

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 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерное моделирование физики тонких пленок и нанопроцессов»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

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


(подпись, дата)

03.02.2025

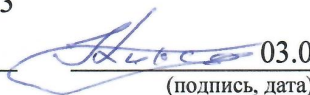
Ю.А. Новикова
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

« 03 » февраля 2025 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.
(уч. степень, звание)

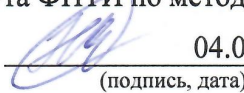

(подпись, дата)

03.02.2025

А.В. Копыльцов
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

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


(подпись, дата)

04.02.2025

Н.Ю. Ефремов
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Компьютерное моделирование физики тонких пленок и нанопроцессов» 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:

ОПК-2 «Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности»

ПК-1 «Способен проектировать сложное вакуумное технологическое оборудование электровакуумного и полупроводникового производства»

ПК-9 «Способен разрабатывать новые программы и методики испытаний инновационной продукции наноиндустрии»

ПК-10 «Способен проводить статистический анализ результатов испытаний инновационной продукции наноиндустрии»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами моделирования физических процессов и явлений, происходящих в системах пониженной размерности.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 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 тонких пленок, производства и исследования свойств тонких пленок и тонкопленочных покрытий; представление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в использовании, создании, оптических пленок; расчетах оптических покрытий на основе тонких пленок;

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части 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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.3.1 знать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности ОПК-2.У.1 уметь применять современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности ОПК-2.В.1 владеть навыками работы с современными информационными технологиями и программными средствами при решении задач профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен проектировать сложное вакуумное технологическое оборудование электровакуумного и полупроводникового производства	ПК-1.3.3 знать САД-системы: наименования, возможности и порядок работы с ними ПК-1.У.2 уметь производить разработку технической документации на сложное вакуумное технологическое оборудование с использованием текстовых редакторов, САД-систем и графических редакторов ПК-1.В.1 владеть навыками проектирования вакуумной системы сложного вакуумного технологического оборудования
Профессиональные компетенции	ПК-9 Способен разрабатывать новые программы и методики испытаний инновационной	ПК-9.3.1 знать современные достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в нанотехнологии ПК-9.3.2 знать основные понятия, термины и определения в области испытаний инновационной продукции

	продукции наноиндустрии	наноиндустрии ПК-9.3.3 знать назначение, устройство и принцип действия оборудования, используемого для измерений параметров инновационной продукции наноиндустрии ПК-9.У.1 уметь анализировать требования, предъявляемые к инновационной продукции наноиндустрии ПК-9.У.2 уметь формировать программу проведения испытаний инновационной продукции наноиндустрии, определяющую цель проведения испытаний, объем испытаний, условия испытаний
Профессиональные компетенции	ПК-10 Способен проводить статистический анализ результатов испытаний инновационной продукции наноиндустрии	ПК-10.3.1 знать способы работы с современными средствами обработки, хранения и передачи данных ПК-10.3.2 знать методы и средства выполнения аналитических расчетов, вычислительных и графических работ

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Физика»,
- «Математика. Математический анализ»,
- «Физические основы нанотехнологий».

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

- «Физика конденсированного состояния вещества».

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	№7
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	8/ 288	3/ 108	5/ 180
Из них часов практической подготовки	59	34	25
Аудиторные занятия, всего час.	102	51	51
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	17	17

лабораторные работы (ЛР), (час)	34	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	63	27	36
Самостоятельная работа , всего (час)	123	30	93
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., 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. Применение тонких пленок Тема 1.1. Классификация тонких пленок Тема 1.2. Тонкие пленки в оптоэлектронике Тема 1.3. Тонкие пленки в оптическом приборостроении	5	5	5		10
Раздел 2. Методы нанесения тонких пленок Тема 2.1. Резистивное и электроннолучевое испарение Тема 2.2. Катодное распыление Тема 2.3. Нанесение гонких пленок из газовой фазы	5	5	5		10
Раздел 3. Материалы для тонких пленок Тема 3.1. Требования к пленкообразующим материалам Тема 3.2. Оксиды. Тема 3.3. Фторидов и галогениды Тема 3.4. Сульфиды и селениды Тема 3.4. Полупроводниковые материалы	7	7	7		10
Итого в семестре:	17	17	17		30
Семестр 7					
Раздел 4. Механические свойства тонких пленок Тема 4.1. Понятие о структуре пленок. Тема 4.2. Зарождение и рост пленок. Тема 4.3. Внутренние напряжения. Тема 4.4. Механические свойства тонких пленок.	5	5	5		31
Раздел 5. Методы контроля и измерения толщины пленок Тема 5.1. Контроль по массе испаряемой навеске. Тема 5.2. Фотометрический метод контроля. Тема 5.3. Контроль по кварцевому датчику.	5	5	5		31

Раздел 6. Прецизионные измерения параметров тонких пленок Тема 6.1. Интерференционные методы определения толщины пленок Тема 6.2. Измерения в отраженном и прошедшем луче. Тема 6.1. Методы эллипсометрии.	7	7	7		31
Итого в семестре:	17	17	17		93
Итого	34	34	34	0	123

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	Применение тонких пленок Классификация тонких пленок. Тонкие пленки в оптоэлектронике. Тонкие пленки в оптическом приборостроении. Интерференционные покрытия.
Раздел 2	Методы нанесения тонких пленок Резистивное и электроннолучевое испарение. Катодное распыление. Нанесение тонких пленок из газовой фазы.
Раздел 3	Материалы для тонких пленок Требования к пленкообразующим материалам. Оксиды. Фториды и галогениды. Сульфиды и селениды. Полупроводниковые материалы.
Раздел 4	Механические свойства тонких пленок Понятие о структуре пленок. Зарождение и рост пленок. Внутренние напряжения. Методы их оценки. Механические свойства тонких пленок при испытаниях на растяжение, на твердость. Методы измерения этих параметров.
Раздел 5	Методы контроля и измерения толщины пленок Контроль по массе испаряемой навески. Фотометрический метод контроля. Контроль по кварцевому датчику. Преимущества и недостатки каждого метода.
Раздел 6	Прецизионные измерения параметров тонких пленок Интерференционные методы определения толщины пленок. Измерения в отраженном луче. Измерения в прошедшем луче. Методы эллипсометрии.

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	№ раздела
-------	---------------------------	----------------------------	---------------------	---------------------	-----------

				подготовки, (час)	дисциплины
Семестр 6					
1	Расчет распределения испаряемого вещества на подложке.	Решение задач	5		1
2	Расчет распределения равномерности толщины напыляемой пленки.	Решение задач	5		2
3	Обсуждение свойств пленок и пленкообразующих материалов	Семинар	7		3
Семестр 7					
4	Механические свойства тонких пленок	Решение задач	5		4
5	Фотометрический метод контроля	Решение задач	5		5
6	Прецизионные измерения параметров тонких пленок	Семинар	7		6
Всего			34		

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	Изготовление оптических пленок	5		1
2	Измерение распределения равномерности толщины напыленных пленок	5		2
3	Интерферометрические методы определения толщины пленки	7		3
Семестр 7				
4	Исследование спектральных характеристик пленок	5		4
5	Спектральные характеристики интерференционных покрытий	5		5
6	Моделирование свойств тонких пленок	7		6
Всего		34		

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	Семестр 7, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	82	20	62
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	41	10	31
Всего:	123	30	93

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)
[621.373.826(075)3-43]	Котликов Е.Н, Новикова Ю.А., Тропин А.Н. Проектирование и изготовление интерференционных покрытий. Монография. СПб.: ГУАП. 2015. 287 с.	ФО(2), КЛЧЗ(2), ГС(6), ГСЧЗ(2)
https://e.lanbook.com/book/212309	Путилин, Э. С. Оптические покрытия : учебник / Э. С. Путилин, Л. А. Губанова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 268 с.	
https://e.lanbook.com/book/212228	Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 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://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	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15,

	<p>аттестации.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.</p>	аудитория №32-01
2	<p>Учебная аудитория для практических занятий типа, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (модульные лабораторные установки по электромагнетизму: ФПЭ – 03, ФПЭ – 07, ФПЭ – 05, ФПЭ – 08, ФПЭ – 11, ФПЭ – 12, ФПЭ – 04 (ООО «Интос» г. Москва); микросистемы; лабораторные работы по волновой оптике: 1.Бипризма Френеля, 2.Кольца Ньютона, 3.Дифракция плоских волн, 4.Дифракционная решетка, 5.Поляризация света, 6.Определение длин волн спектральных линий; лабораторный стенд ИТЗ-ЭМ-П-ПО (ООО «Профобразование» г. Казань)).</p>	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-04
3	<p>Учебная аудитория для лабораторных занятий.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (модульные лабораторные установки по электромагнетизму: ФПЭ – 03, ФПЭ – 07, ФПЭ – 05, ФПЭ – 08, ФПЭ – 11, ФПЭ – 12, ФПЭ – 04 (ООО «Интос» г. Москва); микросистемы; лабораторные работы по волновой оптике: 1.Бипризма Френеля, 2.Кольца Ньютона, 3.Дифракция плоских волн, 4.Дифракционная решетка, 5.Поляризация света, 6.Определение длин волн спектральных линий; лабораторный стенд ИТЗ-ЭМ-П-ПО (ООО «Профобразование» г. Казань)).</p>	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-06
4	<p>Учебная аудитория для практических занятий, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование</p> <p>(лабораторный комплекс ЛКК-2М №36 и №37 (НТЦ «Владис», г. Москва); лабораторные стенды И-АЧТ-ПО, УИС-АВ-ДР, УИС-АВ-УСП-ПО (ООО Профобразование, г. Казань); установки ФПК-03, ФПК-05, ФПК-10 (НПП «Учебная техника», г. Москва)).</p>	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-05.
5	<p>Учебная аудитория для лабораторных занятий.</p> <p>Оснащение: Специализированная мебель; технические</p>	196135, г. Санкт-Петербург, ул.

	средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование. (лабораторный комплекс ЛКК-2М №36 и №37 (НТЦ «Владис», г. Москва); лабораторные стенды И-АЧТ-ПО, УИС-АВ-ДР, УИС-АВ-УСП-ПО (ООО Профобразование, г. Казань); установки ФПК-03, ФПК-05, ФПК-10 (НПП «Учебная техника», г. Москва)).	Гастелло, д. 15, аудитория №32-03.
6	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.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-07.
7	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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	

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
	Семестр 6	
1	Классификация тонких пленок	ОПК-2.3.1
2	Тонкие пленки в интерференционных покрытиях	ОПК-2.У.1
3	Тонкие пленки в полупроводниковых структурах	ОПК-2.В.1
4	Тонкие пленки в оптоэлектронике	ПК-1.3.3
5	Резистивное и электроннолучевое испарение	ПК-1.У.2
6	Закон косинусов для точечного и небольшого плоского испарителей	ПК-1.В.1
7	Методы осаждения пленок на подложках большой величины	ПК-9.3.1
8	Катодное распыление	ПК-9.3.2
9	Нанесение гонких пленок из газовой фазы	ПК-9.3.3
10	Требования к пленкообразующим материалам	ПК-9.У.1
11	Методы испарения окислов	ПК-9.У.2

12	Методы испарения сульфоселенидов	ПК-10.3.1
13	Методы испарения фторидов и бромидов	ПК-10.3.2
14	Свойства пленок SiO, SiO ₂ , Al ₂ O ₃	ОПК-2.3.1
15	Свойства пленок BaF ₂ , MgF ₂	ОПК-2.У.1
16	Свойства пленок TiO ₂	ОПК-2.В.1
17	Пленки из полупроводниковых материалов	ПК-1.3.3
Семестр 7		
18	Структура пленок	ОПК-2.3.1
19	Внутренние напряжения, способы их определения	ОПК-2.У.1
20	Механические свойства тонких пленок при испытаниях на растяжение, на твердость	ОПК-2.В.1
21	Методы измерения пленок на. растяжение, на твердость	ПК-1.3.3
22	Методы контроля толщины пленок во время напыления по кварцевому датчику	ПК-1.У.2
23	Фотометрические методы контроля толщины пленок во время напыления	ПК-1.В.1
24	Зарождение и рост пленок	ПК-9.3.1
25	Сравнительный анализ различных методов контроля толщины пленки	ПК-9.3.2
26	Обзор методов контроля толщины пленки	ПК-9.3.3
27	Распределение шероховатости поверхности пленок	ПК-9.У.1
28	Определение оптических постоянных пленок по спектрам	ПК-9.У.2
29	Определение оптических постоянных пленок по спектрофотометрическим измерениям	ПК-10.3.1
30	Определение оптических постоянных пленок по спектрам отражения.	ПК-10.3.2
31	Методы эллипсометрии.	ОПК-2.3.1
32	Численные методы нахождения оптической толщины пленки	ОПК-2.У.1
33	Применение тонких пленок в интерференционных покрытиях	ОПК-2.В.1
34	Применение тонких пленок в оптическом приборостроении	ПК-1.3.3
35	Применение тонких пленок в оптоэлектронике	ПК-1.У.2
36	Применение тонких пленок в полупроводниковой промышленности	ПК-1.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	<p>Установите соответствие между материалом проводника и его электропроводностью:</p> <table><tr><td>Материал</td><td>Электропроводность (σ, 1/(Ом·см))</td></tr><tr><td>А) Металл</td><td>1) $>10^{-15}$ - 10^{-10}</td></tr><tr><td>Б) Полупроводник</td><td>2) 10^{-10} - 10^3</td></tr><tr><td>В) Диэлектрик</td><td>3) 10^4 - 10^6</td></tr></table> <p>Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А</p>	Материал	Электропроводность (σ , 1/(Ом·см))	А) Металл	1) $>10^{-15}$ - 10^{-10}	Б) Полупроводник	2) 10^{-10} - 10^3	В) Диэлектрик	3) 10^4 - 10^6	
Материал	Электропроводность (σ , 1/(Ом·см))									
А) Металл	1) $>10^{-15}$ - 10^{-10}									
Б) Полупроводник	2) 10^{-10} - 10^3									
В) Диэлектрик	3) 10^4 - 10^6									
2	<p>Оцените, как соотносятся углы падения α и отражения φ света.</p> <p>1) $\alpha \gg \varphi$ 2) $\alpha > \varphi$ 3) $\alpha = \varphi$ 4) $\alpha < \varphi$</p>									
3	<p>Проанализируйте, чему равен абсолютный показатель преломления среды с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 16$ и магнитной проницаемостью $\mu = 1$?</p> <p>1) 1/32 2) 1/4 3) 4 4) 1/16</p>									
4	<p>Для объяснения какого явления может быть использован принцип Гюйгенса-Френеля?</p> <p>1) Когерентность 2) Дифракция 3) Поляризация 4) Корпускулярно-волновой дуализм</p>									
5	<p>Проанализируйте, чему равен период решетки, когда дифракционная решетка содержит 200 штрихов на миллиметр.</p> <p>1) 100 мкм 2) 500 мкм 3) 200 мкм 4) 5 мкм</p>									
6	<p>Проанализируйте интенсивность света при интерференции одинаковых волн с интенсивностью I от когерентных источников в точке, в которой разность фаз равна $2\pi \cdot N$ ($N = 0, 1, 2, \dots$).</p> <p>1) $4 \cdot I$ 2) $3 \cdot I$ 3) I 4) 0</p>									
7	<p>Найдите правильное название для векторной силовой характеристики электростатического поля.</p>									

	1) Потенциал 2) Напряженность 3) Индукция 4) Заряд	
8	Оцените, как зависит электрическая проводимость проводника от приложенной к нему разности потенциалов. 1) Прямо пропорционально 2) Пропорционально степени от разности потенциалов 3) Пропорционально квадрату 4) Не зависит	
9	Оцените степень поляризации Р света, если свет представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным. Интенсивность поляризованного света в луче равна интенсивности естественного света. 1) 25% 2) 35% 3) 50% 4) 75%	
10	Рассчитайте показатель преломления вещества, если скорость света при переходе луча из воздуха в некоторое вещество уменьшилась на 20%. 1) 1.2 2) 1.25 3) 0.2 4) 2.2	
11	Рассчитайте угол между оптическими осями поляризатора и анализатора. При прохождении скрещенных поляризатора и анализатора интенсивность света уменьшилась в 4 раза. 1) 60° 2) 45° 3) 30° 4) 90°	
	Вопросы для проверки остаточных знаний	
12	<i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i> Укажите, что из перечисленного <u>не</u> является строгим условием для когерентности световых волн. 1) Одинаковость амплитуд 2) Постоянство разности фаз 3) Равенство длин волн 4) Равенство частот Ответ: 1) Одинаковость амплитуд, поскольку для устойчивой интерференционной картины необходимы равенство длин волн (а, следовательно, и частот) и постоянство разности фаз.	ОПК-2

13	<p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа: Укажите, какие из перечисленных ниже наборов трех квантовых чисел в атоме являются допустимыми.</p> <p>1) $n = 1, l = 0, m = 0$ 2) $n = 0, l = 0, m = 0$ 3) $n = 2, l = 0, m = 0$ 4) $n = 2, l = 1, m = -1$</p> <p>Ответ: 1, 3 и 4, поскольку главное квантовое число n не может иметь нулевое значение.</p>									
14	<p>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца: Установите соответствие между характером движения и действующей на тело силой.</p> <table><tr><th>Движение</th><th>Сила</th></tr><tr><td>1) Равномерное прямолинейное</td><td>А) Центростремительная</td></tr><tr><td>2) Равноускоренное прямолинейное</td><td>Б) Постоянная</td></tr><tr><td>3) Равномерное вращение</td><td>В) Равная нулю</td></tr></table> <p>Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А</p>	Движение	Сила	1) Равномерное прямолинейное	А) Центростремительная	2) Равноускоренное прямолинейное	Б) Постоянная	3) Равномерное вращение	В) Равная нулю	
Движение	Сила									
1) Равномерное прямолинейное	А) Центростремительная									
2) Равноускоренное прямолинейное	Б) Постоянная									
3) Равномерное вращение	В) Равная нулю									
15	<p>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо: Расположите перечисленные ниже тела в порядке возрастания их момента инерции. Массы и характерные размеры тел считать одинаковыми.</p> <p>А) Шар Б) Тонкое кольцо В) Цилиндр</p> <p>Ответ: АВБ</p>									
16	<p>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ: Объясните, как изменится сила тока через проводник, если при неизменной разности потенциалов на его концах и постоянной толщине проводника увеличить его длину.</p> <p>Ответ: При увеличении длины проводника возрастает его сопротивление, а с ростом сопротивления, в соответствии с законом Ома, уменьшается сила тока.</p>									
17	<p>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа: Тангенциальное ускорение тела $a_t = 0$, нормальное ускорение тела $a_n = \text{const}$. Проанализируйте характер движения тела.</p> <p>1) Прямолинейное равномерное 2) Прямолинейное равноускоренное 3) Равномерное вращательное</p>	ПК-1								

	<p>4) Прямолинейное неравноускоренное</p> <p>Ответ: 3) Равномерное вращательное, поскольку при $a_\tau = 0$ модуль скорости не изменяется, а $a_n = \text{const}$ изменяет только направление движения.</p>									
18	<p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа: Проанализируйте, какие физические величины из перечисленных ниже сохраняются при абсолютно упругом столкновении двух тел.</p> <p>1) Импульс 2) Скорость 3) Сила 4) Энергия 5) Момент инерции</p> <p>Ответ: 1 и 4, так как закон сохранения импульса выполняется при любом ударе, а при упругом, когда нет деформации, справедлив еще и закон сохранения механической энергии.</p>									
19	<p>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца: Сопоставьте физические явления и виды полей, обуславливающих указанные явления.</p> <table><tr><th>Явление</th><th>Поле</th></tr><tr><td>1) Постоянный ток</td><td>А) Переменное магнитное поле</td></tr><tr><td>2) Световая волна</td><td>Б) Постоянное электрическое поле</td></tr><tr><td>3) Самоиндукция</td><td>В) Переменное электромагнитное поле</td></tr></table> <p>Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А</p>	Явление	Поле	1) Постоянный ток	А) Переменное магнитное поле	2) Световая волна	Б) Постоянное электрическое поле	3) Самоиндукция	В) Переменное электромагнитное поле	
Явление	Поле									
1) Постоянный ток	А) Переменное магнитное поле									
2) Световая волна	Б) Постоянное электрическое поле									
3) Самоиндукция	В) Переменное электромагнитное поле									
20	<p>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо: 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>									
21	<p>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ: Используя законы теплового излучения, проанализируйте, почему при увеличении температуры окраска нагретых тел изменяется с красной на желтую.</p> <p>Ответ: Согласно закону Вина, длина волны, на которую приходится максимум теплового излучения, обратно зависит от</p>									

	температуры. Поэтому с ростом температуры максимум интенсивности излучения смещается в коротковолновую часть спектра, а длина волны желтого света меньше, чем у красного.								
22	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Определите, у какого из перечисленных ниже тел момент инерции относительно оси вращения, проходящей через геометрический центр тела, имеет наибольшую величину. Массы и размеры тел одинаковы.</p> <p>1) Диск 2) Обруч 3) Шар 4) Сфера</p> <p>Ответ: 2) Обруч, поскольку вся его масса сосредоточена на максимальном расстоянии от оси вращения, равном радиусу обруча.</p>	ПК-9							
23	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Укажите, какие из перечисленных физических величин являются параметрами состояния термодинамической системы.</p> <p>1) Температура 2) Механическая работа 3) Объем 4) Давление 5) Изменение энтропии</p> <p>Ответ: 1,3,4, так как механическая работа и изменение энтропии являются функциями процесса, но не состояния.</p>								
24	<p><i>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца:</i></p> <p>Сопоставьте типы веществ и особенности их зонной структуры.</p> <table><tr><th>Вещество</th><th>Зонная структура</th></tr><tr><td>1) Металл</td><td>А) Запрещенная зона узкая, при низкой температуре валентная зона полностью занята, зона проводимости полностью свободна.</td></tr><tr><td>2) Полупроводник</td><td>Б) Запрещенная зона отсутствует, валентная зона и зона проводимости перекрываются.</td></tr><tr><td>3) Диэлектрик</td><td>В) Запрещенная зона широкая, валентная зона полностью занята, зона проводимости полностью свободна.</td></tr></table> <p>Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В</p>		Вещество	Зонная структура	1) Металл	А) Запрещенная зона узкая, при низкой температуре валентная зона полностью занята, зона проводимости полностью свободна.	2) Полупроводник	Б) Запрещенная зона отсутствует, валентная зона и зона проводимости перекрываются.	3) Диэлектрик
Вещество	Зонная структура								
1) Металл	А) Запрещенная зона узкая, при низкой температуре валентная зона полностью занята, зона проводимости полностью свободна.								
2) Полупроводник	Б) Запрещенная зона отсутствует, валентная зона и зона проводимости перекрываются.								
3) Диэлектрик	В) Запрещенная зона широкая, валентная зона полностью занята, зона проводимости полностью свободна.								
25	<p><i>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо:</i></p>								

	<p>Расположите основные типы фундаментальных взаимодействий в порядке убывания их относительной интенсивности (силы взаимодействия):</p> <p>А) Электромагнитное Б) Гравитационное В) Слабое Г) Сильное</p> <p>Ответ: ГАВБ</p>	
26	<p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ:</i></p> <p>Объясните, какие факторы ограничивают возможность наблюдения внешнего фотоэффекта.</p> <p>Ответ: Внешний фотоэффект наблюдается до красной границы – минимальной частоты падающего излучения, при которой оно способно вырвать электрон с поверхности облучаемого вещества.</p>	
27	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, скрещенные под углом 45°. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность в световом пучке после прохождения через анализатор.</p> <p>1) В 2.5 раза 2) В 4 раза 3) В 3.5 раза 4) В 1.5 раза</p> <p>Ответ: 2) В 4 раза, так как после прохождения поляризатора интенсивность света ослабевает в 2 раза, а после прохождения анализатора – пропорционально квадрату косинуса угла между плоскостями поляризации.</p>	
28	<p><i>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> <p>Отметьте, какие частицы из перечисленных ниже образуются при β^--распаде.</p> <p>1) Электрон 2) Позитрон 3) Электронное антинейтрино 4) Электронное нейтрино</p> <p>Ответ: 1 и 3, пара «позитрон - нейтрино» образуется при β^+-распаде.</p>	ПК-10
29	<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 видами магнетиков и величиной их магнитной проницаемости μ.</p>	

	<table><tr><th>Виды магнетиков</th><th>Магнитная проницаемость</th></tr><tr><td>1) Диамагнетики</td><td>А) $\mu \gg 1$</td></tr><tr><td>2) Парамагнетики</td><td>Б) $\mu < 1$</td></tr><tr><td>3) Ферромагнетики</td><td>В) $\mu > 1$</td></tr></table> <p>Ответ: 1-Б, 2-В, 3-А</p>	Виды магнетиков	Магнитная проницаемость	1) Диамагнетики	А) $\mu \gg 1$	2) Парамагнетики	Б) $\mu < 1$	3) Ферромагнетики	В) $\mu > 1$	
Виды магнетиков	Магнитная проницаемость									
1) Диамагнетики	А) $\mu \gg 1$									
2) Парамагнетики	Б) $\mu < 1$									
3) Ферромагнетики	В) $\mu > 1$									
30	<p><i>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо:</i> Расположите указанные среды в порядке <u>возрастания</u> их оптической плотности.</p> <p>А) Вода Б) Воздух В) Алмаз</p> <p>Ответ: БАВ</p>									
31	<p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ:</i> Оцените, чему равен момент инерции катящегося по плоскости цилиндра массой m и радиуса R, используя теорему Штейнера.</p> <p>Ответ: Момент инерции цилиндра относительно оси, проходящей через его центр, равен $mr^2/2$. Применяя теорему Штейнера для новой оси вращения, находящейся от старой оси на расстоянии, равном радиусу цилиндра, находим: $mr^2/2 + mr^2 = 3mr^2/2$</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
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

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 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 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.

Требования к проведению практических занятий

Задание к выполнению практической работы выдается преподавателем в начале занятия в соответствии с планом занятий. Темы практических работ приведены в табл. 5 данной программы.

Практические занятия проводятся в виде обсуждения основных типов задач, связанных с теоретическими вопросами, рассматриваемыми в лекционном курсе и в виде разбора вопросов, которые могут возникнуть у студентов при освоении материала.

Методические указания по проведению практических занятий приведены в следующих пособиях, имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Механика. Колебания и волны. Термодинамика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2018. 67 с.

2. Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. // В.М. Андреев, И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, И.П. Кректунова, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Ю.А. Новикова, М.О. Первушина, В.К. Прилипко, Г.В. Терещенко, А.Н. Холодилов, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин. СПбГУАП, 2019. 78 с.

3. Квантовая физика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2015. 58 с.

Структура и форма отчета о практической работе

Отчет о практической работе должен содержать: титульный лист, основную часть, выводы по результатам исследований.

На титульном листе должны быть указаны: название дисциплины, название практической работы, фамилия и инициалы преподавателя, фамилия и инициалы студента, номер его учебной группы и дата защиты работы.

Основная часть должна содержать задание, результаты экспериментально-практической работы, расчетно-аналитические материалы, листинг кода/скрин экрана.

Выводы по проделанной работе должны содержать основные результаты по работе.

Требования к оформлению отчета о практической 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>

11.3. 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. Механика. Колебания и волны. Молекулярная физика. Лабораторный практикум // И.И. Коваленко, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, Д.Е. Погарев, В.К. Прилипко, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин. СПбГУАП, 2014. 132 с.

2. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум // А.В. Копыльцов, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, В.К. Прилипко, Г.В. Терещенко. СПбГУАП, 2021. 103 с.

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

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

5. 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.

11.4. 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).

11.5. 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».

11.6. 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 75% 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 «продвинутый». 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