

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Т.А. Хагуров

подпись

2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 МЕТАМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В РАДИОФИЗИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ

Направление подготовки 03.04.03 Радиофизика
Магистерская программа: Радиофизические методы по областям
применения
Квалификация (степень) магистр
Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Рабочая программа дисциплины «Метаматериалы и нанотехнологии в радиофизике и электронике» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918

Программу составил:

Петриев И.С., канд. техн. наук,
доцент кафедры радиофизики
и нанотехнологий ФТФ КубГУ

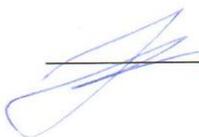


Заведующий кафедрой радиофизики
и нанотехнологий (разработчика),
Г.Ф. Копытов, д-р физ.-мат. наук, профессор



Рабочая учебная программа дисциплины обсуждена на заседании
кафедры радиофизики и нанотехнологий (выпускающей)
« 14 » апреля 2021 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой (выпускающей),
Г.Ф. Копытов, д-р физ.-мат. наук, профессор

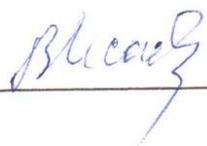


Утверждена на заседании учебно-методической комиссии
факультета « 16 » апреля 2021 г., протокол № 13

Председатель УМК физико-технического факультета,
зав. кафедрой физики и информационных систем,
Н.М. Богатов, д-р физ.-мат. наук, профессор



Рецензенты:



В.А. Исаев, д-р физ.-мат. наук,
заведующий кафедры теоретической физики и
компьютерных технологий физико-технического
факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»



Н.А. Шостак К. техн. наук, доцент кафедры
нефтегазового дела им. профессора Г.Т.Вартумяна
ФГБОУ ВО КубГТУ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Метаматериалы и нанотехнологии в радиофизике и электронике» ставит своей целью изучение различных ультрадисперсных и композитных материалов с помощью радиофизических методов исследования в различных областях науки и техники.

1.2 Задачи дисциплины

- изучение традиционных и новых материалов с помощью различных технологических процессов, операций и оборудования;
- изучение радиофизических методов и методов нанотехнологий, используемых в разных областях науки и промышленности, в том числе в сфере метаматериалов;
- изучение приёмов решения исследовательских задач нанотехнологий в области материалов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метаматериалы и нанотехнологии в радиофизике и электронике» по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (степень "магистр") относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе по очной на 2 курсе по очно-заочной форме обучения. Дисциплинами, предшествующими обучению и необходимыми для изучения дисциплины «Метаматериалы и нанотехнологии в радиофизике и электронике», являются «Композитные и ультрадисперсные материалы в радиофизике и нанотехнологиях», «Физика наноразмерных систем», «Материалы и методы нанотехнологий». В свою очередь данная дисциплина является предшествующей для дисциплин «Основы наноэлектромагнетизма», «Современные проблемы радиофизических исследований».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующей общепрофессиональной компетенции:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен проводить анализ и теоретическое обобщение научных данных в соответствии с задачами исследования	
ИПК-2.1. Умеет теоретически обобщать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений	Знает основные виды метаматериалов
	Умеет использовать результаты прикладных научных исследований в современных устройствах и системах, основанные на метаматериалах
	Владеет знаниями в области материаловедения
ИПК-2.2. Умеет применять современные методы проведения радиофизических исследований	Знает современные методы проведения радиофизических исследований
	Умеет использовать результаты, полученные с помощью современных радиофизических

	методов
	Владеет знаниями в области современных методов проведения радиофизических исследований

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. ед., (108 часов), и их распределение по видам работ представлено в таблице.

Виды работ	Всего часов	Форма обучения	
		очная 3 семестр (часы)	очно-заочная 4 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):	36	36	30
занятия лекционного типа	12	12	12
практические занятия	24	24	18
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:			
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
<i>Контрольная работа</i>	36,2	36,2	30,2
<i>Реферат/эссе (подготовка)</i>			
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	71,8	71,8	77,8
Подготовка к текущему контролю			
Контроль:			
Подготовка к экзамену			
Общая трудоемкость	108	108	108
час.	108	108	108
в том числе контактная работа	36,2	36,2	30,2
зач. ед	3	3	3

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 (4) семестре (2 курса):

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Нанокompозитные и ультрадисперсные материалы на основе керамической матрицы	12	4	8	-	
2	Нанокompозитные и ультрадисперсные материалы на основе металлической матрицы	12	4	8	-	
3	Полимерные нанокompозитные и ультрадисперсные материалы	12	4	8	-	
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	107,8	12	24	-	71,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	-				-
	Общая трудоемкость по дисциплине	108	12	24	-	71,8

2.3. Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение	Предмет и содержание дисциплины. Связь с дисциплинами учебного плана.	Проверка конспекта.
2	Основные свойства метаматериалов	Определение, краткая история, основные свойства метаматериалов. Метаматериалы с одним и двумя отрицательными параметрами ϵ и μ (single-negative SNG и double-negative DNG). Свойства SNG и DNG сред.	Вопросы по конспекту.
3	Диэлектрические метаматериалы с магнитными свойствами	Изотропные метаматериалы. Резонансные диэлектрические включения. Резонанс Ми. Метаматериал на решетки диэлектрических сфер. Кубические диэлектрические включения. Сочетание диэлектрических резонаторов и других компонентов регулярной структуры.	Групповой опрос по изучаемой теме.
4	Метаматериалы с почти нулевой магнитной проницаемостью	Эффективная магнитная проницаемость резонатора на расщепленных кольцевых резонаторах (SRR). Частотная зависимость эффективной магнитной проницаемости. Метаматериалы с магнитной проницаемостью, близкой к нулю (MNZ).	Индивидуальный опрос.

5	Метаматериалы с почти нулевой диэлектрической проницаемостью	Эффективная диэлектрическая проницаемость в виде решетки металлических проводов. Частотная зависимость эффективной диэлектрической проницаемости решетки проводов. Метаматериалы с диэлектрической проницаемостью, близкой к нулю (ENZ). Граничные условия для электромагнитной волны на границе раздела. Условия для реализации ENZ и MNZ. Применение ENZ и MNZ материалов.	Проверка конспекта.
1	2	3	4
6	Высокоимпедансная поверхность	Реализация поверхности с заданными электро-магнитными параметрами. Частотно-избирательная поверхность (FSS). Поверхность с высоким значением сопротивления (HIS). Применение в радиофизике и наноэлектронике.	Вопросы по конспекту.
7	Управляемые метаматериалы	Планарные структуры на основе диэлектрических резонаторов и решетки параллельных проводов. Управление параметрами метаматериалов за счет изменения температуры или применения МЭМС-элементов. Управляемая планарная решетка на основе SSR.	Групповой опрос по изучаемой теме.
8	Управляемые метаматериалы для терагерцовых приложений	ТГц спектр. Метаматериальные структуры ТГц на основе SSR. Решетка элементов металл-диэлектрик-металл с пьезоэлектрическим кантилевером. Управляемая решетка металлических пластинок в жидкокристаллической среде.	Индивидуальный опрос.
9	Фотонные кристаллы и структуры с электронной запрещенной зоной	Фотонные кристаллы. Одномерные и двумерные структуры фотонных кристаллов. Структуры с электронной запрещенной зоной (EBG-структуры) для микроволновых приложений. СВЧ - применение фотонных кристаллов.	Проверка конспекта.
10	Маскировка объектов с помощью метаматериалов	Обеспечение невидимости объекта. Примеры структур метаматериалов для маскировки объекта. Ограничения возможности реализации. Маскировка с помощью структур с применением SRR-компонентов. Маскировка объектов с применением диэлектрических резонансных элементов с резонансом Ми.	Групповой опрос по изучаемой теме.

2.3.2 Практические занятия

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1-2	Основные свойства метаматериалов	Фундаментальные свойства материалов. Отрицательный показатель преломления. Экспериментальное подтверждение существования отрицательной дифракции.	Ответы на контрольные вопросы (КВ) / выполнение практических заданий (ПЗ)
3-4	Основные свойства метаматериалов	Свойства DNG сред: а) обратный закон Снеллиуса, б) обратное рассеяние в эффекте Черенкова, в) преодоление дифракционного предела, г) плоская линза.	КВ / ПЗ
5-6	Диэлектрические метаматериалы с магнитными свойствами	Электродинамика среды с отрицательным показателем преломления. Среда с одним отрицательным параметром: ϵ или μ (SNG) и с двумя отрицательными	КВ / ПЗ

		параметрами: ϵ и ζ (DNG).	
7-8	Метаматериалы с почти нулевой магнитной/диэлектрической проницаемостью	Метаматериалы на резонаторах в виде расщепленных колец (SRR) и на решетке параллельных проводов.	КВ / ПЗ
9-10	Линии передач, подчиняющиеся правилу правой и левой руки.	Уравнения линии передач. LC-эквивалент линий передач, подчиняющиеся правилу правой (RH) и левой (LH) руки. Многомодовые резонаторы. Комбинации отрезков RH и LH.	КВ / ПЗ
1	2	3	4
11-12	Композитные линии передач	SNG и DNG структуры на резонансных диэлектрических включениях.	КВ / ПЗ
13-14	Управляемые метаматериалы	Метаматериалы, используемые в: многомодовых резонаторах, многополосных фильтрах, делителях мощности и направленных ответвителях.	КВ / ПЗ
15-16	Управляемые метаматериалы для терагерцовых приложений	Метаматериальные структуры ТГц на основе SSR, применяемые в радиофизике и электронике.	КВ / ПЗ
17-18	Фотонные кристаллы	Брэгговское отражение. Зоны Бриллюэна. Дисперсионные характеристики одномерных и двумерных структур	КВ / ПЗ
19-20	Высокоимпедансная поверхность	Частотная зависимость фазы коэффициента отражения FFS и HIS.	КВ / ПЗ

2.3.2 Лабораторные работы

В учебном плане лабораторных занятий по данной дисциплине не предусмотрено.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану по данной дисциплине не предусмотрены курсовые работы (проекты).

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

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Все разделы	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/ Гусев А. И.. 2-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 414 с
2.		Витязь П. А., Куис Д. В., Свидунович Н. А. Наноматериаловедение / Витязь П. А., Куис Д. В., Свидунович Н. А.- Минск: Высшая школа, 2015. — 513с.
3.		Солнцев Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов / Солнцев Ю. П. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2014. – 784с.
4.		Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю.А. Чаплыгина. - Москва : Техносфера, 2013. - 688с. : ил.,табл., схем. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-94836-353-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443325 .

5.		Бутиков Е. И. Оптика / Бутиков Е. И. Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 608с. [Электронный ресурс] - URL: https://e.lanbook.com/book/2764 .
----	--	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и зачету).

В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно-исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения физико-химических свойств наноструктур различных типов, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- лекция-пресс-конференция;
- лекция-беседа;
- организационно-личностная игра.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Метаматериалы и нанотехнологии в радиофизике и электронике».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-2.1. Умеет теоретически обобщать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений	Знает основные виды метаматериалов	Контрольная работа №1 - по теме «Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых технологий и материалов.История появления, движущие силы и тенденции развития новых наноматериалов.»	Вопрос на зачете 1-3
		Умеет использовать результаты прикладных научных исследований в современных устройствах и системах, основанные на метаматериалах	Вопросы для устного опроса по теме «Методы получения наноструктур с заданными свойствами. Метаматериалы. Классификация. Основные свойства. Преимущества и недостатки.»	Вопрос на зачете 4-6
		Владеет знаниями в области материаловедения	Письменный опрос по теме «Резонансные диэлектрические включения. Резонанс Ми. Изотропные метаматериалы. Метаматериал на решетки диэлектрических сфер.»	Вопрос на зачете 7-9

2	ИПК-2.2. Умеет применять современные методы проведения радиофизических исследований	Знает современные методы проведения радиофизических исследований	Вопросы для устного опроса по теме «Сочетание диэлектрических резонаторов и других компонентов регулярной структуры. Метаматериалы с одним и двумя отрицательными параметрами ϵ и μ (SNG и DNG). Метаматериалы с магнитной проницаемостью, близкой к нулю (MNZ)»	Вопрос на зачете 10-14
		Умеет использовать результаты, полученные с помощью современных радиофизических методов	Контрольная работа №2- по теме «Условия для реализации ENZ и MNZ. Применение ENZ и MNZ материалов. Метаматериалы на резонаторах в виде расщепленных колец (SRR) и на решетке параллельных проводов. Уравнения линии передач.»	Вопрос на зачете 15-17
		Владеет знаниями в области современных методов проведения радиофизических исследований	Вопросы для устного (письменного) опроса по теме «Реализация поверхности с заданными электромагнитными параметрами.»	Вопрос на зачете 18-22

текущая аттестация: проверка домашних заданий по семинарским занятиям; ответы на контрольные вопросы по теме семинара и на дополнительные вопросы, касающиеся соответствующих разделов основной дисциплины.

промежуточная аттестация:зачет.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерный перечень вопросов и заданий

1. Перечислите основные принципы создания и свойства метаматериалов, области применения и актуальность использования.
2. Изучите и проанализируйте методы анализа и свойства волн в структурах и метаматериалах со случайным характером включений.
3. Подчеркните основные аспекты теории протекания.
4. Приведите формулы моделей Релея, Лоренц-Лоренца, Лоренц-Лоренца-Клаузиуса-Моссоти, Лихтенекера, Бетчера, Максвелла, Максвелла-Гарнетта, Максвелла-Гарнетта-Силларса.
5. Изучите и проанализируйте метод эффективного поля Бруггемана, Бруггемана-Оделевского, Паули и Швана.
6. Перечислите методы построения дисперсионного уравнения.
7. Расскажите о методе матриц передачи построения дисперсионного уравнения.
8. Изучите и проанализируйте дисперсионные свойства фотонных кристаллов.

Контрольная работа

Вариант 1

1. Каковы возможные механизмы воздействия электромагнитного поля на физико-химические свойства метаматериалов?
2. Опишите методы получения наноструктур с заданными свойствами.

3. Перечислите граничные условия для электромагнитной волны на границе раздела.

Вариант 2

1. Как классифицируют метаматериалы?
2. Опишите сочетание диэлектрических резонаторов и других компонентов регулярной структуры.
3. Перечислите области применения метаматериалов.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

1. Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых технологий и материалов.
2. История появления, движущие силы и тенденции развития новых наноматериалов.
3. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.
4. Методы получения наноструктур с заданными свойствами.
5. Метаматериалы. Классификация. Основные свойства. Преимущества и недостатки.
6. Диэлектрические метаматериалы с магнитными свойствами.
7. Резонансные диэлектрические включения. Резонанс Ми.
8. Изотропные метаматериалы.
9. Метаматериал на решетки диэлектрических сфер. Кубические диэлектрические включения.
10. Сочетание диэлектрических резонаторов и других компонентов регулярной структуры.
11. Метаматериалы с одним и двумя отрицательными параметрами ϵ и μ (SNG и DNG).
12. Метаматериалы с магнитной проницаемостью, близкой к нулю (MNZ).
13. Метаматериалы с диэлектрической проницаемостью, близкой к нулю (ENZ).
14. Граничные условия для электромагнитной волны на границе раздела.
15. Условия для реализации ENZ и MNZ. Применение ENZ и MNZ материалов.
16. Метаматериалы на резонаторах в виде расщепленных колец (SRR) и на решетке параллельных проводов.
17. Уравнения линии передач.
18. Метаматериальные структуры ТГц на основе SSR, применяемые в радиофизике и электронике.
19. Реализация поверхности с заданными электро-магнитными параметрами.
20. Фотонные кристаллы и структуры с электронной запрещенной зоной.
21. Маскировка объектов с помощью метаматериалов.
22. Маскировка с помощью структур с применением SRR-компонентов.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4»	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический

(хорошо)	материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Учебная литература:

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/ Гусев А. И. 2-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 414 с.
2. Витязь П. А., Куис Д. В., Свидунович Н. А. Наноматериаловедение / Витязь П. А., Куис Д. В., Свидунович Н. А.- Минск: Высшая школа, 2015. — 513с.
3. Солнцев Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов / Солнцев Ю. П. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2014. – 784с.
4. Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю.А. Чаплыгина. - Москва:

Техносфера, 2013. - 688с.

5. Бутиков Е. И. Оптика / Бутиков Е. И. Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 608с. [Электронный ресурс] - URL: <https://e.lanbook.com/book/2764>.
6. Квантовая радиофизика. / Учебное пособие под редакцией В.И. Чижики. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбУ, 2009. - 700с.
7. Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с
8. Сушков А.Д. Вакуумная электроника: физико-технические основы: учеб. пособие для студентов вузов / А.Д. Сушков. – СПб.: Лань, 2004.
9. Усанов Д.А. Физика работы полупроводниковых приборов в схемах СВЧ / Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль. – Саратов: Из-во ун-та, 1999.
10. Потёмкин В.В. Радиофизика: учеб. пособие для студентов физ. спец. вузов / В.В. Потёмкин. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
11. Трубникова, В. Электротехника и электроника / В. Трубникова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Кафедра теоретической и общей электротехники. - Оренбург : ОГУ, 2014. - Ч. 1. Электрические цепи. - 137 с.
12. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем : учебное пособие / С.В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 115 с.
13. Орликов, Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л.Н. Орликов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра электронных приборов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - Ч. 2. – 101с.

5.2. Периодические издания:

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

В мире науки.
Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия.
Вопросы изобретательства.
Зарубежная радиоэлектроника.
Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.
Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.
Инженерная физика.
Исследования Земли из космоса.
Наука и жизнь.
Радио.
Радиотехника.
Радиотехника и электроника.
Технологии и средства связи.
Успехи современной радиоэлектроники.
Успехи физических наук.
Электроника.

Электроника. Реферативный журнал. ВИНТИ.
Электроника: наука, технология, бизнес.
Электросвязь.

5.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Рекомендуется сразу же после окончания лекций, практических занятий просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого необходимо обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью более углубленного изучения проблемного вопроса.

В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания. В этом случае рекомендуется просматривать несколько учебников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекционном или практическом занятии с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания, отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Занятия лекционного типа являются одной из основных форм обучения студентов, во время которых студентам предоставляется возможность ознакомиться с

основными научно-теоретическими положениями, проблемами дисциплины, получить необходимое направление и рекомендации для самостоятельной работы с учебниками, учебными пособиями, при подготовке к семинарским занятиям. Лекция является результатом кропотливой подготовки преподавателя, изучения и обобщения научной и учебной литературы. Столь же усердной должна быть и подготовка студента накануне лекции, посредством изучения соответствующей учебной литературы, повторения ранее пройденных тем.

Во время лекции следует записать дату ее проведения, тему, план лекции, вопросы, которые выносятся на самостоятельное изучение, отметить новинки учебной и научной литературы, рекомендованные лектором. Студентам рекомендуется конспектировать ее основные положения, не стоит пытаться дословно записать всю лекцию, поскольку скорость лекции не рассчитана на дословное воспроизведение выступления лектора в конспекте, тем не менее она является достаточной для того, чтобы студент смог не только усвоить, но и зафиксировать на бумаге сущность затронутых лектором проблем, выводы, а также узловые моменты, на которые обращается особое внимание в ходе лекции. На лекции студенту рекомендуется иметь на столах помимо конспектов также программу курса, которая будет способствовать развитию мнемонической памяти, возникновению ассоциаций между выступлением лектора и программными вопросами. В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует задавать сразу же или в конце лекции в специально отведенное для этого время.

Занятия семинарского типа представляют собой одну из важных форм самостоятельной работы студентов. Подготовка к практическим занятиям не может ограничиться слушанием лекций, а предполагает предварительную самостоятельную работу студентов в соответствии с методическими разработками по каждой запланированной теме.

В организации практических занятий реализуется принцип совместной деятельности, сотворчества. Семинар также является важнейшей формой усвоения знаний. В процессе подготовки к семинару закрепляются и уточняются уже известные и осваиваются новые категории. Семинар как развивающая, активная форма учебного процесса способствует выработке самостоятельного мышления студента, формированию информационной культуры.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со

способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При отрицательной рецензии работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

С точки зрения методики проведения семинар представляет собой комбинированную, интегративную форму учебного занятия. Для подготовки и точного и полного ответа на семинарском занятии студенту необходимо серьезно и основательно подготовиться. Для этого он должен уметь работать с учебной и дополнительной литературой, а также знать основные критерии для написания реферата или подготовки доклада, если семинар проходит в данной форме. В конце занятия, после подведения его итогов преподавателем студентам рекомендуется внести изменения в свои конспекты, отметить информацию, прозвучавшую в выступлениях других студентов, дополнения, сделанные преподавателем и не отраженные в конспекте.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др). Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран Авторские программы для ЭВМ: – «Рейтинг успеваемости студентов» (свидетельство о государственной регистрации № 2010616870); – «Помощник экзаменатора» (свидетельство о государственной регистрации № 2011615221); – «Выбираем вопрос» (свидетельство о государственной регистрации № 2011615236).
Учебные аудитории для проведения групповых и	Мебель: учебная мебель	Операционная система MS Windows (© Microsoft

индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Corporation). Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др). Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран Авторские программы для ЭВМ: – «Рейтинг успеваемости студентов» (свидетельство о государственной регистрации № 2010616870); – «Помощник экзаменатора» (свидетельство о государственной регистрации № 2011615221); – «Выбираем вопрос» (свидетельство о государственной регистрации № 2011615236).
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория НОЦ «ДССН» КубГУ	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование: Персональные электронно-вычислительные машины: CPU с частотой более 2,4 ГГц, LCD; растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F; спектрометр электронного парамагнитного резонанса JEOL JES-FA300; установка магнетронного напыления Q150T ES; установка для осаждения тонких пленок CCR Corra Cube ISSA; микроинтерферометр МИИ-4М; вытяжные шкафы химические	Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation). Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др). Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
---	---	---

<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)</p>	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).</p> <p>Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др).</p> <p>Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 208С)</p>	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).</p> <p>Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation: Word, Excel, Power Point и др).</p> <p>Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.</p> <p>Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран</p>