

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
Хагуров Т.А.
подпись
« 27 » 2018г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.05.01 ФИЗИКО-ХИМИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИА-
ЛОВ**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) «Нанотехнологии в электронике»

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.05.01 «Физико-химия наноструктурных материалов» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника». Направленность «Нанотехнологии в электронике» (академический бакалавриат)

Программу составил:

Г.Ф. Копытов, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедры радиофизики и нанотехнологий ФТФ «КубГУ»



подпись

Рабочая программа дисциплины «Физико-химия наноструктурных материалов» утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «27» марта 2018г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Копытов Г.Ф.



подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий протокол № 9 «27» марта 2018г.

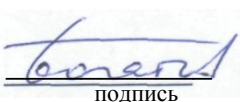
Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.



подпись

Рабочая программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета протокол № 10 «2» апреля 2018г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

1. Исаев В.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и информационных систем ФТФ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

2. Гаврилов А.И., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина имеет своей целью подготовку бакалавров, обладающих научно-практическими знаниями в области физической химии, процессов синтеза наноматериалов и низкоразмерных структур, приобретение навыков решения материаловедческих задач, формирование научно обоснованного подхода к изучению свойств и разработке процессов получения наноматериалов и структур.

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины является ознакомление студентов с:

- термодинамическими основами процессов образования нано-структур;
- термодинамикой поверхностных явлений и дисперсных систем;
- свойствами наноматериалов, размерными термодинамическими эффектами;
- современными технологиями создания наноматериалов;
- физико-химическим закономерностям формирования нано-структурных материалов;
- изменением физико-химических характеристик материала при переходе от массивного состояния к наноструктурному.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Физико – химия наноструктурных материалов» входит в вариативную часть математического и естественнонаучного цикла дисциплин рабочего учебного плана по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника».

Изучение дисциплины «Физико-химия наноструктурных материалов» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении общеобразовательных дисциплин – «Физика», «Химия» и «Физическая химия». Она является базовой для изучения дисциплин профессионального уровня.

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 следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-3	студент обладает способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и микроэлектроники	реализовывать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и микроэлектроники	навыками расчетов энергетических и геометрических характеристик нанобъектов и устройств на их основе

№ п.п	Индекс компе- тенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
2	ПК-8	студент обладает способностью выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	современные технологии получения нанобъектов	интерпретировать результаты, полученные при изучении нанобъектов с учетом современного представления наук о наноматериалах	классификацией нанобъектов и их физических, химических и биологических свойств

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)		
			7		
Контактная работа, в том числе:		68,2	68,2		
Аудиторные занятия (всего):		64	64		
Занятия лекционного типа		32	32		
Лабораторные занятия		–	–		
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		32	32		
Иная контактная работа:		4,2	4,2		
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4		
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2		
Самостоятельная работа, в том числе:		75,8	75,8		
Проработка учебного (теоретического) материала		40	40		
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		20	20		
Реферат		10	10		
Подготовка к текущему контролю		5,8	5,8		
Контроль:		–	–		
Подготовка к зачету		–	–		
Общая трудоемкость	час.	144	144		
	в том числе контактная работа	68,2	68,2		
	зач. ед.	4	4		

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма).

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятель-ная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Объекты нанометрового масштаба. Классификация	11,8	2	2		7,8
2	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов	14	2	2		10
3	Физико-химические особенности межфазных границ	10	2	2		6
4	Физико-химические свойства наночастиц	16	4	4		8
5	Гомогенная нуклеация	12	4	2		6
6	Методы синтеза наночастиц	12	2	2		8
7	Гетерогенная нуклеация	12	2	4		6
8	Одномерные наноструктуры	16	4	4		8
9	Наноструктурированные пленки и покрытия	22	6	6		10
10	Углеродные наноматериалы	14	4	4		6
	Итого по дисциплине:	139,8	32	32		75,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа.

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Объекты нанометрового масштаба. Классификация.	Объекты нанометрового масштаба. Классификация. Наносистемы, наноматериалы. Общие закономерности образования нанодисперсных систем. Способы получения наносистем. Изменение свободной энергии при диспергировании.	Устный опрос.
2.	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.	Устный опрос.
3.	Физико-химические особенности межфазных границ.	Физико-химические особенности межфазных границ. Термодинамика поверхности, процессы на поверхности и в приповерхностных слоях.	Устный опрос.

4.	Физико-химические свойства наночастиц.	Свойства наночастиц. Структурные и фазовые превращения при переходе от макрообъекта к нанообъекту. Период решетки. Фоновый спектр, температура плавления и теплоемкость. Магнитные свойства наночастиц. Суперпарамагнетизм. Оптические свойства металлических и полупроводниковых наночастиц. Реакционная способность наночастиц.	Устный опрос.
5.	Гомогенная нуклеация.	Кинетика формирования новой фазы. Зародышеобразование и эволюция зародышей новой фазы. Гомогенная нуклеация. Зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур. Доращивание наноструктур при гомогенной нуклеации. Рост, ограниченный диффузией. Рост, ограниченный процессами на поверхности.	Устный опрос.
6.	Методы синтеза наночастиц.	Синтез наночастиц металлов. Влияние восстанавливающих агентов и полимерного стабилизатора. Синтез полупроводниковых наночастиц. Синтез оксидных наночастиц. Основные стадии процесса. Реакции в газовой фазе. Сегрегация твердой фазы.	Устный опрос.
7.	Гетерогенная нуклеация.	Гетерогенная нуклеация. Режимы зарождения при малых покрытиях, режим промежуточных покрытий, режим агрегации, режим коалесценции (созревание Оствальда) и перколяции. Кинетико-ограниченный синтез наночастиц при гетерогенной нуклеации. Синтез в мицеллах и микроэмульсиях. Прекращение роста. Темплатный синтез наночастиц.	Устный опрос.
8.	Одномерные наноструктуры.	Одномерные наноструктуры: нанонити и наностержни. Самопроизвольный рост. Рост в результате испарения – конденсации. Рост по механизму «пар-жидкость-кристалл». Рекристаллизация одномерных наноструктур. Темплатный синтез одномерных наноструктур. Электрохимическое и электрофоретическое осаждение. Заполнение матриц. Преобразование с помощью химических реакций.	Устный опрос.
9.	Наноструктурированные пленки и покрытия.	Наноструктурированные пленки и покрытия. Теория роста нанопленок. Физические методы получения наноструктурированных пленок и покрытий. Испарительное осаждение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Распыли-	Устный опрос.

		тельное осаждение. Химические методы получения nano-структурированных пленок и покрытий. Кинетика химических реакций. Явления переноса. Химическое осаждение из газовой фазы. Физические свойства тонких пленок и поверхностных слоев. Осаждение атомных слоев. Сверхрешетки. Самосборка nanoструктурированных пленок и покрытий. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Электро-химическое осаждение. Золь-гель пленки.	
10.	Углеродные наноматериалы.	Углеродные наноматериалы. Физические свойства фуллеренов. Химия фуллеренов: окислительно-восстановительные свойства, реакции присоединения, реакции полимеризации. Физические свойства фуллерита. Эндоэдральные комплексы. Нанолмазы. Свойства углеродных и неорганических нанотрубок, нанопроволок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Физические и химические свойства углеродных нанотрубок. Свойства неорганических нанотрубок и нанопроволок.	Устный опрос.

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Объекты нанометрового масштаба. Классификация.	Классификация объектов нанометрового масштаба. Общие закономерности образования нанодисперсных систем. Способы получения наносистем. Изменение свободной энергии при образовании нанообъектов.	КВ / Р
2.	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.	КВ / Р
3.	Физико-химические особенности межфазных границ.	Физико-химические особенности межфазных границ. Термодинамика поверхности, процессы на поверхности и в приповерхностных слоях.	КВ / Р
4.	Физико-химические свойства наночастиц.	Структурные и фазовые превращения при переходе от макрообъекта к нанообъекту. Период решетки. Изменение физических характеристик объекта при его переходе в наномасштаб.	КВ / Р

5.	Гомогенная нуклеация.	Гомогенная нуклеация. Зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур.	КВ / Р
6.	Методы синтеза наночастиц.	Синтез и стабилизация металлических, полупроводниковых и оксидных наночастиц.	КВ / Р
7.	Гетерогенная нуклеация.	Гетерогенная нуклеация. Кинетико-ограниченный синтез наночастиц при гетерогенной нуклеации. Синтез в мицеллах и микроэмульсиях. Прекращение роста. Темплатный синтез наночастиц.	КВ / Р
8.	Одномерные наноструктуры.	Одномерные наноструктуры. Физико-химические и методы получения.	КВ / Р
9.	Наноструктурированные пленки и покрытия.	Наноструктурированные пленки и покрытия. Методы получения. Физические свойства тонких пленок и поверхностных слоев. Осаждение атомных слоев. Сверхрешетки. Самосборка наноструктурированных пленок и покрытий.	КВ / Р
10.	Углеродные наноматериалы.	Углеродные наноматериалы. Физические и химические свойства углеродных материалов. Методики получения углеродных материалов.	КВ / Р

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, Р – реферат.

2.3.3 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

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

№	Вид СР	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка теоретического материала	Наноматериалы: свойства и перспективные приложения / отв. ред. А. Б. Ярославцев. - Москва : Научный мир, 2014.
2.	Подготовка к практическим занятиям	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий = Scanning microscopy for nanotechnology: методы и применение / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга; пер. с англ. С. А. Иванова, К. И. Домкина; под ред. Т. П. Каминской. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.
3.	Реферат	Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы / Э. Г. Раков. - Мо-

		сква: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения: возможности и проблемы / Р. А. Андриевский. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

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 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.

3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;

- проведение практических занятий;

- домашние задания;

- опрос;

- индивидуальные практические задания;

- контрольные работы;

- тестирование;

- публичная защита лабораторных работ;

- консультации преподавателей;

– самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и зачету).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде электронного комплекса сопровождения, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;

- электронные планы практических (семинарских) занятий;

- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;

- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;

– разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах *.doc, *.rtf, *.htm, *.txt, *.pdf, *.djvu и графических форматах *.jpg, *.png, *.gif, *.tif).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

– усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;

– консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

– интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;

– лекции с проблемным изложением;

– обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;

– компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;

– технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

– проблемная лекция;

– лекция-пресс-конференция;

– семинар-дискуссия.

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

Интерактивные образовательные технологии

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
7	Лекция № 1. Объекты нанометрового масштаба. Классификация.	Проблемная лекция. Потребность в моделировании и проектировании наносистем. Цели моделирования и искомые характеристики наносистем.	2
	Лекция №2. Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.	Проблемная лекция. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры. Силовые поля. Энергия.	2
	Лекция № 3. Физико-химические особенности межфазных границ.	Лекция-пресс-конференция. Уравнение Шредингера для молекулярной системы. Свойства электронной волновой функции. Приближение Борна-Оппенгеймера. Иерархия методов квантовой химии. Метод Хартри-Фока. Электронная корреляция и методы ее учета. Метод конфигу-	2

		рационального взаимодействия. Теория возмущений. Метод связанных кластеров. Точность неэмпирических квантово-химических расчетов.	
	Лекция №4-5. Физико-химические свойства наночастиц.	Лекция-пресс-конференция. Теорема Хоэнберга-Кона. Теория Кона-Шэма. Функционалы электронной плотности. Локальные и нелокальные функционалы плотности. Градиентная коррекция. Проблемы использования функционалов плотности в описании свойств и характеристик наночастиц.	4
	Занятия семинарского типа № 3. Физико-химические особенности межфазных границ.	Лекция-пресс-конференция. Базисные функции для неэмпирических расчетов. Номенклатура базисных наборов. Роль базисных функций в описании свойств наносистем. Компьютерные программы для неэмпирического моделирования наносистем.	2
	Занятия семинарского типа № 3-4. Физико-химические свойства наночастиц.	Семинар-дискуссия на тему: 1. «Физико-химические основы поверхностных Процессов»; 2. «Структурные фазовые переходы».	4
	Занятия семинарского типа № 5-6. Гомогенная нуклеация.	Семинар-дискуссия на тему: 1. «Технология коллоидов и наносистем»; 2. «Кластерообразование и формирование наноструктур».	4
<i>Итого:</i>			20

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются: проблемная лекция, лекция-пресс-конференция, семинар-дискуссия, устный опрос, устный ответ на контрольные вопросы.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

4.1.1 Темы рефератов

В процессе подготовки докладов и рефератов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике» компетенции – ОПК-3, ПК-8.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1 Определение нанохимии и её ключевые особенности

- 2 Сходство и различия классификации наночастиц разных авторов.
- 3 Основные направления нанохимии.
- 4 Физико-химические особенности, связанные с уменьшением размера частицы.
- 5 Проблемы при исследовании наночастиц.
- 6 Как можно классифицировать методы синтеза наночастиц
- 7 Особенности химического восстановления при получении наночастиц металлов.
- 8 Примеры получения наночастиц металлов химическим и радиационно-химическим восстановлением.
- 9 Принципы золь-гель метода и особенности использования сверхкритических растворов для синтеза наночастиц.
- 10 Особенности конденсации веществ на холодные поверхности.
- 11 Методы исследования поверхности частиц, характеризовать получаемую информацию.
- 12 Особенности и специфика просвечивающей электронной микроскопии.
- 13 Принципы работы зондовых микроскопов различных типов.
- 14 Специфика и чувствительность различных спектральных методов.
- 15 Размерные эффекты, наблюдаемые в нанохимии.
- 16 Модели, использованные для описания зависимости температуры плавления от размера частиц металла.
- 17 Зависимость оптических спектров от размера частиц.
- 18 Связь постоянной решётки с размером частицы.
- 19 Особенности термодинамики получения наночастиц.
- 20 Возможности зондовой микроскопии в осуществлении химической реакции.
- 21 Примеры и особенности каталитических реакций с участием наночастиц палладия.
- 22 Примеры получения и использования полупроводниковых наночастиц.
- 23 Влияние размера частиц полупроводников на ширину запрещённой зоны.
- 24 Принцип работы наноразмерного электронного выключателя.
- 25 Открываемые возможности использования наноматериалов для получения сенсоров.
- 26 Примеры использования углеродных нанотрубок.
- 27 Пересечение научных и практических проблем в нанохимии.
- 28 Возможные перспективные направления исследований в нанохимии.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-3: знать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и наноэлектроники; уметь реализовывать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и наноэлектроники.

ПК-8: знать современные технологии получения нанообъектов.

Критерии оценки реферата:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата студентом была глубоко изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата им была изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения,

но не высказано собственное суждение по рассматриваемой теме, имеются незначительные пробелы в изложении научного материала по теме.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при написании реферата вопросы темы раскрыты недостаточно полно, имеются недостатки в оформлении реферативной работы.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в реферате присутствует плагиат, студент не проявил самостоятельности при выполнении научной работы, заимствовал материал, отсутствует соответствие между темой реферативной работы и изученными научными источниками; работа выполнена с грубыми нарушениями требований к оформлению, при защите реферата студентом продемонстрировано отсутствие знаний необходимого материала по теме.

4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике» компетенции – ОПК-3, ПК-8.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

1. Каковы особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах.
2. В чем суть квантовых размерных эффектов?
3. Приведите примеры и объясните влияние размерных эффектов на электронную структуру наноматериалов.
4. Перчислите основные факторы, влияющие на неравновесное состояние наноматериалов.
5. Охарактеризуйте влияние размера кристаллитов на электрические свойства наноматериалов.
6. Охарактеризуйте магнитные свойства наноматериалов.
7. Как меняется прочность, твердость и пластичность при уменьшении размера зерна? Охарактеризуйте явление сверхпластичности в наноматериалах.
8. Приведите примеры влияния размерных эффектов на реакционную способность и активность наноматериалов.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-3: знать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и нанoeлектроники; уметь реализовывать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и нанoeлектроники.

ПК-8: знать современные технологии получения нанообъектов; уметь интерпретировать результаты, полученные при изучении нанообъектов с учетом современного представления наук о нано-материалах.

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» ставится, если продемонстрирован достаточный уровень эрудированности студента, выводы и наблюдения самостоятельны, соблюдена культура устного и письменного изложения материала и в целом продемонстрированы знания и умения необходимых компетенций.

Оценка «**не зачтено**» ставится, если студент не может дать правильные ответы на 80% вопросов или не соблюдены хотя бы 2 из оставшихся требований.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Физико-химия наноструктурных эл.» для направления подготовки для направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Нанотехнологии в электронике».

Вопросы для подготовки к экзамену

1 Понятие наноструктурированных материалов и систем. Классификация наноструктурированных материалов и систем. Связь наноструктурированных материалов и систем с нанотехнологиями и наноматериалами.

2 История появления. Подходы "сверху-вниз" и "снизу-вверх" к синтезу наночастиц и наноматериалов.

3 Полупроводниковый гетеропереход. Иерархия понятий. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Типы квантоворазмерных структур. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки.

4 Трансформация энергетического спектра элементарных наноструктур. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек. Проблемы технологии квантово-размерных структур.

5 Структуры на основе углерода. Аллотропия. Особенности С-С связи. Алмаз, графит, графен. Фуллерены.

6 Углеродные нанотрубки. Получение углеродных наноструктур. Механические, электрические и химические свойства углеродных наноструктур.

7 Основные определения и история вопроса. Принципы построения наномеханизмов. Теория нанороботов и наномашин.

8 Предполагаемые варианты конструкций нанороботов. Потенциальная сфера применений. Нанороботы в массовой культуре.

9 Основы плазмоники. Электромагнитные свойства металлов. Поверхностные плазмон-поляритоны на границе раздела металл-диэлектрик. Возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов на плоских границах раздела сред.

10 Локализованные поверхностные плазмоны. Применение плазмонов. Преодоление дифракционного предела

11 Определение и основные понятия. Классификация. Отрицательный коэффициент преломления. Основы эффекта.

12 Перенос энергии правой и левой волнами. Дисперсия левой среды. Примеры распространения волны в левой среде. Возможные приложения. Суперлинза. Плащ-невидимка

13 Определение. Интерференция в тонких пленках. 1D, 2D, 3D фотонные кристаллы. Фотонные запрещенные зоны.

14 Фотонные кристаллы в природе. Полезные свойства запрещенных зон и приложения.

15 Дисперсионные соотношения. Расширенная зонная схема. Схема приведенных зон. Периодическая зонная схема.

16 Зонные диаграммы. Стоячие волны как источник запрещенных зон.

17 Методы расчета оптических свойств периодических наноструктур. Состояния света в фотонном кристалле. Общие соображения. Теорема Блоха.

18 Блоховская структура. Поляризация. Метод плоских волн. Одномерный случай. Двух- и четырехкомпонентные приближения.

19 Метод плоских волн для 2-хмерных фотонных кристаллов. Метод плоских волн для 3-хмерных фотонных кристаллов. Примеры.

20 Новые эффекты на особенностях дисперсионных соотношений. Эффект суперпризмы. Медленный свет. Отрицательная рефракция на фотонных кристаллах.

21 Метод матриц переноса. Нормальное падение. Матрицы 2x2. Дефектные моды. Матрицы, соответствующие слоям и границам.

22 Падение под углом. Матрицы 4x4. Учет поглощения. Учет неидеальности. Магнитные фотонные кристаллы

23 Одномерный фотонный кристалл: мультислой. ТЕ-поляризация. ТМ-поляризация. Конечное диэлектрическое зеркало. Случай волновода.

24 Полубесконечное диэлектрическое зеркало. Бесконечный периодический мультислой. Теорема блоха и дисперсионные соотношения.

25 Метод конечных разностей во временной области (FDTD). Постановка задачи для вычисления распределения поля. Метод конечных разностей во временной области.

26 Разностный вид уравнений Максвелла. Определение диэлектрической функции. Определение начальных и граничных условий. Устойчивость метода FDTD. Примеры расчетов.

27 Метод связанных мод в пространстве Фурье (RCWA). Уравнения Максвелла в усеченном пространстве Фурье. Нахождение собственных волн каждого слоя. Сшивка решений на границах слоев.

28 Метод множественных мультиполей (MMM). Разложение в ряд по аналитическим решениям уравнений Максвелла. Сходимость потенциала на границах.

29 Плотность фотонных состояний. Плотность фотонных состояний в вакууме и в фотонных кристаллах. Примеры.

30 Применение плотности состояний. Локальная плотность состояний. Моделирование плотности состояний.

31 Особенности прохождения света через среду фотонного кристалла. Спектры пропускания. Спектры отражения от поверхности и от подложки. Закон Брегга-Вульфа.

32 Дифракционные эффекты в оптических спектрах. Люминесценция атомов, помещенных в среду фотонного кристалла.

33 1-мерные, 2-мерные и 3-мерные дифракционные решетки. Экспериментальная схема наблюдения дифракции монохроматического пучка на структуре фотонного кристалла.

34 Дифракция на бездефектном фотонном кристалле. Дифракция на фотонном кристалле с дефектами и неоднородностями.

35 Основные принципы анализа размеров частиц. Вопрос о том, что такое частица. Проблематика размера частиц. Эквивалентная сфера. Различные методы анализа - разные средние.

36 Методы определения размеров наночастиц, взвешенных в растворе. Статическое и динамическое рассеяние света. Броуновское движение. Уравнение Стокса-Эйнштейна. От рассеянного света к коэффициенту диффузии.

37 Эволюция методов сканирующей зондовой микроскопии, основные физические принципы. Особенности работы. Обработка полученной информации и восстановление полученных изображений.

38 Методы определения размеров частиц на изображении. Особенности изучения фотонных кристаллов.

К зачету по теоретическому материалу лекционных занятий допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, подготовившие реферат и презентацию. Зачет проводится в устной форме, при этом студентам задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к зачету.

Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:

ОПК-3: знать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и наноэлектроники; уметь реализовывать методики экспериментального исследования параметров устройств и установок электроники и наноэлектроники; владеть навыками расчетов энергетических и геометрических характеристик нанобъектов и устройств на их основе.

ПК-8: знать современные технологии получения нанобъектов; уметь интерпретировать результаты, полученные при изучении нанобъектов с учетом современного представления наук о нано-материалах; владеть классификацией нанобъектов и их физических, химических и биологических свойств.

Образец экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Кубанский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Кафедра радиофизики и нанотехнологий 11.03.04 Электро-
ника и нанoeлектроника («Нанотехнологии в электронике»)

Дисциплина «Физико-химия наноструктурных материалов»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Понятие наноструктурированных материалов и систем. Классификация наноструктурированных материалов и систем. Связь наноструктурированных материалов и систем с нанотехнологиями и наноматериалами.

2. Метод плоских волн для 2-хмерных фотонных кристаллов. Метод плоских волн для 3-хмерных фотонных кристаллов. Примеры.

Зав.кафедрой
радиофизики и нанотехнологий

Копытов Г.Ф.

Оценка знаний на экзамене производится по следующим *критериям*:

– отметка **«отлично»** выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения;

– отметка **«хорошо»** выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе изученных концепций и теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки или трактовки ситуаций;

– отметка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если ответ полный, но допущена существенная смысловая ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения обобщать, анализировать, формулировать выводы;

– отметка **«неудовлетворительно»** выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

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 зачете;

– 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 Основная литература:

1. Наноматериалы: свойства и перспективные приложения / отв. ред. А. Б. Ярославцев. - Москва: Научный мир, 2014.

2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий = Scanning microscopy for nanotechnology: методы и применение / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга; пер. с англ. С. А. Иванова, К. И. Домкина; под ред. Т. П. Каминской. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.

3. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы / Э. Г. Раков. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014

4. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения: возможности и проблемы / Р. А. Андриевский. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

5.2 Дополнительная литература:

1. Сергеев, Г. Б. Нанохимия: учебное пособие / Г. Б. Сергеев. — 3-е изд. — Москва: КДУ, 2009. — 336 с.

2. Суздалев, И. П. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. —Москва: КомКнига, 2006. — 597 с.

3. Андриевский, Р. А. Нано-структурные материалы: учебное пособие / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. — Москва: Academia, 2005. — 178 с.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал физической химии.

2. Журнал коллоидной химии.

3. Journal Physical Chemistry.

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

1. <http://www.nanoware.ru/>

2. www.nanometer.ru

3. <http://nanodigest.ru/>

4. <http://www.nanorf.ru/>

5. <http://nano-info.ru/>

6. <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Основной формой обучения студентов является самостоятельная работа над учебным материалом. Процесс изучения дисциплины состоит из следующих этапов:

1. Проработка теоретического материала по рекомендованному учебнику и конспектам лекций, предоставленных преподавателем. В случае недоступности данного пособия необходимо обратиться к списку литературы, приведенного в рабочей программе дисциплины;

2. Ответов на контрольные вопросы в контексте текущего контроля знаний студентов;

3. Выполнения контрольных работ при промежуточной аттестации;

4. Подготовка и представление перед однокурсниками реферата на заданную тему.

5. Сдачи экзамена.

Презентации на заданную тему выполняются в программе Power Point. Она должна состоять из 5-10 слайдов и содержать основные определения, фактический иллюстрированный материал, выводы и список использованных источников.

Материал для сообщения необходимо искать в книгах, журналах и интернет-источниках, опубликованных в последние 3 года.

Доклад, сопровождающий презентации, должен занимать около 30 минут.

И доклад, и презентации предварительно присылаются преподавателю по электронной почте на проверку.

Контрольные работы выполняются каждым студентом на отдельных листках. Не допускается использование любых средств коммуникации (ноутбуки, мобильные телефоны с выходом в интернет и пр.) Допускается использование рабочих тетрадей, в которых законспектированы наиболее важные с точки зрения каждого из студентов моменты, выделенные при самостоятельной проработке каждой из тем.

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Объекты нанометрового масштаба. Классификация	7,8	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	2
2.	Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов	10	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	3
3.	Физико-химические особенности межфазных границ	6	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	2
4.	Физико-химические свойства наночастиц	8	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	3
5.	Гомогенная нуклеация	6	Устный опрос. Устный ответ на кон-	

			трольные вопросы. Реферат.	2
6.	Методы синтеза наночастиц	8	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы.	3
7.	Гетерогенная нуклеация	6	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы.	2
8.	Одномерные наноструктуры	8	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы.	3
9.	Наноструктурированные пленки и покрытия	10	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	3
10.	Углеродные наноматериалы	6	Устный опрос. Устный ответ на контрольные вопросы. Реферат.	2
Итого:		75,8		25

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.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия рабочей программы дисциплины и включают:

- заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;
- цель работы;
- предмет и содержание работы;
- порядок (последовательность) выполнения работы;
- общие правила к оформлению работы;
- контрольные вопросы и задания;
- список литературы (по необходимости).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

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.

Реферат — это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменной форме полученных результатов теоретического анализа определенной научной темы, где автор должен раскрыть суть исследуемой проблемы, привести существующие разные научные точки зрения, высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

При подготовке реферата, который представляет собой научное сообщение, студент должен изучить и обобщить научную литературу. На основе изученного материала

студент раскрывает содержание выбранной темы реферата, акцентируя внимание на актуальные и проблемные вопросы. Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми для оформления письменных работ.

Написание реферата необходимо в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска. С помощью реферата студент глубже постигает наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, докладывать результаты своего труда.

Подготовка реферата способствует формированию научной культуры у выпускника, закреплению у него научных знаний, развитию умения самостоятельно анализировать различные научные источники.

Оформление реферата:

1. Реферат должен иметь следующую структуру: а) план; б) введение; в) изложение основного содержания темы; г) заключение; д) список использованной литературы.

2. Общий объём – 8-10 с. основного текста.

3. Перед написанием должен быть составлен план работы, который обычно включает 2–3 вопроса. План не следует излишне детализировать, в нём перечисляются основные, центральные вопросы темы.

4. В процессе написания работы студент имеет право обратиться за консультацией к преподавателю.

5. В основной части работы большое внимание следует уделить глубокому теоретическому освещению основных вопросов темы, правильно увязать теоретические положения с практикой, конкретным фактическим и цифровым материалом.

6. В реферате обязательно отражается использованная литература, которая является завершающей частью работы.

7. Особое внимание следует уделить оформлению.

8. При защите реферата выставляется дифференцированная оценка.

9. Реферат, не соответствующий требованиям, предъявляемым к данному виду работы, возвращается на доработку.

Рефераты выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют. Текст следует печатать шрифтом № 12 с интервалом между строками в 1,5 интервала.

Качество реферата оценивается по тому, насколько полно раскрыто содержание темы, использованы первоисточники, логичное и последовательное изложение. Оценивается и правильность подбора основной и дополнительной литературы (ссылки по правилам: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания, страница).

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.

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.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. <http://elibrary.ru> Научная электронная библиотека
2. <http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.
3. <http://apps.webofknowledge.com> - мультидисциплинарная реферативно-библиографическая база данных Института научной информации США.
4. www.scopus.com - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	- (Учебным планом семинарские занятия не предусмотрены.)
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет
4.	Самостоятельная работа	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.