

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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» сентября 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика лазеров»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика опто- и нанотехнологий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил

Профессор, док .ф.-м.  
наук, профессор

(должность, уч. степень, звание)



20.05.2021

(подпись, дата)

Котликов Е.Н.

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

«26» мая 2021 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



31.05.2021

(подпись, дата)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 03.03.01(01)

доц., к.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



31.05.2021

(подпись, дата)

Ю.А. Новикова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



31.05.2021

(подпись, дата)

М.С. Смирнова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Физика лазеров» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладная математика и физика» направленности «Прикладная физика опто- и нанотехнологий». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций»

ПК-5 «Способен разработать технические требования к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента»

ПК-6 «Способен подготовить и согласовать комплекты документации по предлагаемым к внедрению технологическим процессам с ответственными исполнителями смежных подразделений согласно бизнес-процессу систем менеджмента»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физикой лазеров.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

- получение студентами необходимых знаний и навыков в области физики, техники и оптики лазеров;
- представление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в использовании, создании, расчетах лазерных систем;
- создание поддерживающей образовательной среды преподавания для освоения технических дисциплин.

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-3 Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций	ПК-3.3.1 знать методы планирования эксперимента; методы сбора и обработки данных при проведении исследований ПК-3.У.1 уметь проводить эксперимент по заданным методикам; использовать компьютерные методы обработки результатов эксперимента ПК-3.В.1 владеть навыками составления научных обзоров
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен разработать технические требования к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента	ПК-5.3.1 знать особенности разработки технических требований к модернизации технологических линий с целью реализации концепции производства и оптимизации технологических процессов с учетом требований систем менеджмента ПК-5.У.1 уметь разрабатывать технические требования к модернизации технологических линий с учетом требований систем менеджмента ПК-5.В.1 владеть навыками разработки технических требований к модернизации технологических линий

Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен подготовить и согласовать комплекты документации по предлагаемым к внедрению технологическим процессам с ответственными исполнителями смежных подразделений согласно бизнес-процессу систем менеджмента	ПК-6.3.1 знать особенности подготовки и согласования комплектов документации по предлагаемым к внедрению технологическим процессам с ответственными исполнителями смежных подразделений согласно бизнес-процессу систем менеджмента ПК-6.У.1 уметь подготавливать и согласовывать комплекты документации с ответственными исполнителями смежных подразделений ПК-6.В.1 владеть навыками подготовки комплектов документации
------------------------------	---	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Физика;
- Основы оптики;
- Прикладная оптика;
- Математика. Математический анализ;
- Квантовая электроника.

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

## 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	
		№7	№8
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	6/ 216	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>	54	34	20
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	81	51	30
в том числе:			
лекции (Л), (час)	27	17	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	44	34	10
лабораторные работы (ЛР), (час)	10		10
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	36		36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	99	57	42
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет, Экз.	Зачет	Экз.

**1. Содержание дисциплины**  
**1.1. Распределение трудоемкости дисциплины**  
**по разделам и видам занятий**

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лек ции	П З (СЗ)	Л Р	К П	СР С
<b>Семестр 7</b>					
Раздел 1. Тема 1.1. Предмет и содержание дисциплины. Тема 1.2. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Тема 1.3 Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Тема 1.4 Однородное и неоднородное уширения.	6				18
Раздел 2. Характеристики лазерного излучения Тема 2.1. Монохроматичность. Когерентность. Направленность. Тема 2.2. Интенсивность. Поляризованность. Способы получения этих свойств от обычных источников и их недостатки. Тема Тема 2.3. Преимущества лазерного излучения .	6				18
Раздел 3. Условия генерации Тема 3.1. Условия усиления и генерации электромагнитных волн в среде. Тема 3.2. Поглощение и усиление. Инверсная среда. Тема 3.3 Сечение поглощения. Эффект насыщения. Импульсный режим, энергия насыщения	6	7			21
Итого в семестре:	18	22			57
<b>Семестр 8</b>					
Раздел 4. Резонаторы Тема 4.1. Устойчивые резонаторы. Тема 4.2. Неустойчивые резонаторы. Тема 4.3. Коэффициент увеличения, потери на излучение. Тема 4.4. Телескопический резонатор.	10	4	4		16

Раздел 5. Типы лазеров и их свойства. Тема 5.1. Газовые лазеры. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов. Аргонный лазер. Гелий-кадмиевый лазер. Тема 5.2. Молекулярные лазеры. Лазеры с продольной накачкой. Тема 5.3. Спектральные свойства CO <sub>2</sub> -лазеров. Тема 5.4. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Неодимовый лазер	9	6	6		16
Итого в семестре:	19	22	10		32
Итого:	37	44	10	0	89

#### 4.2.

#### 4.3. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Принципы лазерной генерации Предмет и содержание дисциплины. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Вероятность индуцированных переходов. Однородное и неоднородное уширения.
2	Характеристики лазерного излучения Монохроматичность. Когерентность. Направленность. Интенсивность. Поляризованность. Способы получения этих свойств от обычных источников и их недостатки. Способы демонстрации указанных свойств. Преимущества лазера как источника излучения, вытекающие из рассмотренных свойств излучения.
3	Условия генерации Условия усиления и генерации электромагнитных волн в среде. Поглощение и усиление. Инверсная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения. Импульсный режим, энергия насыщения
4	Резонаторы. Устойчивые резонаторы. Неустойчивые резонаторы. Коэффициент увеличения, потери на излучение. Симметричный резонатор. Телескопический резонатор. Селекция продольных мод.
5	Типы лазеров и их свойства Газовые лазеры. Основные методы возбуждения. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов. Аргонный лазер. Гелий-кадмиевый лазер. Молекулярные лазеры. Лазеры с продольной накачкой. Спектральные свойства CO <sub>2</sub> -лазеров. Газодинамические лазеры. Эксимерные лазеры. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Неодимовый лазер.

#### 4.4. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 7</b>				
	Принципы лазерной генерации	Решение задач	8	1
	Характеристики лазерного излучения	Решение задач	8	2
	Условия генерации	Решение задач	6	3
<b>Семестр 8</b>				
	Резонаторы. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.	Решение задач	11	4
	Типы лазеров и их свойства	Решение задач	11	5
<b>Всего:</b>			<b>44</b>	

#### 4.5. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ /п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 8</b>			
	Исследование расходимости лазерного излучения	2	2
	Исследование спектральных характеристик диэлектрических зеркал лазеров	4	3
	Спектральные характеристики интерференционных светофильтров	4	4
<b>Всего:</b>		<b>10</b>	

#### 4.6. Курсовое проектирование (работа)

4.7. Учебным планом не предусмотрено

4.8. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час	Семестр 8, час
1	2	3	4
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	89	57	32
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	62	40	22
Подготовка к текущему контролю (ТК)	27	17	10

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

## 6. Перечень основной и дополнительной литературы

### 6.1 Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7– Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
[621.373.826В 18]	Котликов Е.Н., Андреев В.М., Лавровская Н.П. Новикова Ю.А., Тропин А.Н.. Оптика лазеров. СПб.: ГУАП. 2016.	ФО(5), ГС(18)
[681.785.6(075)П 79]	Котликов Е.Н., Новикова Ю.А., Тропин А.Н. Физика лазеров. СПб.: ГУАП. 2019.	ФО(5), ГС(15)
[621.373.826(075)З-43]	Звелто О. Принципы лазеров. СПб., Лань, 2008	ФО(2), КЛЧЗ(2), ГС(6), ГСЧЗ(2)
[53(075)]	Савельев И.В. Курс общей физики: Учебное пособие в 3 т. 2007. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.	ФО(4), ГС(94), ГСЧЗ(1)

### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
[531 В83]	Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. 2012.	ФО(3), ГС(138), ГСЧЗ(1), ПГ(30),
[53(075) Т76]	Трофимова Т.И. Курс физики. 2003	ГС(35)
[53(075) С12]	Савельев И.В. Курс физики: Учебное пособие в 3.т. Т.2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. 2008	ФО(2), ГС(98)

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины.

URL адрес	Наименование
<a href="http://lib.aanet.ru/">http://lib.aanet.ru/</a>	Библиотека ГУАП
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 1
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 2
<a href="http://lms.guap.ru">http://lms.guap.ru</a>	Физика 3

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Microsoft Windows, MS Visio, MS Project - № 5024789156 от 12.18.2017 Номер подписки Microsoft Imagine Premium: 1203679029 Microsoft Office - № 809-3 от 04.07.17 . Номер лицензии Microsoft Office: 68710015 AutoCAD R20.1.49.0.0 (лицензия: сетевая 563-59077482) Microsoft Visual Studio 2017 Community 15.0.26730.15 (лицензия: GPL) Dev-C++ 5 (лицензия: GPL) PascalABC.NET 3.3.0.1542 (лицензия: LGPL v3) Scilab 6.0.2 (лицензия: GPL) Umbrello UML Modeller 2.29.0 (лицензия: GPL) Oracle VM Virtual Box 5.1.28.17968 (лицензия: GPL v2)

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.	Гастелло, д. 15, аудитория №32-02
2	Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; лабораторное оборудование: ПЭВМ - 19 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет.	Гастелло, д. 15, аудитория №22-08
3	Учебная аудитория для лабораторных занятий. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (1.1. Фурье – спектрометр инфракрасный. ФСМ 22111; 1.2. Система обработки данных на базе ПЭВМ, включая монитор LCD 18,5” и лазерный принтер.; 2. Спектрофотометр СФ – 56; 3.1. Фурье – спектрометр инфракрасный ФСМ 1201, включая базовое программное обеспечение FSрес; 3.2. Система обработки данных спектрометра на базе ПЭВМ, включая монитор LCD 18,5” и лазерный принтер; 4. Комплекс лабораторный ЛКО - 2Р; 5. Комплекс лабораторный ЛКО – 6Р №28; 6. Приставка зеркального отображения ПЗО – 10; 7. Приставка зеркального отображения ПЗО – 9; 8. Приставка зеркального отображения ПЗО – 45)	Гастелло, д. 15, аудитория №31-04 а
4	Учебная аудитория для лабораторных занятий. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; вакуумная установка УВРИ-2 для напыления различных материалов.	Гастелло, д. 15, аудитория №32-07

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

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; Экзаменационные билеты;
	Задачи; Тесты.
Зачет	Список вопросов; Тесты; Задачи.

9.1. 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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

9.2. 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	Индукцированные и спонтанные переходы.	ПК-3.3.1
2	Расчет однородного и неоднородное уширения	ПК-3.У.1
3	Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцевская форма линии.	ПК-3.В.1
4	Условия усиления и генерации электромагнитных волн в среде.	ПК-5.3.1
5	Сечение поглощения. Эффект насыщения. Импульсный режим, энергия насыщения.	ПК-5.У.1
6	Открытые резонаторы. Условия самовозбуждения. Условия резонанса.	ПК-5.В.1
7	Моды. Время жизни пассивного резонатора. Дифракционные потери.	ПК-6.3.1
8	Устойчивые резонаторы. Условие устойчивости. Типы устойчивых резонаторов.	ПК-6.У.1
9	Расчет частоты генерации.	ПК-6.В.1
10	Гауссовы пучки.	ПК-3.3.1
11	Преобразование гауссовых пучков линзой.	ПК-3.У.1
12	Неустойчивые резонаторы.	ПК-3.В.1
13	Селекция продольных мод.	ПК-5.3.1
14	Дисперсионные резонаторы.	ПК-5.У.1
15	Типы лазеров и их свойства.	ПК-5.В.1
16	Основные методы возбуждения. Электрический разряд, газодинамика, химическое возбуждение, фотодиссоциация, оптическая накачка.	ПК-6.3.1
17	Схема уровней. Параметры разряда, параметры гелий-неонового лазера.	ПК-6.У.1
18	Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов. Аргоновый лазер. Гелий-кадмиевый лазер.	ПК-6.В.1
19	СО <sub>2</sub> -лазеры	ПК-3.3.1
20	Молекулярные лазеры. Требования к рабочему веществу мощных газовых лазеров с высоким КПД	ПК-3.У.1
21	Спектральные свойства СО <sub>2</sub> -лазеров. Перестройка частоты излучения	ПК-3.В.1
22	Твердотельные лазеры. Внутрикристаллическое поле. Уровни энергии иона хрома в корунде.	ПК-5.3.1
23	Рубиновый лазер.	ПК-5.У.1
24	Тенденции развития лазерной техники.	ПК-5.В.1
25	Уровни энергии иона неодима. Неодимовый лазер.	ПК-6.3.1
26	Методы нелинейной оптики	ПК-6.У.1
27	Лазерные системы для ИК-, видимого, далекого	ПК-6.В.1
28	Энергетические уровни	ПК-3.3.1
29	Спонтанное излучение. Вынужденное излучение	ПК-3.3.1
30	Вероятности поглощения и вынужденного излучения	ПК-3.3.1
31	Разрешенные и запрещенные переходы	ПК-3.3.1
32	Усиленное спонтанное излучение	ПК-3.3.1
33	Способы возбуждения активных сред. Оптическая накачка. Электрическая накачка	ПК-3.3.1
34	Оптические резонаторы	ПК-6.В.1
35	Монохроматичность	ПК-3.В.1
36	Пространственная и временная когерентность	ПК-3.3.1

37	Расходимость	ПК-3.3.1
38	Выходная мощность и яркость	ПК-6.В.1
39	Режимы работы лазера. Непрерывный режим работы лазера. Нестационарный режим работы лазера	ПК-5.В.1
40	Методы модуляции добротности. Активные модуляторы. Пассивные модуляторы	ПК-5.В.1
41	Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Неодимовые лазеры. Другие типы твердотельных лазеров	ПК-5.3.1
42	Газовые лазеры. Гелий-неоновый лазер. Аргоновый лазер. CO <sub>2</sub> - лазер	ПК-5.3.1
43	Полупроводниковые лазеры	ПК-5.3.1
44	Лазеры на свободных электронах	ПК-3.У.1
45	Рентгеновские лазеры	ПК-3.У.1
46	Основные технические параметры лазеров	ПК-6.У.1
47	Области применения лазеров.	ПК-6.3.1

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
1	Расчет коэффициентов Эйнштейна	ПК-3.3.1
2	Вероятность индуцированных переходов.	ПК-3.У.1
3	Однородное и неоднородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.	ПК-3.В.1
4	Поглощение и усиление. Инверсная среда.	ПК-5.3.1
5	Условия усиления и генерации электромагнитных волн в среде.	ПК-5.У.1
6	Открытые резонаторы.	ПК-5.В.1
7	Устойчивые резонаторы. Условие устойчивости.	ПК-6.3.1
8	Максимальная выходная мощность.	ПК-6.У.1
9	Расчет частоты генерации.	ПК-6.В.1
10	Конфокальный резонатор	ПК-3.3.1
12	Распределение поля. Гауссовы пучки. Размер пятна. Расходимость излучения.	ПК-3.У.1
13	Преобразование гауссовых пучков линзой.	ПК-3.В.1
14	Частотная и пространственная селекция	ПК-3.3.1
15	Неустойчивые резонаторы. Коэффициент увеличения, потери на излучение..	ПК-3.У.1

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

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

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения 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	Перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Расчет коэффициентов Эйнштейна	ПК-3.3.1
2	Вероятность индуцированных переходов.	ПК-3.У.1
3	Однородное и неоднородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.	ПК-3.В.1

4	Поглощение и усиление. Инверсная среда.	ПК-5.3.1
5	Условия усиления и генерации электромагнитных волн в среде.	ПК-5.У.1
6	Открытые резонаторы.	ПК-5.В.1
7	Устойчивые резонаторы. Условие устойчивости.	ПК-6.3.1
8	Максимальная выходная мощность.	ПК-6.У.1
9	Расчет частоты генерации.	ПК-6.В.1
10	Конфокальный резонатор	ПК-3.3.1
12	Распределение поля. Гауссовы пучки. Размер пятна. Расходимость излучения.	ПК-3.У.1
13	Преобразование гауссовых пучков линзой.	ПК-3.В.1
14	Частотная и пространственная селекция	ПК-3.3.1
15	Неустойчивые резонаторы. Коэффициент увеличения, потери на излучение..	ПК-3.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

9.3. 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.

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

10.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*).

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 рассмотрена в учебных пособиях:

- Котликов Е.Н., Андреев В.М., Лавровская Н.П. Новикова Ю.А., Тропин А.Н. Оптика лазеров. СПб.: ГУАП. 2016;
- Котликов Е.Н., Новикова Ю.А., Тропин А.Н. Физика лазеров. СПб.: ГУАП. 2019.

## 10.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

#### Требования к проведению семинаров

#### 10.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических (семинарских) 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 обучающимся 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.

#### 10.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

- В течение семестра каждый студент в соответствии с рабочей программой по дисциплине Физика должен выполнить определенное число лабораторных работ. На каждую лабораторную работу планируется не менее двух занятий: одно – на выполнение измерений, и одно – на защиту отчета. Отчет пишется не во время занятий, а дома или в библиотеке.
- В начале семестра до начала занятий студент должен быть проинструктирован по технике безопасности при проведении лабораторных работ по физике. Прохождение

инструктажа фиксируется в специальном журнале; там нужно обязательно расписаться.

- В лабораторию студенты должны приходить подготовленными к назначенной работе. Необходимо заранее прочитать описание работы и теоретические сведения из соответствующего раздела курса. Не забывайте о рекомендованной литературе и обязательно получите в библиотеке все пособия, выпускаемые кафедрой.
- Выполнять работу студенту разрешается, лишь после допуска, полученного после беседы с преподавателем. Преподаватель должен убедиться, что студент понимает:
  - какие явления он будет наблюдать и исследовать;
  - какая цель перед ним поставлена;
  - какими приборами и как ведутся измерения;
  - как следует проводить эксперимент.
- Полученный допуск к работе отмечается преподавателем в журнале.
- В процессе выполнения лабораторной работы нужно обязательно заполнить протокол измерений. У каждого студента протокол измерений должен быть свой; ведение одного протокола несколькими студентами вместе не допускается. Протокол ведется на листе формата А4. В протоколе должно быть отражено:
  - точное полное название и номер лабораторной работы в соответствии с методическим пособием;
  - фамилия, инициалы студента и номер группы;
  - фамилия и инициалы преподавателя;
  - таблица технических характеристик измерительных приборов (название прибора, рабочий диапазон, цена деления, класс точности и др.);
  - параметры установки, на ней указанные;
  - результаты измерений;
  - дата и подпись студента.
- Все записи должны вестись авторучкой, шариковой, капиллярной или гелевой ручкой. Запись наблюдений и данных карандашом не допускается, карандашом можно лишь чертить таблицы и графики. Ведение «черновиков протокола» и переписывание их в конце занятия начисто не рекомендуется; это ненужная трата времени и возможность допустить ошибку при переписывании. Старательность и аккуратность лучше проявить при оформлении отчета.
- По окончании измерений протокол обязательно дается на подпись преподавателю. Без этой подписи протокол считается недействительным. Подпись студента в протоколе обозначает, что он отвечает за все проведенные измерения, а подпись преподавателя означает, что работа действительно выполнялась и указанные значения действительно получены именно тем студентом, который составил протокол.
- По результатам, зафиксированным в протоколе измерений, студент дома пишет отчет и защищает его на следующем занятии. При защите отчета могут быть заданы любые вопросы по теории изучаемого явления и по полученным результатам. За принятый отчет преподаватель выставляет студенту оценку и после этого сообщает номер и название следующей лабораторной работы.

## Структура и форма отчета о лабораторной работе

- Отчет должен содержать следующие разделы:
- 1. Цель работы.
- Она сформулирована в описании лабораторной работы, отсюда ее следует переписать.
- 2. Описание лабораторной установки.
- Описание установки должно быть кратким. Следует ограничиться функциональной или электрической схемой установки. Не нужно приводить внешнего вида приборов. Далее необходимо описать эксперимент и перечислить измерительные приборы в таблице технических характеристик, перенесенной из протокола измерений.
- 3. Рабочие формулы.
- Рабочими называются только те формулы, по которым непосредственно производятся вычисления исследуемых величин. Слева в формуле должно стоять то, что следует определить, справа - то, что измерялось в работе или известно. Все приведенные формулы должны быть пронумерованы.
- Вывод формул и промежуточные выражения в этом разделе приводить не нужно. Формулы для вычисления погрешностей и проведения математической обработки результатов измерений в этом разделе тоже не приводятся.
- 4. Результаты измерений и вычислений.
- В этом разделе отчета должны быть приведены все измеренные и вычисленные результаты. По возможности, их нужно представлять в виде наглядных таблиц. В приводимых значениях нельзя оставлять лишние десятичные разряды (подробнее об этом пойдет речь ниже). В работе может быть несколько заданий, все они должны быть приведены в этом разделе.
- 5. Примеры вычислений.
- В этом разделе отчета должны быть приведены подробные примеры вычислений по каждой рабочей формуле. Не нужно приводить всех вычислений, вполне достаточно одного примера по каждой формуле. Этот раздел нужен для того, чтобы преподавателю было легче найти ошибку в вычислениях или измерениях, если таковые встретятся.
- 6. Вычисление погрешностей.
- В этом разделе отчета должны быть представлены формулы, по которым проводилась математическая обработка результатов измерений. Должны быть выведены формулы, по которым вычислялись систематические и случайные погрешности и представлены примеры вычислений по каждой из них.
- Этот раздел отчета самый сложный для студентов. По нему больше всего вопросов, в нем больше всего ошибок. Теория погрешностей обычно бывает написана для подготовленного читателя, знакомого с высшей математикой. В настоящем пособии авторы постарались оставить лишь самое важное по этой теме и изложить материал по возможности просто.
- 7. Графики и рисунки.
- Небольшие графики и рисунки размещаются в тексте, а большие - формата А4 - приводятся на отдельном листе. В любом случае они должны быть подписаны и пронумерованы, на них должны быть ссылки в тексте отчета. Графики обязательно выполняются на миллиметровой бумаге. На каждой оси должно быть обозначено, какая величина и в каких единицах вдоль нее откладывается. На самих осях должны

быть нанесены только узлы координатной сетки. Измеренные на опыте значения подписывать на осях не следует. На график обязательно наносятся все экспериментальные точки, и проводится соединяющая их линия. Около одной или нескольких точек откладываются систематические погрешности соответствующих измерений (подробнее об этом пойдет речь ниже).

- 8. Окончательные результаты, их обсуждение, выводы.
- В этом разделе отчета нужно подвести итог проделанной работы. Следует написать, какие получены величины, и с какими погрешностями.
- Если измерения проводились разными методами, то обязательно нужно сравнить эти результаты и их погрешности, сделать заключение, какой метод лучше, точнее, удобнее.
- Если известно табличное значение измеренной величины, то нужно обязательно сравнить его с полученным на опыте значением и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.
- Если в работе значения одной и той же величины получены экспериментально и теоретически, то эти результаты нужно обязательно сравнить и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.
- В случае, когда между сравниваемыми величинами имеются недопустимые расхождения, это нужно обязательно отметить в отчете и высказать предположение о возможных причинах этого несовпадения.
- Если в работе ставилось целью проверить какой-то физический закон или изучить явление, то в данном разделе необходимо дать обоснованный ответ на поставленный вопрос.
- Вывод должен соответствовать цели работы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен выполняться на листах формата А4. Записи на листах ведутся только с одной стороны. По краям листа должна быть оставлена рамка шириной не менее 20 мм. Эту рамку рисовать на листах не нужно, но и заступать за нее не следует. В рамке в верхнем поле нужно лишь поставить номер страницы. Пронумерованными должны быть все листы отчета, начиная с третьего. Первый лист – титульный и второй лист – протокол измерений, не нумеруются.

Отчет следует писать от руки. Если Вы используете чужие заготовки, то будьте готовы отвечать за все «заимствованные» ошибки, которых бывает много. Сказанное в равной мере относится к формулам, которые Вы подсмотрели у кого-то, а не вывели сами. Лучше спросить преподавателя. Он подскажет или проверит, правильно ли у Вас получилось.

Титульный лист работы может быть написан от руки или напечатан на принтере. Электронная версия титульного листа находится на сайте ГУАПа.

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в следующих пособиях, имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. //И.И. Коваленко, Н.П.Лавровская, Н.Н.Литвинова, Е.В. Рутьков. Ю.Н. Царев, Б.Ф.Шифрин, С.Я. Щербак 2013. 80 с.
- 2.. Квантовая физика. Сборник задач //, И.И Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, В.Ф. Орлов, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев, С.Я Щербак, 2004, 56с.

3. Котликов Е.Н, Варфоломеев Г.А., Н.П.Лавровская, А.Н.Тропин, Е.В.Хонинева. Проектирование, изготовление и исследование интерференционных покрытий. СПб.: ГУАП. 2010.

10.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*)

Учебным планом не предусмотрено

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Учебным планом не предусмотрено

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Учебным планом не предусмотрено

*необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.*

10.6. 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им 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;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

10.7. 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.

*Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения текущего контроля успеваемости, а также как результаты текущего контроля успеваемости будут учитываться при проведении промежуточной аттестации.*

10.8. 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».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

*Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения промежуточной аттестации.*

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