

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

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы
Старший преподаватель
(должность, уч. степень, звание)

Е.П. Виноградова
(инициалы, фамилия)
(подпись)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Наноэлектроника»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроника и наноэлектроника
Наименование направленности	Промышленная электроника
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц. 17.02.25 В.Г. Нефедов
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» февраля 2025 г, протокол № 6/25

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф. 17.02.25 А.Р. Бестугин
(уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц. 17.02.25 Н.В. Марковская
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нанoeлектроника» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» направленности «Промышленная электроника». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности»

ОПК-2 «Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с использованием современных достижений нанoeлектроники в разрабатываемых системах различного функционального назначения, формированием научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при создании элементов, приборов и устройств нанoeлектроники.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Формирование у студентов знаний о физических основах нанoeлектроники на базе изучения законов физики низкоразмерных структур, а также о возможном использовании их при создании приборов нанoeлектроники и решении технологических проблем нанoeлектроники, создание поддерживающей образовательной среды преподавания последующих дисциплин учебного плана, представление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в расчете низкоразмерных структур и приборов нанoeлектроники на их основе.

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-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы. ОПК-1.В.1 владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.У.1 уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования. ОПК-2.В.1 владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «математика-1 (Аналитическая геометрия и линейная алгебра)»;
- «математика-2 (Математический анализ)»;
- «математика-3 (Теория вероятностей и математическая статистика)»;
- «физика»;
- «материаловедение»;
- «физические основы электроники»;
- «информационные технологии»;
- «электроника».

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

- «основы микропроцессорной техники»;
- «методы и устройства цифровой обработки сигналов»;
- «электронные промышленные устройства»;
- «энергетическая электроника».

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
		№5
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	5/ 180	5/ 180
Из них часов практической подготовки		
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	45	45
Самостоятельная работа, всего (час)	67	67
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)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Введение в нанoeлектронику Тема 1.1. Введение в нанoeлектронику	1				4
Раздел 2. Элементы квантовой механики Тема 2.1. Основные положения квантовой механики	1				3
Тема 2.2. Движение свободной микрочастицы. Уравнение Шредингера	2		4		3
Тема 2.3. Движение микрочастицы в потенциальной яме и через потенциальный барьер	2	2			3

Раздел 3. Низкоразмерные структуры					
Тема 3.1. Квантовое ограничение	1				4
Тема 3.2. Структуры с двумерным одномерным и нульмерным электронным газом	1	2			4
Раздел 4. Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах					
Тема 4.1. Транспорт носителей заряда в низкоразмерных структурах	1	2			5
Тема 4.2. Туннелирование носителей заряда	1	8			5
Раздел 5. Наноструктуры					
Тема 5.1. Нанокластеры и нанокристаллы	1		4		6
Тема 5.2. Углеродные наноструктуры	1		4		6
Раздел 6. Элементы и приборы наноэлектроники					
Тема 6.1. Приборы на интерференционных эффектах	1				4
Тема 6.2. Приборы на одноэлектронном и резонансном туннелировании	1				4
Тема 6.3. Спинтронные приборы	1				4
Раздел 7. Методы нанотехнологии					
Тема 7.1. Технологии получения наноматериалов и наноструктур	1	3	16		6
Тема 7.2. Методы исследования наноматериалов и наносистем	1		6		6
Итого в семестре:	17	17	34	0	67
Итого	17	17	34	0	67

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

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<i>Введение в наноэлектронику.</i> Тема 1.1. Введение в наноэлектронику. Основные понятия, цели и задачи наноэлектроники.
2	<i>Элементы квантовой механики.</i> Тема 2.1. Основные положения квантовой механики. Волновой дуализм де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Принцип запрета Паули. Волновая функция. Тема 2.2. Движение свободной микрочастицы. Волновые функции свободных частиц. Уравнение Шредингера. Тема 2.3. Движение микрочастицы в потенциальной яме и через потенциальный барьер. Квантование энергии. Квантовое состояние и вырождение.
3	<i>Низкоразмерные структуры.</i> Тема 3.1. Квантовое ограничение. Длина волны де Бройля. Эффект

	размерного квантования. Потенциальная энергия электрона в низкоразмерной структуре. Разрешенные энергетические уровни электрона. Тема 3.2. Структуры с двумерным одномерным и нульмерным электронным газом. Квантовые пленки. Квантовые шнуры. Квантовые точки.
4	<i>Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах.</i> Тема 4.1. Транспорт носителей заряда в низкоразмерных структурах. Интерференционные эффекты. Проводимость низкоразмерных структур. Тема 4.2. Туннелирование носителей заряда. Одноэлектронное туннелирование. Резонансное туннелирование. Гигантское магнитосопротивление. Спин-контролируемое туннелирование.
5	<i>Наноструктуры.</i> Тема 5.1. Нанокластеры и нанокристаллы. Свойства индивидуальных частиц. Понятия о кластерах. Металлические нанокластеры. Магнитные кластеры. Полупроводниковые наночастицы. Тема 5.2. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Углеродные нанотрубки. Объемные наноструктурированные материалы.
6	<i>Элементы и приборы наноэлектроники.</i> Тема 6.1. Приборы на интерференционных эффектах. Интерференционные транзисторы. Полевые транзисторы на отраженных электронах. Тема 6.2. Приборы на одноэлектронном и резонансном туннелировании. Одноэлектронные транзисторы, элементы и приборы на их основе. Диоды и транзисторы на резонансном туннелировании. Логические элементы на резонансно-туннельных приборах. Тема 6.3. Спинтронные приборы. Считывающая головка и энергонезависимая память на гигантском магнитосопротивлении. Энергонезависимая память на спин-зависимом туннелировании. Спин-вентильный транзистор.
7	<i>Методы нанотехнологии.</i> Тема 7.1. Технологии получения наноматериалов и наноструктур. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях. Зондовые нанотехнологии. Нанолитография. Тема 7.2. Методы исследования наноматериалов и наносистем. Просвечивающая электронная микроскопия. Автоэлектронная и автоионная микроскопия. Зондовая микроскопия. Дифракционный анализ. Спектральный анализ.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5					
1	Квантовые ямы	Групповые дискуссии	2		2
2	Низкоразмерные структуры	– " –	2	1	3
3	Проводимость низкоразмерных структур	– " –	3		4
4	Одноэлектронное туннелирование	– " –	3	1	4
5	Резонансное туннелирование	– " –	2		4

6	Гигантское магнитосопротивление	– " –	2		4
7	Спин-контролируемое туннелирование	– " –	3	1	4
Всего			17		

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 5				
1.	Исследование характеристик кристаллических структур	4	2	7
2	Рентгеноструктурный анализ кристаллов	6	2	7
3	Исследование тензорных свойств кристаллов	6	2	2
4	Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов	6	2	6
5	Оптическое манипулирование одиночными наночастицами в оптическом пинцете	6	2	7
6	Измерение управляемого перемещения физических объектов в нанометровом диапазоне	6	2	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 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	50
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю	8	8

успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	9	9
Всего:	67	67

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)
621.38/ Н25 (ГУАП)	Наноструктуры в электронике и фотонике / под ред. Ф. Рахмана, Е.Л. Свинцова. – М.: Техносфера, 2010. –343с.	6
	Физические основы волновых процессов в низкоразмерных структурах/ СПб.: ГУАП 2023. – 53 с.	100
621.3. 049 / Л 72 (ГУАП))	Лозовский, В.Н. Нанотехнология а электронике. Введение в специальность/ В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. – СПб.: Лань, 2008. – 327 с.	10
621. 382 / Д 72 (ГУАП)	Драгунов, В.П. Основы наноэлектроники/ В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. – Новосибирск: Изд. НГТУ, 2000. – 331 с.	5
621.382(075)/ Я45 (ГУАП)	Якимов, А.Н. Расчет электронных и наноэлектронных устройств: сборник задач/ А.Н. Якимов. – СПб.: ГУАП, 2017. – 60 с.	20
55/ Ш27 (ГУАП)	Шаскольская, М.П. Кристаллография: учебник/ М.П. Шаскольская. – М.: Высш. шк., 1976. – 391с.	2
620/ С42 (ГУАП)	Криштал, М.М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ: учеб. пособие для вузов / М.М Криштал., И.С. Ясников, В.И. Полуниин и др. – М.: Техносфера, 2009. – 206 с.	6
621.382 (075.8)/ Б82 http://www.vixri.com/d3/Borisenko%20V.I.%20%20_NANOELEKTRONIKA%20teorija%	Борисенко, В.Е. Наноэлектроника: теория и практика: учебник для вузов/ В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, А.Л. Данилюк, Е.А. Уткина. – М.: БИНИМ. Лаборатория знаний, 2013. – 366 с.	

20i%20praktika.pdf		
621.38/ Щ94 http://www.docme.ru/doc/997035/nanoe-lektronika%C2%A0-uchebnoe-posobie.-%E2%80%942-e-izd.--e-l	Щука, А.А. Нанoeлектроника: учеб. пособие/ А.А. Щука. – М.: Физматкнига, 2007. – 464 с.	
389.001 http://books.ifmo.ru/file/pdf/821.pdf	Ткалич, В.Л. Физические основы нанoeлектроники: учебное пособие/. В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 83с.	
620.3/ H25 http://www.kodges.ru/nauka/popnauka/175730-nanomaterialy-i-nanotexnologii.html	Наноматериалы и нанотехнологии/ В.М. Анищик и др.; под ред. В.Е. Борисенко, Н.К. Толочко. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2008. – 375 с.	
621.3.049.77 (075.8)/ M25 http://bookfi.net/book/1221607	Марголин, В.И. Физические основы микроэлектроники: учебник для вузов/ В.И. Марголин В.А. Жабрев, В.А. Тупик. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 400 с.	
621.3.049.77+539.2 П53 http://www.docme.ru/doc/997146/poluchenie-i-issledovanie-nanostruktur.-laboratornyj-prakt	Получение и исследование наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям/ под ред А.С. Сигова. – М.: МГИРЭА, 2008. – 116 с.	
519.6 + 539.2 M35 http://www.razym.ru/naukaobraz/uchebnik/158395-matyushkin-iv-modelirovanie-i-vizualizaciya-sredstvami-matlab-fiziki-nanostruktur.html	Матюшкин, И.В. Моделирование и визуализация средствами MatLAB физики наноструктур.– М.: Техносфера, 2011. – 168 с.	
	Физические основы волновых процессов в низкоразмерных структурах/ В.Г. Нефедов, А.Н. Якимов, А.Р. Бестугин, И.А. Кирина. СПб.: ГУАП, 2023. 58 с.	50
	Физические основы нанoeлектроники: методические указания к лабораторному практикуму/ В.Г. Нефедов, А.Н. Якимов, А.Р. Бестугин, И.А. Кирина. – СПб.: ГУАП, 2024. – 56 с.	50

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
http://e.lanbook.com/books	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 695-7 от 30.11.2011

http://lib.aanet.ru/	Доступ к электронным ресурсам ГУАП (авторизация по номеру читательского билета)
http://guap.ru/guap/standart/pravila1.rtf	Правила оформления текстовых документов по ГОСТ 7.32-2001
http://regstands.guap.ru/db/docs/7.32-2001.pdf	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
http://guap.ru/guap/standart/prim.doc	Примеры библиографического описания по ГОСТ 7.1-2003

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
	Не предусмотрено

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.

10. Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Лабораторное оборудование кафедры №23	22-09, 22-11 (Гастелло, 15)
3	Средства вычислительной техники кафедры №23	22-09, 22-11 (Гастелло, 15)

11. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

11.1. 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;

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

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно 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»	– 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»	– 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»	– 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.

11.3. 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	Волновой дуализм де Бройля.	ОПК-1.3.1
2	Принцип неопределенности Гейзенберга.	ОПК-1.3.1

3	Принцип запрета Паули.	ОПК-1.3.1
4	Волновая функция.	ОПК-1.3.1
5	Движение свободной микрочастицы. Уравнение Шредингера.	ОПК-1.3.1
6	Движение микрочастицы в потенциальной яме.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
7	Движение микрочастицы через потенциальный барьер.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
8	Квантование энергии. Квантовое состояние и вырождение.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
9	Эффект размерного квантования. Квантовые ограничения в низкоразмерных структурах.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
10	Потенциальная энергия электрона в низкоразмерной структуре.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
11	Разрешенные энергетические уровни электрона.	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
12	Структуры с двумерным электронным газом (квантовые пленки).	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
13	Структуры с одномерным электронным газом (квантовые шнуры).	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
14	Структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки).	ОПК-1.3.1 ОПК-1.В.1
15	Транспорт носителей заряда в низкоразмерных структурах.	ОПК-1.3.1
16	Интерференционные эффекты в низкоразмерных структурах.	ОПК-1.3.1
17	Проводимость низкоразмерных структур.	ОПК-1.3.1
18	Туннелирование носителей заряда.	ОПК-1.3.1
19	Одноэлектронное туннелирование.	ОПК-1.3.1
20	Резонансное туннелирование.	ОПК-1.3.1
21	Гигантское магнитосопротивление	ОПК-1.3.1
22	Спин-контролируемое туннелирование.	ОПК-1.3.1
23	Нанокластеры и нанокристаллы.	ОПК-1.3.1
24	Свойства индивидуальных частиц.	ОПК-1.3.1
25	Понятие о кластерах.	ОПК-1.3.1
26	Металлические нанокластеры.	ОПК-1.3.1
27	Магнитные нанокластеры.	ОПК-1.3.1
28	Полупроводниковые наночастицы.	ОПК-1.3.1
29	Углеродные наноструктуры.	ОПК-1.3.1
30	Фуллерены.	ОПК-1.3.1
31	Углеродные нанотрубки.	ОПК-1.3.1
32	Объемные наноструктурированные материалы.	ОПК-1.3.1
33	Интерференционные транзисторы.	ОПК-1.3.1 ОПК-2.У.1
34	Полевые транзисторы на отраженных электронах.	ОПК-1.3.1 ОПК-2.У.1
35	Одноэлектронные транзисторы, элементы и приборы на их основе.	ОПК-1.3.1 ОПК-2.У.1
36	Диоды и транзисторы на резонансном туннелировании.	ОПК-1.3.1 ОПК-2.У.1
37	Логические элементы на резонансно-туннельных приборах.	ОПК-1.3.1 ОПК-2.У.1
38	Спинтронные приборы.	ОПК-1.3.1

		ОПК-2.У.1
39	Технологии получения наноматериалов и наноструктур.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
40	Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
41	Зондовые нанотехнологии.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
42	Нанолитография.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
43	Методы исследования наноматериалов и наносистем.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
44	Просвечивающая электронная микроскопия.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
45	Автоэлектронная и автоионная микроскопия.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
46	Зондовая микроскопия.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
47	Дифракционный анализ.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
48	Спектральный анализ.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
49	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной одномерной прямоугольной потенциальной ямы с бесконечной высотой барьера и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 0,05$ эВ для электрона с эффективной массой $m_e^* = 0,05 m_0$.	ОПК-1.В.1
50	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной одномерной прямоугольной потенциальной ямы с бесконечной высотой барьера и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 1$ эВ для электрона с эффективной массой $m_e^* = 0,10 m_0$.	ОПК-1.В.1
51	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной одномерной прямоугольной потенциальной ямы с бесконечной высотой барьера и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 2$ эВ для электрона с эффективной массой $m_e^* = 0,15 m_0$.	ОПК-1.В.1
52	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной квантовой прямоугольной потенциальной ямы с высотой барьера $U_0 = 0,5$ эВ и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 0,05 U_0$ для электронов с эффективной массой $m_e^* = 0,06 m_0$.	ОПК-1.В.1
53	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной квантовой прямоугольной потенциальной ямы с высотой барьера $U_0 = 1,0$ эВ и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 0,1 U_0$ для электронов с эффективной массой $m_e^* = 0,06 m_0$.	ОПК-1.В.1
54	<u>Задача.</u> Рассчитайте соотношение между шириной квантовой прямоугольной потенциальной ямы с высотой барьера $U_0 = 3$ эВ и энергией первого разрешенного состояния $E_1 = 0,5 U_0$ для электронов с эффективной массой $m_e^* = 0,06 m_0$.	ОПК-1.В.1
55	<u>Задача.</u> Рассчитайте значение ширины прямоугольной потенциальной ямы, при котором энергетический зазор между первым и вторым разрешенным состояниями в ней был	ОПК-1.В.1

	равен 0,05 эВ при эффективной массе электронов $m_e^*=0,06 m_0$ и высоте барьера $U_0=2$ эВ и $U_0 = \infty$.	
56	<u>Задача.</u> Рассчитайте значение ширины прямоугольной Потенциальной ямы, при котором энергетический зазор между первым и вторым разрешенным состояниями в ней был равен 0,1 эВ при эффективной массе электронов $m_e^*=0,06 m_0$ и высоте барьера $U_0=2$ эВ и $U_0 = \infty$.	ОПК-1.В.1
57	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости плотности состояний электронов в квантовой пленке толщиной 20 нм от энергии E , отсчитываемой от дна зоны проводимости полупроводника, из которого они изготовлены, при эффективной массе электрона $0,04 m_0$.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
58	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости плотности состояний электронов в квантовом шнуре с сечением 20×20 нм ² от энергии E , отсчитываемой от дна зоны проводимости полупроводника, из которого они изготовлены, при эффективной массе электрона $0,04 m_0$.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
59	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости плотности состояний электронов в квантовой точке $20 \times 20 \times 20$ нм ³ от энергии E , отсчитываемой от дна зоны проводимости полупроводника, из которого они изготовлены, при эффективной массе электрона $0,04 m_0$.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
60	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости концентрации электронов в квантовой пленке при комнатной температуре от положения уровня Ферми относительно дна зоны проводимости $(E_F - E_c)$ в полупроводнике, из которого они изготовлены. Толщина квантовой пленки – 10 нм. Эффективная масса электрона – $0,07 m_0$. Отношение $(E_F - E_c)/(k_B T)$ варьировать в пределах от -4 до +10.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
61	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости концентрации электронов в квантовом шнуре при комнатной температуре от положения уровня Ферми относительно дна зоны проводимости $(E_F - E_c)$ в полупроводнике, из которого они изготовлены. Сечение квантового шнура – 10×10 нм ² . Эффективная масса электрона $0,07 m_0$. Отношение $(E_F - E_c)/(k_B T)$ варьировать в пределах от -4 до +10.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
62	<u>Задача.</u> Рассчитайте и постройте график зависимости концентрации электронов в квантовой точке при комнатной температуре от положения уровня Ферми относительно дна зоны проводимости $(E_F - E_c)$ в полупроводнике, из которого они изготовлены. Размеры квантовой точки – $10 \times 10 \times 10$ нм ³ . Эффективная масса электрона – $0,07 m_0$. Отношение $(E_F - E_c)/(k_B T)$ варьировать в пределах от -4 до +10.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
63	<u>Задача.</u> Рассчитайте размер сферической квантовой точки, изготовленной из CdSe, обеспечивающий их люминесценцию на длинах волн 440 и 480 нм. Оцените относительный вклад кулоновского взаимодействия электронов с дырками и ридберговской пространственной корреляции энергии. Для этого материала примите $E_{g\text{ bulk}}=1,75$ эВ; $m_e^*=0,13 m_0$; $\epsilon=5,8$.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
64	<u>Задача.</u> Рассчитайте размер сферической квантовой точки,	ОПК-1.В.1

	изготовленной из CdSe, обеспечивающий их люминесценцию на длинах волн 520 и 560 нм. Оцените относительный вклад кулоновского взаимодействия электронов с дырками и ридберговской пространственной корреляции энергии. Для этого материала примите $E_{g\text{ bulk}}=1,75$ эВ; $m_e^*=0,13 m_0$; $\varepsilon=5,8$.	ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
65	<u>Задача.</u> Рассчитайте коэффициенты прохождения и отражения электронов с эффективной массой $m_e^*=0,06 m_0$ при их движении над прямоугольными потенциальными барьерами высотой $U_0=2$ и 3 эВ в зависимости от энергии этих электронов.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
66	<u>Задача.</u> Рассчитайте коэффициенты прохождения и отражения электронов с эффективной массой $m_e^*=0,06 m_0$ при их движении над прямоугольными потенциальными барьерами высотой $U_0=4$ и 5 эВ в зависимости от энергии этих электронов.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
67	<u>Задача.</u> Рассчитайте скорость образования кристаллитов из критических зародышей размером 1 нм в зависимости от температуры в диапазоне 400-700 °С в системе с параметрами $\Delta g=5 \cdot 10^7$ Дж/м ³ , $\sigma^*=0,03$ Дж/м ² , $E_a=0,02$ эВ.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
68	<u>Задача.</u> Рассчитайте скорость образования кристаллитов из критических зародышей размером 2 нм в зависимости от температуры в диапазоне 700-1000 °С в системе с параметрами $\Delta g=5 \cdot 10^7$ Дж/м ³ , $\sigma^*=0,03$ Дж/м ² , $E_a=0,02$ эВ.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
69	<u>Задача.</u> Рассчитайте вольтамперную характеристику двухбарьерной одноэлектронной структуры в диапазоне 0 – 3 В с различными туннельными прозрачностями барьеров при значении меньшей туннельной прозрачности $T=0,7$ для значения емкости островка $5 \cdot 10^{-19}$ Ф.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
70	<u>Задача.</u> Рассчитайте вольтамперную характеристику двухбарьерной одноэлектронной структуры в диапазоне 0 – 3 В с различными туннельными прозрачностями барьеров при значении меньшей туннельной прозрачности $T=0,7$ для значения емкости островка $2 \cdot 10^{-19}$ Ф.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
71	<u>Задача.</u> Рассчитайте условия поддержания в островке одноэлектронного транзистора постоянного количества электронов $n=0, 1, 2$ в зависимости от потенциала затвора в диапазоне 0 – 3 В при одинаковых емкостях истока и стока $C_s=C_d=10^{-17}$ Ф и емкости затвора $C_g=10^{-16}$ Ф. Найдите рабочие температурные условия для этого транзистора.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.В.1
72	<u>Задача.</u> Рассчитайте условия поддержания в островке одноэлектронного транзистора постоянного количества электронов $n=3, 4, 5$ в зависимости от потенциала затвора в диапазоне 0 – 3 В при одинаковых емкостях истока и стока $C_s=C_d=10^{-17}$ Ф и емкости затвора $C_g=10^{-16}$ Ф. Найдите рабочие температурные условия для этого транзистора.	ОПК-1.В.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.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	Инструкция: прочитайте задание и выберите один правильный ответ. Квантовым ограничением называют: А) Ограничение движения электронов) в низкоразмерной структуре, приводящее (к ненулевому минимальному значению их энергии и к дискретности энергий разрешенных состояний В) Квантово-механическое явление преодоления частицей потенциального барьера в случае, когда ее энергия меньше высоты потенциального барьер С) Это квантовые структуры, где движение носителей ограничено не в одном, а в двух направлениях D) Это квантовые структуры, где движение носителей ограничено в трех направлениях	ОПК-1
2	Инструкция: прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Степень интеграции микросхемы – это А) Количество логических элементов, размещенных на одной микросхеме. В) Уровень сложности схемы, определяемый числом транзисторов. С) Площадь микросхемы, измеряемая в квадратных миллиметрах. D) Энергопотребление микросхемы при максимальной нагрузке.	ОПК-1
3	Инструкция: прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите орбитали в атоме в порядке увеличения их энергетического уровня: А) 3s В) 2p С) 2s D) 1s (ДСРА) Почему квантовые точки называют искусственными атомами А) Квантовая точка, как и атом, имеет ядро В) Квантовая точка, как и атом может вступать в химические реакции С) Квантовая точка имеет размеры атома D) В квантовой точке движение ограничено в трёх направлениях и энергетический спектр дискретный, как в атоме	ОПК-1
4	Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую	ОПК-1

	позицию в правом столбце. Соотнесите название эффекта с его описанием. <table><tr><th>Название эффекта</th><th>Описание эффекта</th></tr><tr><td>А) Кулоновская блокада</td><td>1. Эффект, возникающий в наноструктурах, при котором заряд частицы препятствует дальнейшему току за счет кулоновского отталкивания.</td></tr><tr><td>В) Торможение электронов</td><td>2. Процесс, при котором движение электрона замедляется из-за взаимодействия с внешними полями или средой.</td></tr><tr><td>С) Электронная ловушка</td><td>3. Явление захвата электрона в локализованном состоянии, препятствующее его дальнейшему движению в проводниковой зоне.</td></tr></table>	Название эффекта	Описание эффекта	А) Кулоновская блокада	1. Эффект, возникающий в наноструктурах, при котором заряд частицы препятствует дальнейшему току за счет кулоновского отталкивания.	В) Торможение электронов	2. Процесс, при котором движение электрона замедляется из-за взаимодействия с внешними полями или средой.	С) Электронная ловушка	3. Явление захвата электрона в локализованном состоянии, препятствующее его дальнейшему движению в проводниковой зоне.	
Название эффекта	Описание эффекта									
А) Кулоновская блокада	1. Эффект, возникающий в наноструктурах, при котором заряд частицы препятствует дальнейшему току за счет кулоновского отталкивания.									
В) Торможение электронов	2. Процесс, при котором движение электрона замедляется из-за взаимодействия с внешними полями или средой.									
С) Электронная ловушка	3. Явление захвата электрона в локализованном состоянии, препятствующее его дальнейшему движению в проводниковой зоне.									
5	Инструкция: прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Что такое туннельный эффект?	ОПК-1								
6	Инструкция: прочитайте задание и выберите один правильный ответ Почему фотонные кристаллы позволяют управлять оптическим излучением? А) Из-за прозрачности фотонных кристаллов В) Из-за твердости фотонного кристалла С) Размеры неоднородностей соизмеримы с длиной волны оптического излучения D) Из-за пьезоэлектрических свойств кристаллов	ОПК-2								
7	Инструкция: прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов. Запрещенная зона в фотонных кристаллов – это: А) Область частот, в которой невозможно распространение электромагнитных волн. В) Зона, в которой отсутствует взаимодействие света с материалом. С) Длина волны, которая поглощается кристаллом. D) Диапазон частот, где запрещено прохождение фотонов через кристалл.	ОПК-2								
8	Инструкция: прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности. Расположите в правильной последовательности этапы прохождения электрона через энергетический барьер: А) Подход электрона к барьеру. В) Туннелирование через барьер. С) Достижение электрона другой стороны барьера. D) Потеря энергии при взаимодействии с барьером. (ADBC)	ОПК-2								
9	Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце. Установите соответствие между названиями частей транзистора и их	ОПК-2								

	описаниями:		
	Название части транзистора	Описание части	
	А) Сток	1. Часть транзистора, через которую носители заряда покидают область проводимости.	
	В) Исток	2. Часть транзистора, через которую носители заряда вводятся в проводящую область.	
	С) База	3. Область транзистора, управляющая потоком носителей заряда.	
10	Инструкция: прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа. Что обеспечивает гетеропереход?		ОПК-2

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

11.4. 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.

12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

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

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

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;

- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);

- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

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

Структура предоставления лекционного материала:

- формулировку темы лекции;
- указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
- изложение вводной части;
- изложение основной части лекции;
- краткие выводы по каждому из вопросов;
- заключение;

Требования к структуризации лекции определяются требованиями обеспечения качества лекций и необходимостью управления этим процессом. Лекция как элемент образовательного процесса должна включать следующие этапы:

1. Начальный этап каждого лекционного занятия – оглашение основной темы лекции с краткой аннотацией предлагаемых для изучения вопросов. Лектор должен сообщить о примерном плане проведения лекции и предполагаемом распределении бюджета времени. Если очередное занятие является продолжением предыдущей лекции, необходимо кратко сформулировать полученные ранее результаты, необходимые для понимания и усвоения изучаемых вопросов.

2. В вводной части достаточно кратко характеризуется место и значение данной темы в курсе, дается обзор важнейших источников и формулируются основные вопросы или задачи, решение которых необходимо для создания стройной системы знаний в данной предметной области. В этой части лекции демонстрируются основные педагогические методы, которые будут использоваться при изложении материала и устанавливается контакт с аудиторией.

3. Основная часть лекции имеет своей целью раскрытие содержания основных вопросов или разделов и определяется логической структурой плана лекции. При этом используются основные педагогические способы изложения материала: описание-характеристика, повествование, объяснение и др. Лектор должен также умело использовать эффективные методические приемы изложения материала - анализ, обобщение, индукцию, дедукцию, противопоставления, сравнения и т. д., обеспечивающие достаточно высокий уровень качества учебного процесса.

4. В заключительной части лекции проводят обобщение наиболее важных и существенных вопросов, делаются выводы и формулируются задачи для самостоятельной работы слушателей. Оставшееся время используют для ответов на вопросы, задаваемые слушателями, и, по возможности, для дискуссии о содержании лекции.

Требования к проведению лекции

Содержание лекционного материала должно строго соответствовать содержательной части утвержденной рабочей учебной программы дисциплины и обеспечить выполнение следующих функций для данного вида занятия:

- информационную (излагает необходимые сведения),
- стимулирующую и мотивационную (пробуждает интерес к теме, формирование познавательного интереса к содержанию учебной дисциплины и профессиональной мотивации будущего специалиста, содействие активизации мышления студентов),
- воспитывающую (формирование сознательного отношения к процессу обучения, стремления к самостоятельной работе и всестороннему овладению профессиональными навыками),

- развивающую (дает оценку явлениям, развивает мышление),
- ориентирующую (в проблеме, в литературе),
- разъясняющую (направленная прежде всего на формирование основных понятий науки),
- убеждающую (с акцентом на системе доказательств).

Незаменима лекция и в функции систематизации и структурирования всего массива знаний по данной дисциплине. Содержание и форма проведения лекционного занятия должны соответствовать требованиям, определяющим качественный уровень образовательного процесса. К ним относятся:

- научная обоснованность, информативность и современный научный уровень дидактических материалов, излагаемых в лекции;
- методически отработанная и удобная для восприятия последовательность изложения и анализа, четкая структура и логика раскрытия излагаемых вопросов;
- глубокая методическая проработка проблемных вопросов лекции, доказательность и аргументированность, наличие достаточного количества ярких, убедительных примеров и научных доказательств;
- яркость изложения, эмоциональность, использование эффективных ораторских приемов - выведение главных мыслей и положений, подчеркивание выводов, изложение доступным и ясным языком, разъяснение вновь вводимых терминов и названий;
- вовлечение в познавательный процесс аудитории, активизация мышления слушателей, постановка вопросов для творческой деятельности;
- использование технических средств обучения, наглядных пособий, плакатов и по возможности аудиовизуальных дидактических материалов, усиливающих эффективность образовательных технологий.

12.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

12.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

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

По своей тематике практические занятия должны: иметь рационально выстроенную структуру; согласовываться с содержанием дисциплины; предусматривать отработки и развитие профессиональных умений; развивать интеллектуальные умения студентов;

отмечаться высоким научно-теоретическим уровнем; быть надлежащим образом обеспеченными дидактическими материалами и средствами обучения.

В процессе практического занятия должно обеспечиваться: конструктивное взаимодействие и общение, доброжелательность и уважение в отношениях преподавателя со студентами, объективность и требовательность преподавателя относительно оценки учебных достижений студентов; высокий уровень самостоятельности и активности студентов; умением преподавателя наладить контакт с аудиторией, предотвращать возникновение конфликтных ситуаций, а в случае возникновения уметь их устранить; умение поддерживать работоспособность студентов.

Типичными структурными элементами занятия являются: вводная, основная и заключительная части.

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий работы. В ее состав входят:

- формулировка темы, цели и задач занятия, обоснование его значимости в профессиональной подготовке студентов;
- рассмотрение связей данной темы с другими темами курса;
- изложение теоретических основ работы;
- характеристика состава и особенностей заданий работы и объяснение подходов (методов, способов, приемов) к их выполнению;
- характеристика требований к результату работы;
- вводный инструктаж по технике безопасности при эксплуатации технических средств;
- проверка готовности студентов к выполнению заданий работы;
- пробное выполнение заданий под руководством преподавателя;
- указания по самоконтролю результатов выполнения заданий студентами.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Может сопровождаться:

- дополнительными разъяснениями по ходу работы;
- устранением трудностей при выполнении заданий работы;
- текущим контролем и оценкой результатов работы;
- поддержанием в рабочем состоянии технических средств;
- ответами на вопросы студентов.

Заключительная часть содержит:

- подведение общих итогов (позитивных, негативных) занятия;
- оценку результатов работы отдельных студентов;
- ответы на вопросы студентов;
- выдачу рекомендаций по улучшению показателей работы и устранению пробелов в системе знаний и умений студентов;
- сбор отчетов студентов по выполненной работе для проверки преподавателем;
- изложение сведений о подготовке к выполнению следующей работы, в частности, о подлежащей изучению учебной литературе.

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

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

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

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

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Задание к проведению лабораторной работы определяется целью проведения этой работы, содержит исходные данные для предварительного теоретического расчета, а также экспериментальных исследований характеристик и параметров устройств и процессов.

Например, в лабораторной работе №2 «Рентгеноструктурный анализ кристаллов» для анализа поликристаллов определяется фазовый состав материала по данным о межплоскостных расстояниях $2L$. Здесь рассчитываются рентгенограммы, полученные при излучении K -серии с набором волн λ_α и λ_β . Необходимые для расчета данные указаны в карточке индивидуального задания для каждого студента в следующем виде (рисунок 1).

РАСЧЕТ ЛИНИЙ РЕНТГЕНОГРАММЫ №23 Материал анода – медь $\lambda_\alpha = 1,542 \cdot 10^{-10}$ м, $\lambda_\beta = 1,392 \cdot 10^{-10}$ м Радиус образца – 0,7 мм	
Расстояние $2L$, мм	Интенсивность линий
36	Слабая
39,8	Особо сильная
41,5	Очень слабая
46	Средняя
59,3	Очень слабая
66,2	Слабая
70,5	Очень слабая
79,3	Средняя
83,4	Очень слабая

Рисунок 1 – Карточка индивидуального задания

Задание, определяющее ход лабораторных исследований приведено в методических указаниях, представленных в библиотеке ГУАП ([621.38 / Ф50] Физические основы электроники: методические указания к выполнению лабораторных работ/ В.Г. Нефедов, О.Н. Новикова, Э.А. Суказов. – СПб.: ГУАП, 2008.– 72 с., 150 экз.).

Требования к проведению лабораторной работы Лабораторные работы выполняются индивидуально каждым студентом. Перед выполнением лабораторных работ студент изучает измерительную аппаратуру: ее устройство, принцип работы, технические параметры и методику ее использования, а также требования по технике безопасности в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы студент изучает принцип работы исследуемых и применяемых в работе устройств, их параметры и характеристики, составляет методику исследования изучаемого устройства, оформляет теоретическую часть отчета с необходимыми расчетами, а также методику измерений с выбранными схемами измерений и таблицами для занесения значений измеряемых величин.

К лабораторной работе допускаются только студенты, прошедшие индивидуальное собеседование с преподавателем и показавшие умение правильно использовать аппаратуру, ясно и четко представляющие порядок выполнения работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчёт формируется в следующем порядке

1. Титульный лист.

Титульный лист оформляется в соответствии с образцом

2. Протокол к лабораторной работе с подписью преподавателя или сотрудника.

Протокол к лабораторной работе является лабораторным журналом, содержащим необходимые для выполнения лабораторной работы исходные данные, зафиксированные в процессе выполнения лабораторной работы наблюдения и результаты измерений. Без подписанного преподавателем или сотрудником протокола отчет к защите не принимается.

3. Цель работы.

Цель работы показывает, для чего выполняется работа, например, для получения или закрепления каких навыков, изучения каких явлений, законов и т.п.

4. Краткое содержание работы.

Краткое содержание работы включает теоретическое описание тематики лабораторной работы, описание лабораторного оборудования, используемого в работе, описание моделей, методов и алгоритмов, необходимых для обработки полученных данных.

5. Результаты предварительного расчета.

Предварительные расчеты проводятся в соответствии с заданием и позволяют теоретически оценить параметры и характеристики исследуемых устройств или процессов.

6. Обработка результатов.

Обработка результатов включает описание хода выполнения работы, перечень полученных результатов, сопровождающихся необходимыми комментариями, расчетами и промежуточными выводами, блок-схемы, чертежи, графики, диаграммы и т. д.

7. Выводы по результатам выполнения работы.

Выводы по работе делаются на основании обобщения полученных результатов. В выводах также отмечаются все недоработки, по какой-либо причине имеющие место, предложения и рекомендации по дальнейшему исследованию поставленной в работе проблемы и т. п.

8. Приложения.

В приложения выносятся библиографический список, содержащий ссылки на книги, периодические издания, интернет ресурсы, использованные при выполнении работы и оформлении отчёта. В основном тексте отчёта ссылки на пункты библиографического списка приводятся в следующем виде: [1, стр.2], где 1 – номер пункта, стр. 2 – дополнительное уточнение местоположения в тексте.

В приложение выносятся также справочная и прочая информация, не включённая в основные разделы отчёта.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Образец оформления титульного листа приведен на сайте: <http://standarts.guap.ru/>.

Отчёт по лабораторной работе выполняется каждым студентом на листах белой бумаги формата А4 в печатном или рукописном виде. Компьютерное оформление является более предпочтительным, однако допускается частично или полностью

аккуратно оформлять отчет от руки. Небрежно оформленные или неразборчиво написанные отчеты отправляются на переделку.

При оформлении отчёта используется сквозная нумерация страниц, считая титульный лист первой страницей. Номер страницы на титульном листе не ставится. Номера страницы ставятся по центру сверху.

При оформлении отчёта в печатном виде желательно соблюдать следующие требования. Для заголовков: полужирный шрифт, 14 пт, центрированный. Для основного текста: нежирный шрифт, 14 пт, выравнивание по ширине. Во всех случаях тип шрифта – Times New Roman, отступ абзаца 1.25 см, полуторный междустрочный интервал. Поля: левое – 3 см, остальные – 2 см.

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

12.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

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

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

Методы текущего контроля успеваемости выбираются преподавателем самостоятельно исходя из специфики дисциплины.

Возможные методы текущего контроля успеваемости студентов:

- устный опрос на занятиях;
- систематическая проверка выполнения индивидуальных заданий;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- контроль самостоятельных работ (в письменной или устной формах);
- контроль выполнения индивидуального задания на практику;
- иные виды, определяемые преподавателем.

Результаты текущего контроля успеваемости отражаются в журнале учета учебных занятий и используются для оперативного управления образовательным процессом.

Каждый вид текущего контроля успеваемости студентов оценивается соответствующими баллами в рамках 100 – балльной системы оценки работы студентов за семестр. В этом случае, используются система и критерии оценки знаний обучающихся,

указанные в локальных нормативных актах ГУАП. Баллы, полученные в результате текущего контроля успеваемости, учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Система оценок при проведении текущего контроля успеваемости осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

12.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

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

- Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

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/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

