

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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А. В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«10» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовая электроника»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности/ специализации	Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н., доц.  06.02.2026
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата)

Ю. А. Новикова
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3
«10» февраля 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.  10.02.2026
(уч. степень, звание) (подпись, дата)

А. В. Копыльцов
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.  20.02.2026
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата)

Н. Ю. Ефремов
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Квантовая электроника» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки / специальности 03.03.01 «Прикладные математика и физика» направленности «Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-6 «Способен разработать методики и технические руководства для экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурных материалов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими закономерностями формирования лазерного излучения, методами реализации этих закономерностей в области конструирования и эксплуатации устройств квантовой и оптической электроники.

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

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

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

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

- Формирование общих представлений в области устройств лазеров, методов определения физических параметров излучения, качественное и количественное описание процессов, происходящих в квантовых оптических генераторах.
- Приобретение студентами навыков в исследовании, проектировании и эксплуатации приборов и устройств оптоэлектронной техники.

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-6 Способен разработать методики и технические руководства для экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурных материалов	ПК-6.3.1 знать методы расчета погрешностей (неопределенностей) результатов измерений ПК-6.3.2 знать физические принципы работы, области применения и принципиальные ограничения методов и средств измерений ПК-6.3.3 знать методы диагностики и контроля параметров наногетероструктур и наноструктурных материалов ПК-6.У.1 уметь выбирать методы и средства контроля параметров приборов и материалов квантовой электроники и фотоники ПК-6.У.2 уметь разрабатывать методики контроля технологических процессов и наноструктурированных материалов ПК-6.В.1 владеть навыками принятия решений о возможности применения исследованных материалов и технологических процессов в производстве приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурированных материалов

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Учебная практика»,
- «Основы оптики»,
- «Современные лазерные и светотехнические системы».

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

- «Радиофизика»,
- «Фотоника».

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
		№6
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

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 (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Активная среда	3				5
Раздел 2. Оптический резонатор и методы управления параметрами лазерного излучения	4		7		10
Раздел 3. Способы получения инверсной заселенности и основные типы лазеров	7		10		13
Раздел 4. Области применения лазеров	3				10
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

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
Раздел 1	Активная среда Тема 1.1. Введение. Краткая историческая хронология начальных этапов развития квантовой электроники Тема 1.2. Основные виды лазерных сред Тема 1.3. Структура лазера. Общие требования к активной среде
Раздел 2	Оптический резонатор и методы управления параметрами лазерного излучения Тема 2.1. Волновая теория открытых резонаторов. Эквивалентные резонаторы. Тема 2.2. Гауссовы пучки. Волноводные резонаторы Тема 2.3. Динамика процессов и свойства излучения лазеров
Раздел 3	Способы получения инверсной заселенности и основные типы лазеров Тема 3.1. Лазеры на твердом теле. Рубиновый лазер. Неодимовый лазер. Тема 3.2. Лазеры на жидкостях. Тема 3.3. Газовые лазеры Тема 3.4. Полупроводниковые лазеры Тема 3.5. Волоконные лазеры
Раздел 4	Области применения лазеров Тема 4.1. Технологические лазерные системы обработки материалов Тема 4.2. Лазерные неразрушающие методы контроля параметров движущихся объектов. Тема 4.3. Применение лазеров в медицине.

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
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

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
Семестр 6				
1	Исследование гелий-неонового лазера. Измерение длины волны и длины	5		1

	когерентности излучения			
2	Определение расходимости лазерного излучения	4		2
3	Измерение ватт-амперных характеристик гелий-неонового лазера	4		3
4	Юстировка резонатора гелий-неонового лазера	4		4
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение 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 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	15
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	13	13
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	38	38

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

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)
621.373 Ф 50	Физика лазеров: учебно-методическое пособие / Е. Н. Котликов [и др.]; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Санкт-Петербург: Изд-во	10

	ГУАП, 2019. - 172 с.	
http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=1606	Борейшо, А. С. Лазеры: применение и приложения [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. С. Борейшо. – Спб.: Изд-во Лань, 2016. – 520 с.	
http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=1402	Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. – Спб.: Изд-во Лань, 2016. - 304 с.	
http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=1401	Богданов, А. В. Волоконные технологические лазеры и их применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Богданов, Ю.В. Голубенко. – Спб. : Изд-во Лань, 2016. – 208 с.	

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://new-science.ru/category/fizika/	Интернет-журнал «Новая Наука». Раздел физика
https://ufn.ru/ru/	Электронная версия журнала «Успехи физических наук», Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
https://znanaku.mipt.ru/category/science/physics/	Электронная версия журнала «За науку»
https://openedu.ru/	Образовательная платформа «Открытое образование»
https://fizikaguap.ru/	Образовательный ресурс кафедры физики ГУАП

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	MS Windows
2	MS Office

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
	Не предусмотрено

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	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.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-01
2	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)	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №31-04а

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; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

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»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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.

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	Каков физический смысл волновой функции?	ПК-6.3.1
2	В чем отличие стационарного и нестационарного уравнения Шрёдингера?	ПК-6.3.1
3	Назовите, какое излучение является когерентным.	ПК-6.3.2
4	Опишите, в чем отличие между временной и пространственной когерентностью.	ПК-6.3.2

5	Опишите, что такое инверсная населенность энергетических уровней.	ПК-6.3.3
6	Дайте определение понятию «монохроматическое излучение».	ПК-6.3.3
7	Объясните связь между временем жизни состояния и шириной спектральной линии.	ПК-6.У.1
8	Рассчитайте степень монохроматичности лазерного излучения, если оно обусловлено переходом, длительность которого составляет $\tau = 10^{-3}$ с	ПК-6.У.1
9	Сопоставьте свойства спонтанного и вынужденного излучения.	ПК-6.У.2
10	Лазер работает по трехуровневой схеме. Энергия основного состояния $E_1 = -8$ эВ, энергия возбужденного состояния $E_2 = -5$ эВ, энергия метастабильного состояния $E_3 = -5.2$ эВ. Определите длину волны, на которой происходит рабочее излучение.	ПК-6.У.2
11	Предложите описание принципа работы лазера на трехуровневой схеме.	ПК-6.В.1
12	Оцените соотношение времени жизни возбужденного и метастабильного состояния в рубиновом лазере.	ПК-6.В.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 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	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Укажите формулу, определяющую энергию светового кванта: 1) $E = (m \cdot c^2)/2$ 2) $E = h \cdot c$ 3) $E = h \cdot \lambda$ 4) $E = h \cdot \nu = h \cdot \lambda / c$	ПК-6.3.1
2	Каким образом импульс фотона связан с длиной волны? 1) Импульс прямо пропорционален длине волны 2) Импульс прямо пропорционален квадрату длины волны 3) Импульс обратно пропорционален длине волны 4) Импульс прямо пропорционален корню квадратному от длины волны	ПК-6.3.1
3	Выберите, какое из приведенных ниже высказываний правильно	ПК-6.3.2

	описывает способность атомов к излучению и поглощению энергии: «Атомы могут ...» 1) Поглощать и излучать лишь некоторый дискретный набор значений энергии 2) Излучать и поглощать любую порцию энергии 3) Излучать либо дискретный набор значений энергии, либо любую порцию энергии 4) Излучать любую порцию энергии, а поглощать лишь некоторый дискретный набор значений энергии	
4	Как называется состояние электрона в атоме, соответствующее минимальному возможному значению его энергии? 1) Возбужденное состояние 2) Метастабильное состояние 3) Основное состояние 4) Валентное состояние	ПК-6.3.2
5	Укажите, к какому диапазону излучения относятся переходы из серии Бальмера в атоме водорода. 1) Тепловое излучение 2) Рентгеновское излучение 3) Гамма излучение 4) Видимый свет	ПК-6.3.3
6	Укажите, в чем заключается смысл первого постулата Бора. 1) Утверждение о существовании стационарных состояний, в которых атом не излучает и не поглощает энергии 2) Разность энергий двух стационарных состояний равна энергии излучаемого или поглощаемого кванта света 3) В атоме электроны движутся по орбитам, близким к круговым 4) Атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов	ПК-6.3.3
7	Проанализируйте интенсивность света при интерференции одинаковых волн с интенсивностью I от когерентных источников в точке, в которой разность фаз равна $2\pi N$ ($N = 0, 1, 2, \dots$). 1) $4I$ 2) $3I$ 3) I 4) 0	ПК-6.У.1
8	Проанализируйте, как изменилась энергия атома водорода при излучении им фотона с длиной волны $\lambda = 4.86 \cdot 10^{-7}$ м. 1) Увеличилась на 4.86 эВ 2) Уменьшилась на 2.55 эВ 3) Уменьшилась на 4.86 эВ 4) Увеличилась на 9.72 эВ	ПК-6.У.1
9	Проанализируйте, какое из приведенных высказываний противоречит квантовой теории света:	ПК-6.У.2

	<p>1) Интенсивность света не зависит от плотности потока фотонов и их энергии</p> <p>2) Свет может излучаться и распространяться только отдельными порциями – квантами</p> <p>3) Каждому из квантовых состояний, в котором находится атомная система, соответствует определенный уровень энергии</p> <p>4) Для частицы не могут быть одновременно точно измерены координаты и импульс</p>			
10	<p>Оцените разность энергий основного и возбужденного состояния (в эВ). Дано: электрон в атоме перешел из возбужденного состояния в основное, и при данном переходе произошло излучение фотона с длиной волны 650 нм.</p> <p>1) 0,4 эВ</p> <p>2) 1,9 эВ</p> <p>3) 1,2 эВ</p> <p>4) 2,2 эВ</p>	ПК-6.В.1		
	Вопросы для проверки остаточных знаний			
11	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Укажите, что из перечисленного <u>не</u> является строгим условием для когерентности световых волн.</p> <p>1) Одинаковость амплитуд</p> <p>2) Постоянство разности фаз</p> <p>3) Равенство длин волн</p> <p>4) Равенство частот</p> <p>Ответ: 1) Одинаковость амплитуд, поскольку для устойчивой интерференционной картины необходимы равенство длин волн (а, следовательно, и частот) и постоянство разности фаз.</p>	ПК-6		
12	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Укажите, что из перечисленного ниже <u>не</u> является экспериментом по наблюдению интерференции света.</p> <p>1) Опыт Юнга</p> <p>2) Опыт Франка и Герца</p> <p>3) Кольца Ньютона</p> <p>4) Опыт Штерна и Герлаха</p> <p>5) Бипризма Френеля</p> <p>Ответ: 1, 3 и 5, так как опыты Франка и Герца, Штерна и Герлаха не связаны с оптикой.</p>			
13	<p><i>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца:</i></p> <p>Проведите соответствие между оптически прозрачными средами и величиной их абсолютного показателя преломления.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Среда</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Показатель преломления</td> </tr> </table>	Среда	Показатель преломления	
Среда	Показатель преломления			

	1) Вода	А) $n = 2.42$
	2) Алмаз	Б) $n = 1.33$
	3) Воздух	В) $n = 1$
	Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В	
14	<p><i>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо:</i> Расположите перечисленные виды электромагнитного излучения в порядке <u>возрастания</u> длины волны.</p> <p>А) Оранжевый свет Б) Фиолетовый свет В) Инфракрасное излучение Г) Ультрафиолетовые лучи</p> <p>Ответ: ГБАВ</p>	
15	<p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ:</i> Объясните, при каких условиях наблюдается явление полного внутреннего отражения света.</p> <p>Ответ: Полное внутреннее отражение наблюдается в том случае, когда свет падает из оптически более плотной среды в менее плотную под некоторым критическим углом.</p>	

Примечание. Система оценивания тестовых заданий различного типа:

1) **Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора** считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2) **Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора** считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3) **Задание закрытого типа на установление соответствия** считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4) **Задание закрытого типа на установление последовательности** считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5) **Задание открытого типа с развернутым ответом** считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный – 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

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:

- лекции согласно разделам (табл.3) и темам (табл.4).

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

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

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>

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

1. Волновая оптика. Лабораторный практикум // Е.Н. Котликов, И.П. Кректунова, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, А.Н. Тропин. СПбГУАП, 2013. 68 с.

2. Волновая оптика. Учебно-методическое пособие // Е.Н. Котликов, Ю.А. Новикова, Г.В. Терещенко. СПбГУАП, 2019. 118 с.

Квантовая физика. Лабораторный практикум // В.М. Андреев, М.Ю. Егоров, И.И. Коваленко, А.В. Копыльцов, Е.Н. Котликов, И.П. Кректунова, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, Д.А. Попов, В.К. Прилипко, Г.В. Терещенко, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин. СПбГУАП, 2021. 90 с.

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.

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).

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 осуществляется по календарному учебному графику. Сроки контрольных мероприятий и сроки подведения итогов отображаются в рабочих учебных планах на семестр. Обучающийся должен выполнить все контрольные мероприятия, предусмотренные на данный семестр, после чего преподаватель проставляет балльные оценки, набранные студентами по результатам текущего контроля.

Основными формами текущего контроля знаний, обучающихся являются: устный опрос на лекционных или практических занятиях; защита лабораторных работ. Средствами текущего контроля знаний, обучающихся могут быть: беседы преподавателя и обучающегося; контрольные вопросы и задания. Контрольное мероприятие считается выполненным, если за него студент получил оценку в баллах не ниже минимальной оценки, установленной преподавателем по данному мероприятию.

Ликвидация задолженности, образовавшейся в случае пропуска обучающимся занятий без уважительной причины, отказа обучающегося от ответов на занятиях, неудовлетворительного ответа обучающегося на занятиях, неудовлетворительного выполнения контрольных, лабораторных и практических работ может осуществляться на индивидуальных консультациях.

Результаты текущего контроля успеваемости обучающихся служат основой для промежуточной аттестации: получения зачета по учебной дисциплине или допуска к дифференциальному зачету или экзамену по учебной дисциплине.

В течение семестра для допуска к дифференциальному зачету или экзамену студенту необходимо сдать не менее 75% лабораторных и практических работ, выполнить тестирование в системе дистанционного обучения ГУАП <https://lms.guap.ru> не ниже оценки «удовлетворительно». В случае невыполнения вышеизложенного студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации, не может получить аттестационную оценку выше «удовлетворительно».

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».

В течение семестра студенту необходимо сдать не менее 50% лабораторных работ, не менее 50% практических работ, выполнить тестирования в среде LMS не ниже оценки "удовлетворительно". В случае невыполнения вышеизложенного, студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена, не может получить аттестационную оценку выше "хорошо".

Экзамен может проходить в виде устного опроса или тестирования. Основанием для допуска к промежуточной аттестации является успешное прохождение обучающимся текущего контроля успеваемости.

Критерии оценивания сформированности компетенций обучающегося:

Оценка «отлично»: уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка.

Оценка «хорошо»: уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.

Оценка «удовлетворительно»: уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.

Оценка «неудовлетворительно»: уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.

Основными ориентирами при подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине являются конспект лекций и перечень рекомендуемой литературы. При подготовке к сессии обучающемуся рекомендуется так организовать учебную работу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы. Основное в подготовке к сессии – это повторение всего материала курса, по которому необходимо пройти аттестацию. При подготовке к сессии следует весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы.

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» https://docs.guap.ru/guap/2020/sto_smk-3-76.pdf.

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