, интерферометра Маха–Цендера, решеточного элемента или кольцевого резонатора	Решение проектно-расчетных задач, сравнительный анализ схем	2	2	3
4	Расчет и выбор параметров интегрально-оптического модулятора или переключателя для заданных технических требований	Инженерный кейс, расчет и обоснование технического решения	2	2	4
5	Выбор материальной платформы и технологии изготовления. Формирование структурной схемы фотонного интегрального устройства	Проектный кейс, групповое обсуждение, защита решения	2	2	5
Всего			10	10	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/ п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	22	22
Курсовое проектирование (КП, КР)	0	0
Расчетно-графические задания (РГЗ)	16	16
Выполнение реферата (Р)	0	0
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	4	4
Домашнее задание (ДЗ)	4	4
Контрольные работы заочников (КРЗ)	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	6
Всего:	52	52

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
535.8(075) П 16	Панов, М. Ф. Физические основы интегральной оптики: учебное пособие/ М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов. - М.: Академия, 2010. - 432 с.: рис.. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника). - Библиогр.: с. 422	20
681.7 А 25	Агравал, Г. Применение нелинейной волоконной оптики: учебное пособие/ Г.Агравал ; ред. И. Ю. Денисюк. - СПб.: Лань, 2011. - 592 с	ФО(2), ГС(15)
621.373 3-43	Звелто О. Принципы лазеров, Изд четвертое, М., 2008, 416 с.	13
681.8 Я-60	М. Янг. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы. Пер. с англ. - М.: Мир. - 2005. - 544с.	7
621.391 О-62	Оптические устройства в радиотехнике Учеб. пособие для вузов/ Под. ред. В.Н. Ушакова.- М.: Радиотехника, 2005	48
DOI 10.1007/b9 8730	Hunsperger, R. G. Integrated Optics: Theory and Technology / R. G. Hunsperger. – 6th ed. – New York : Springer, 2009. – XXVIII, 513 p.	Электронный ресурс
ISBN 978-1-4020-7635-0	Pollock, C. R. Integrated Photonics / C. R. Pollock, M. Lipson. – New York : Springer, 2003. – 376 p.	Электронный ресурс
DOI 10.1002/04 70861401	Lifante, G. Integrated Photonics: Fundamentals / G. Lifante. – Chichester : John Wiley & Sons, 2003. – 198 p.	Электронный ресурс
DOI 10.1017/CB O97813160 84168	Chrostowski, L. Silicon Photonics Design: From Devices to Systems / L. Chrostowski, M. Hochberg. – Cambridge : Cambridge University Press, 2015. – 437 p.	Электронный ресурс
ГОСТ Р 72187.1- 2025	ГОСТ Р 72187.1-2025. Оптика и фотоника. Оптика интегральная. Часть 1. Оптические волноводы. Термины и определения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2025. – 20 с.	Электронный ресурс

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине «Интегральная оптика» размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»
http://lib.aanet.ru/	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 25, 26, 27, от 31.01.2024 Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 058 от 27.02.2023 Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 257 от 29.05.2023
https://www.elibrary.ru/	Доступ в БД по договору SU-675/2024/746 от 27.12.2023 г.

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Веб-браузер
2	Программа для просмотра и подготовки документов в формате PDF

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Система электронного обучения ГУАП (LMS)
2	Электронный каталог и электронные библиотечные системы библиотеки ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная учебная аудитория, оснащенная компьютером преподавателя, проектором и экраном	51-06-03
2	Компьютерный класс с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и установленным программным обеспечением	13-17

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Предмет, задачи и основные этапы развития интегральной оптики. Понятие фотонной интегральной схемы.	ПК-8.3.1
2	Преимущества и ограничения интегрально-оптических устройств по сравнению с объемно-оптическими системами.	ПК-8.3.1
3	Классификация оптических волноводов и интегрально-оптических элементов.	ПК-8.3.1
4	Полное внутреннее отражение и условия направляемого распространения света в диэлектрическом волноводе.	ПК-8.3.1
5	Структура планарного оптического волновода: подложка, волноводный слой и покровная среда.	ПК-8.3.1
6	Волновое уравнение и граничные условия для планарного диэлектрического волновода.	ПК-8.3.1
7	ТЕ- и ТМ-моды. Постоянная распространения и эффективный показатель преломления.	ПК-8.3.1
8	Нормированная частота волновода, условия отсечки и определение числа направляемых мод.	ПК-8.3.1
9	Дисперсионные уравнения симметричного и асимметричного планарных волноводов.	ПК-8.3.1
10	Распределение поля направляемой моды и коэффициент оптического ограничения.	ПК-8.3.1
11	Канальные, полосовые, гребенчатые, щелевые и погруженные волноводы.	ПК-8.3.1
12	Метод эффективного показателя преломления и метод распространения пучка при анализе волноводов.	ПК-8.3.1
13	Материальная и волноводная дисперсия. Групповая скорость и групповая задержка.	ПК-8.3.1
14	Виды потерь в оптических волноводах и способы их уменьшения.	ПК-8.3.1
15	Изгибы, переходы и адиабатические сужения оптических волноводов.	ПК-8.3.1
16	Способы ввода и вывода излучения в интегрально-оптических устройствах.	ПК-8.3.1
17	Теория связанных мод и принцип действия направленного ответвителя.	ПК-8.3.1
18	Y-разветвители и многомодовые интерференционные делители мощности.	ПК-8.3.1
19	Интерферометр Маха–Цендера: структура, передаточная характеристика и применения.	ПК-8.3.1
20	Интегрально-оптические Брэгговские решетки и эшелонированные волноводные решетки.	ПК-8.3.1
21	Кольцевые микрорезонаторы: резонансные условия, добротность и свободный спектральный диапазон.	ПК-8.3.1
22	Электрооптические модуляторы и переключатели на основе интегральных волноводов.	ПК-8.3.1
23	Термооптические, акустооптические и носитель-	ПК-8.3.1

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	инжекционные методы управления светом.	
24	Интегральные полупроводниковые лазеры, оптические усилители и фотоприемники.	ПК-8.3.1
25	Нелинейные процессы в интегральных волноводах и их практическое применение.	ПК-8.3.1
26	Материалы и платформы интегральной оптики: стекла, ниобат лития, полупроводники III–V.	ПК-8.3.1
27	Кремниевая фотоника, платформы кремний-на-изоляторе и нитрид кремния.	ПК-8.3.1
28	Полимерные и гибридные интегрально-оптические структуры.	ПК-8.3.1
29	Методы изготовления волноводов: диффузия, ионный обмен и ионная имплантация.	ПК-8.3.1
30	Осаждение тонких пленок, фотолитография и травление при изготовлении фотонных интегральных схем.	ПК-8.3.1
31	Методы измерения модового состава, потерь, коэффициента связи и спектральных характеристик.	ПК-8.3.1
32	Основные этапы проектирования фотонной интегральной схемы. Учет технологических допусков и ограничений.	ПК-8.3.1
33	Задача: для заданных показателей преломления, толщины волноводного слоя и длины волны определить нормированную частоту и оценить число направляемых мод.	ПК-1.У.1
34	Задача: определить допустимую толщину волноводного слоя, обеспечивающую одномодовый режим на заданной длине волны.	ПК-1.У.1
35	Задача: рассчитать длину взаимодействия направленного ответвителя по заданному коэффициенту связи и требуемому отношению мощностей на выходах.	ПК-1.У.1
36	Задача: определить фазовый сдвиг и изменение выходной мощности интерферометра Маха–Цендера при заданном изменении эффективного показателя преломления.	ПК-1.У.1
37	Задача: определить резонансные длины волн и свободный спектральный диапазон кольцевого микрорезонатора.	ПК-1.У.1
38	Задача: по заданным техническим требованиям выбрать тип интегрально-оптического модулятора, материальную платформу и основные параметры структуры. Обосновать решение.	ПК-1.У.1
39	Задача: разработать укрупненный технологический маршрут изготовления заданного интегрально-оптического элемента и указать контролируемые параметры.	ПК-1.У.1
40	Комплексная задача: сформировать структурную схему фотонного интегрального устройства заданного назначения, выбрать элементную базу, материалы, методы ввода-вывода излучения и оценить ключевые характеристики.	ПК-1.У.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Какое условие необходимо для полного внутреннего отражения? а) переход из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим; б) переход из оптически более плотной среды в менее плотную при угле больше критического; в) нормальное падение; г) равенство показателей преломления.	ПК-8.3.1
2	Эффективный показатель преломления направляемой моды планарного волновода: а) всегда меньше показателя подложки; б) находится между показателями волноводного слоя и окружающих сред; в) равен единице; г) не зависит от длины волны.	ПК-8.3.1
3	Нормированная частота волновода определяет прежде всего: а) электрическую мощность источника; б) модовый состав волновода; в) температуру подложки; г) скорость травления.	ПК-8.3.1
4	Одномодовый режим планарного волновода обеспечивается: а) ограничением нормированной частоты; б) увеличением всех размеров без ограничений; в) отсутствием разности показателей преломления; г) только применением металла.	ПК-8.3.1
5	Какой метод часто используют для приближенного анализа прямоугольных канальных волноводов? а) метод эффективного показателя преломления; б) метод геометрических мест; в) метод теплового баланса; г) метод наименьших квадратов без модели.	ПК-8.3.1
6	Основной причиной потерь на рассеяние в интегральном волноводе может быть: а) шероховатость границ; б) идеальная однородность материала; в) полное отсутствие изгибов; г) увеличение длины когерентности источника.	ПК-8.3.1
7	Направленный ответвитель основан на: а) связи полей близко расположенных волноводов; б) тепловом излучении подложки; в) механическом перемещении зеркала; г) поглощении всего излучения.	ПК-8.3.1
8	Свободный спектральный диапазон кольцевого резонатора определяется главным образом:	ПК-8.3.1

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	а) оптической длиной кольца; б) цветом подложки; в) толщиной корпуса; г) напряжением питания фотоприемника.	
9	Электрооптический модулятор изменяет параметры света за счет: а) изменения показателя преломления под действием электрического поля; б) механического вращения всей подложки; в) только поглощения света воздухом; г) изменения длины волны лазера без взаимодействия с устройством.	ПК-8.3.1
10	Какая платформа широко применяется в кремниевой фотонике? а) кремний-на-изоляторе; б) только массивное дерево; в) воздух без подложки; г) сталь без диэлектрического слоя.	ПК-8.3.1
11	Фотолитография используется для: а) формирования топологии элементов; б) измерения температуры лазера; в) определения химического состава воздуха; г) юстировки объемного зеркала без маски.	ПК-8.3.1
12	Какой параметр необходимо учитывать при выборе материала для электрооптического модулятора? а) электрооптический коэффициент; б) только масса упаковки; в) цвет маркировки; г) число страниц технического паспорта.	ПК-1.У.1
13	При выборе волновода для одномодового устройства необходимо согласовать: а) длину волны, показатели преломления и геометрические размеры; б) только длину корпуса; в) только мощность источника питания; г) только тип разъема.	ПК-1.У.1
14	При разработке технологического маршрута в первую очередь следует учитывать: а) технические требования, материал и доступные технологические операции; б) случайный порядок операций; в) только стоимость упаковки; г) отсутствие контроля параметров.	ПК-1.У.1
15	Какой результат должен завершать проектный расчет интегрально-оптического элемента? а) обоснованные параметры и проверка их соответствия техническим требованиям; б) перечень формул без подстановки; в) замена исходных данных; г) отказ от оценки потерь.	ПК-1.У.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала: лекционный материал осваивается последовательно по разделам дисциплины: физические основы волнового распространения; методы расчета волноводов; пассивные и активные элементы; материалы и технологии; проектирование и применение фотонных интегральных схем. При работе с лекционным материалом обучающемуся рекомендуется вести конспект основных определений, расчетных соотношений и типовых структур, сопоставлять теоретические положения с примерами реальных интегрально-оптических устройств и самостоятельно воспроизводить ключевые выводы и расчетные схемы.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся в форме решения расчетных и проектных задач, компьютерного моделирования, анализа характеристик интегрально-оптических элементов и разбора инженерных кейсов. До занятия обучающийся изучает соответствующий раздел лекционного материала, основные расчетные соотношения и рекомендованные источники. На занятии необходимо обосновать выбранную модель, привести исходные данные в единицах СИ, выполнить расчет, оценить влияние параметров и сформулировать вывод о соответствии решения техническим требованиям.

При выполнении практического задания обучающийся должен: определить назначение и исходные требования к устройству; выбрать расчетную модель и необходимые допущения; выполнить расчет ключевых параметров; выбрать материал, структуру или технологию изготовления; оценить потери, допуски и ограничения; представить результат в виде расчетов, графиков, схем и краткого технического обоснования.

Результат выполнения практического задания представляется в письменном или электронном виде. Оцениваются корректность физической модели и расчета, обоснованность выбранных параметров и технологий, качество графического представления, соблюдение терминологии и способность защищать принятое решение.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются: учебно-методический материал по дисциплине.

Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графических и домашних заданий, анализ научно-технической литературы, подготовку к текущему контролю и экзамену. Особое внимание следует уделять выводу и применению дисперсионных соотношений, расчету модового состава, анализу пассивных и активных элементов, а также сопоставлению материальных платформ и технологий изготовления.

При самостоятельном решении задач рекомендуется придерживаться последовательности: анализ технических требований; построение схемы и расчетной модели; выбор исходных данных и единиц измерения; выполнение аналитического или численного расчета; проверка физической корректности; оценка влияния допусков и потерь; формулирование выводов. Используемые источники и программные средства должны быть указаны.

Материалы для самостоятельной работы размещаются в системе электронного обучения ГУАП и включают конспекты, перечни вопросов, варианты расчетно-графических заданий, примеры расчетов, справочные данные по материалам и элементам интегральной оптики, а также ссылки на рекомендуемые электронные ресурсы.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится по результатам выполнения практических, расчетно-графических и домашних заданий, кратких тестов и устных опросов. Контролируется знание основных понятий и типов интегрально-оптических устройств, умение применять расчетные соотношения, анализировать технические требования и обосновывать выбор материалов, параметров и технологий.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении экзамена. Обучающийся должен выполнить и представить все обязательные задания. Невыполненные или неудовлетворительно выполненные работы подлежат доработке до прохождения промежуточной аттестации.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15 и, как правило, включают два теоретических вопроса и одну расчетную или ситуационную задачу. Ответ может включать письменную подготовку, устное собеседование и защиту выполненного решения.

- Оценка «отлично» выставляется при полном и аргументированном раскрытии вопросов и правильном решении задачи; «хорошо» – при уверенном знании материала и отдельных несущественных неточностях; «удовлетворительно» – при освоении основных положений и частичном выполнении практической части; «неудовлетворительно» – при существенных пробелах в знаниях, невозможности объяснить принципы работы устройств или применить расчетные методы.

- При оценивании учитываются корректность терминологии и физических представлений, знание элементной базы, материалов и технологий, правильность расчетов, способность анализировать технические требования, обосновывать проектные решения и оценивать область их применимости.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой