

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет математики и компьютерных наук



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.09 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НАНОСТРУКТУР И НАНОСИСТЕМ**

Направление подготовки /специальность

02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Направленность (профиль) /специализация

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Программа подготовки

АКАДЕМИЧЕСКАЯ

Форма обучения

ОЧНАЯ

Квалификация (степень) выпускника

МАГИСТР

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.01 МАТЕМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Программу составил:

Усатиков С.В., проф. кафедры
математических и компьютерных методов,
д. ф.-м. н., доц.



Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (разработчик)
Дроботенко М.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 14 «09» июня 2017 г.
Заведующий кафедрой (выпускающей)
Дроботенко М.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук
протокол № 3 «20» июня 2017 г.
Председатель УМК факультета
Титов Г.Н



Рецензенты:

Барсукова В.Ю., канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедры функционального анализа и алгебры КубГУ

Терещенко И.В., канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедрой общей математики КубГТУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Подготовить теоретический фундамент и познакомить слушателей с применением ряда формализмов математического аппарата в исследовании наносистем, а также программно-аппаратными средствами. Исследование наносистем объединяет самые на первый взгляд далекие математические дисциплины, выявляя связи между различными математическими дисциплинами и то, как переход с одного математического языка на другой позволяет получать нетривиальные результаты.

1.2 Задачи дисциплины

Дать представление о современном состоянии науки моделирования наноструктур и наносистем. Изложить основные методы и направления исследования, которые разовьют способность к собственной организации научно-исследовательской работы. Развить устойчивый навык решения практически важных задач, основываясь на собственном ведении прикладного аспекта в теоретических основах моделирования наноструктур и наносистем.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем» относится к вариативной части цикла дисциплин учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по стандарту высшего образования, и является основой для решения исследовательских задач. Перечень предшествующих дисциплин, необходимых для изучения данной дисциплины: математический анализ, линейная алгебра, дифференциальная геометрия, функциональный анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальные уравнения с частными производными, уравнения математической физики, теория устойчивости.

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 общекультурных/профессиональных компетенций (ОК/ПК)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-3	Готовностью самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных и сетевых ресурсов	Основные тенденции развития современных информационных и сетевых ресурсов	Осуществлять отбор и анализ значимого материала в области наноструктур и наносистем	Методами и технологиями проектирования и создания программных продуктов на основе информационных и сетевых технологиях
2.	ПК-2	Способностью к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, к управлению научным коллективом	Основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций	Планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между	Навыками планирования научного исследования, анализа полученных результатов и формулировок и выводов

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
				членами исследовательского коллектива	
3.	ПК-6	Способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках	Современное состояние науки в области наноструктур и наносистем	Выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			В			
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		24	24			
Занятия лекционного типа		12	12	-	-	-
Лабораторные занятия		12	12	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-	-	-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	-	-	-
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		5	5	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		25	25	-	-	-
Реферат		10	10	-	-	-
Подготовка к текущему контролю		7,8	7,8	-	-	-
Контроль:						
Подготовка к экзамену		-	-	-	-	-
Общая трудоемкость	час.	72	72	-	-	-
	в том числе контактная работа	24,2	24,2			
	зач. ед	2	2			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в В семестре

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятель-ная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий</i>	24	4		4	16
2.	<i>Методы анализа наноструктур</i>	24	4		4	16
3.	<i>Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем</i>	23,8	4		4	15,8
	Итого по дисциплине:	71,8	12		12	47,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий	История возникновения нанотехнологий и наук о наносистемах. Междисциплинарность и мультидисциплинарность. Примеры нанобъектов и наносистем, их особенности и технологические приложения. Объекты и методы нанотехнологий. Принципы и перспективы развития нанотехнологий.	Реферативный доклад
2.	Методы анализа наноструктур	Техника и методы сканирующей зондовой микроскопии. Визуализация наноструктур с помощью СЗМ (сканирующей зондовой микроскопии). СЗМ - прибор NanoEducator - научная учебная лаборатория по нанотехнологии для институтов и университетов, разработанная компанией NT-MDT. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Обработка и представление экспериментальных результатов, обработка и количественный анализ СЗМ изображений. Фильтрация изображений, параметры шероховатости изображений до и после фильтрации. Фурье-спектр изображения, величины преобладающих пространственных частот спектра, соответствующие этим частотам периоды повторения элементов изображения с интервалами, полученными при измерениях на изображении. Вейвлет-преобразование.	Реферативный доклад
3.	Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем	Микроскопические и мезоскопические методы моделирования (Монте-Карло и молекулярная динамика, диссипатив-	Реферативный доклад

		ная динамика частиц, теоретико-полевые методы, методы конечных элементов и перидинамика). Сопряжение различных пространственных и временных масштабов. Молекулярное конструирование. Компьютерная визуализация нанообъектов. Возможности численного эксперимента. Примеры молекулярного моделирования наноструктур, молекулярных переключателей, белков, биомембран, ионных каналов, молекулярных машин. Алгоритм Верлета. Двухчастичные и многочастичные потенциалы взаимодействия. Моделирование нанокластеров инертных газов. Стохастический и нелинейно-динамический анализ пространственно-временных самоорганизованных наноструктур. Реконструкция динамики нелинейно-динамической системы.	
--	--	---	--

2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены

2.3.3 Практические занятия

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий.	Многочастичное уравнение Шрёдингера и его приближенные формы для молекул, твердых тел и наносистем. Принцип Паули. Приближение Хартри и Хартри-Фока. Вариационный метод приближенного решения многоэлектронной задачи.	Расчетно-графическое задание
2.	Микроскопические и мезоскопические методы моделирования.	Методы теории функционала электронной плотности в математическом моделировании.	Расчетно-графическое задание
3.	Компьютерная визуализация нанообъектов. Возможности численного эксперимента.	Современные компьютерные методы решения многоэлектронной проблемы: иерархия и критерии практической применимости. Нанотранзисторы, их устройство, принципы работы. Физические модели работы транзисторов. Учет квантовых эффектов при моделировании. Математические модели конкретных типов современных транзисторов: кремний на изоляторе, транзисторы на основе графена.	Расчетно-графическое задание

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены.

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

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Написание реферативного доклада	«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой информационных и образовательных технологий, протокол № 1 от 31 августа 2017 г.
2	Выполнение проектной работы	«Методические указания по организации самостоятельной работы студентов», утвержденные кафедрой информационных и образовательных технологий, протокол № 1 от 31 августа 2017 г.

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,

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

Активные и интерактивные формы лекционных занятий, лабораторных занятий, контрольных работ, тестовых заданий, типовых расчетов, докладов, сдача экзамена.

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
В	Лабораторные занятия	Метод проектов. Студенты выбирают проекты, примерные формулировки которых представлены в ФОС пункт 4.	8
<i>Итого:</i>			8

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

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	<i>Основные понятия и определения наук о наносистемах и нанотехнологий</i>	ОПК-3, ПК-2, ПК-6	Задания компьютерного практикума
2	<i>Методы анализа наноструктур</i>	ОПК-3, ПК-2, ПК-6	Задания компьютерного практикума

3	<i>Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем</i>	ОПК-3, ПК-2, ПК-6	Задания компьютерного практикума
---	---	-------------------	----------------------------------

Для получения зачета по дисциплине или допуска к экзамену необходимо сформировать «Портфель магистранта», который должен содержать результаты всех предусмотренных учебным планом работ.

«Портфель магистранта» представляет собой целевую подборку работ студента на компьютере, раскрывающую его индивидуальные образовательные достижения в учебной дисциплине. Структура портфеля включает следующие учебные материалы:

- результаты выполнения практических работ на компьютере;
- выполненные задания для самостоятельной работы на компьютере;
- выполненными контрольными работами, в том числе работами над ошибками.

Критерии оценки учебного портфолио магистранта:

оценка «зачтено» выставляется за 90–100% наличия необходимых материалов в портфолио;

оценка «не зачтено» выставляется, если материалов в портфолио присутствует менее 90%.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

В ходе текущей аттестации оцениваются промежуточные результаты освоения студентами дисциплины «Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем». Текущий контроль осуществляется с использованием традиционных технологий оценивания качества знаний студентов и включает оценку самостоятельной (внеаудиторной) и аудиторной работы (в том числе рубежный контроль). В качестве оценочных средств используются:

- различные виды устного и письменного контроля (выступление на семинаре, реферат, учебно-методический проект);
- индивидуальные и/или групповые домашние задания, творческие работы, проекты и т.д.;
- отчет по практической работе.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Формой промежуточного контроля является анализ и обсуждение представленных разработок, собеседование и качественная оценка хода выполнения индивидуальных заданий по дисциплине, публичные доклады по выбранным темам.

Перечень вопросов для организации промежуточного контроля:

1. Моделирование строения многоэлектронных атомов.
2. Многочастичное уравнение Шрёдингера и его приближённые формы для молекул и твёрдых тел.
3. Принцип Паули. Приближение Хартри и Хартри-Фока. Вариационный метод при приближённом решении многоэлектронной задачи.
4. Методы теории функционала электронной плотности в математическом моделировании.
5. Современные компьютерные методы решения многоэлектронной проблемы: иерархия и критерии практической применимости.
6. Моделирование физико-химических и оптических свойств нанокластеров с помощью квантово-химического пакета «Gaussian».
7. Метод сильной связи и его применения для расчета электронных свойств графена и нанотрубок.
8. Нанотранзисторы, их устройство, принципы работы. Физические модели работы транзисторов. Учёт квантовых эффектов при моделировании.
9. Математические модели конкретных типов современных транзисторов: кремний на изоляторе, транзисторы на основе графена.
10. Нанотрубки. Структура, свойства и методы получения. Особенности математического моделирования.

11. Обзор кинетических методов Монте-Карло, применяемых для моделирования наносистем.
12. Расчеты из первых принципов. Модели, алгоритмы, проблемы.
13. Обзор методов моделирования взаимодействия частиц с поверхностью.
14. Представление наносистем континуальными и дискретно-элементными моделями. Термодинамическое описание кластера, система уравнений кинетики неравновесной кластеризации, преобразование к уравнению диффузии в пространстве размеров.
15. Математические модели транспортно-диффузионного переноса (в интегральной и дифференциальных формах) в наносистемах, аналитические решения, метод контрольного объема.
16. Описание аномальной диффузии в наносистемах на основе дробно-дифференциального исчисления.
17. Моделирование наносистем методами Монте-Карло. Кинетические методы Монте-Карло.
18. ПО моделирования наносистем: программы расчётов «из первых принципов» (обзор, математические основы и принципы работы, примеры моделирования).
19. ПО моделирования наносистем: программы полуэмпирических методов расчёта (обзор, математические основы и принципы работы, примеры моделирования).
20. ПО моделирования наносистем: программы для моделирования в молекулярной динамике (обзор, математические основы и принципы работы, примеры моделирования).
21. ПО моделирования наносистем: интегрированные пакеты программ (обзор, математические основы и принципы работы, примеры моделирования).
22. ПО моделирования наносистем: Material Studio и пакеты и среды, объединяющие технологии моделирования с трёхмерной визуализацией (обзор, математические основы и принципы работы, примеры моделирования).
23. Визуализация и конструирование наносистем в рамках многомасштабного подхода: «НАНОМОДЕЛЛЕР» <http://sv-journal.com/2010-4/03/index.html>
24. Основные модули, математические основы и принципы работы, примеры моделирования наноструктур и вычисления молекулярных свойств в пакетах моделирования молекулярных систем MORAC, GAMESS.
25. Основные модули, математические основы и принципы работы, примеры моделирования наноструктур в пакете молекулярного динамического моделирования свойств материалов SageMD2.
26. Основные модули, математические основы и принципы работы, примеры проектирования наноустройств в пакете NanoXplorer иерархического языка nanoML описания наноструктур.
27. Основные модули, математические основы и принципы работы, примеры проектирования и тестирования отдельных узлов наномашин в пакете молекулярного моделирования Chem3D.
28. Обзор современной научной периодики по теме «Диффузионная металлизация из среды легкоплавких растворов в системе «диффундирующий элемент - транспортный расплав - насыщаемая сталь» и наноструктуры в ДМ-покрытиях (тема может быть изменена и согласовывается)», пример (самостоятельно выполненный) хранения аннотаций и части полного текста в локальной базе данных.
29. Обзор современной научной периодики по теме «Современное состояние методов диагностики наномерными датчиками (наносенсоры на квантовых точках и углеродных нанотрубках) при мониторинге качества и безопасности пищевых продуктов (тема может быть изменена и согласовывается)», пример (самостоятельно выполненный) хранения аннотаций и части полного текста в локальной базе данных.
30. Проблема взаимодействия иерархических уровней в нанонауке и пути её решения.
31. Нелинейно-динамический хаос и его применение к моделированию наноструктур и наносистем.

32. Стохастический анализ и его применение к моделированию наноструктур и наносистем.
33. Нейронные сети и их применение к моделированию наноструктур и наносистем.
34. Парадигма диссипативных структур и её применение к моделированию наноструктур и наносистем.
35. Наноструктуры: восстановление аффинных коэффициентов, реконструкция динамики нелинейно-динамической системы и динамических уравнений по экспериментальным данным СЗМ-микроскопии.
36. Наноструктуры: восстановление бифуркационных диаграмм по экспериментальным данным СЗМ-микроскопии.
37. Компьютерный дизайн биомакромолекул. Работа с Интернет-базой данных рентгеноструктурного анализа. Построение пространственных моделей ферментов в программе Molscript. Определение числа и типов элементов вторичной структуры фермента. Анализ упорядоченности молекулы фермента.
38. САПР в микронанoeлектронике. Моделирование квантоворазмерных эффектов в элементах нанoeлектроники в САПР ISE TCAD. Моделирование технологических процессов и конструкции субмикронных полупроводниковых приборов и приборов нанoeлектроники, имитация работы приборов.

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 – 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. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 190 с. — (Серия : Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/D01BA5DD-AA3D-49CF-A067-C6351CB24814.
2. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабров, В.И. Марголин. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 400 с. — Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94129>. — Загл. с экрана.

5.2 Дополнительная литература:

1. Осипов, Ю.В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Диффузия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Осипов, М.Б. Славин. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2011. — 73 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47465>. — Загл. с экрана.
2. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Старостин. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 434 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66203>. — Загл. с экрана.
3. Хартманн У., Очарование нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Хартманн У. ; под ред. Л. Н. Патрикеева ; пер. с нем. Т. Н. Захаровой. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94133>. — Загл. с экрана.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Математическое моделирование»
2. Журнал «Журнал вычислительной математики и математической физики»
3. Журнал «Вычислительные методы и программирование»
4. Журнал «Фундаментальная и прикладная математика»

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

1. Научная электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) <http://www.elibrary.ru/>
2. Доступ к базам данных компании EBSCO Publishing, насчитывающим более 7 тыс. названий журналов, более 3,5 тыс. рецензируемых журналов, более 2 тыс. брошюр, 500 книг, 500 журналов и газет на русском языке. <http://search.ebscohost.com/>
3. Базы данных Американского института физики American Institute of Physics (AIP) <http://scitation.aip.org>
4. Электронный доступ к авторефератам <http://vak.ed.gov.ru/search/>
<http://vak.ed.gov.ru/announcements/techn/581/>
5. Электронная библиотека диссертаций» Российской Государственной Библиотеки (РГБ) <http://diss.rsl.ru/>
6. Бесплатная специализированная поисковая система Scirus для поиска научной информации <http://www.scirus.com>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/window>
8. Библиотека электронных учебников <http://www.book-ua.org/>
9. РУБРИКОН – информационно-энциклопедический проект компании «Русс портал» <http://www.rubricon.com/>
10. <http://nano.msu.ru/education/courses/basics/materials> Материалы лекций «Фундаментальные основы нанотехнологий». Лекция 1, 10.02.2009г., академик РАН, профессор Ю.Д. Третьяков
11. <http://nano.msu.ru/education/courses/basics/materials> Материалы лекций «Фундаментальные основы нанотехнологий». Лекция 6, 10.03.2009г., профессор П.Г. Халатур.
12. <http://nanotech.iu4.bmstu.ru/about/> Портал НОЦ "Наносистемы".
13. http://nanotech.iu4.bmstu.ru/online_lab/ - научная учебная лаборатория NanoEducator по нанотехнологии для институтов и университетов, разработанная компанией NT-MDT.
14. http://nanotech.iu4.bmstu.ru/nano_engineering/literature/bakalavr/ Учебно-методические комплексы по дисциплинам бакалавриата ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАНОСИСТЕМ.

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

Для успешного усвоения теоретического материала, необходимо изучение лекции и рекомендуемой литературы из пункта 5.

Лекционные занятия проводятся по основным разделам дисциплины, описанные в пункте 2.3.1. Они дополняются практическими занятиями, в ходе которых студенты готовят индивидуальные проекты. Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки материалов и литературы для успешного выполнения проекта.

Форма текущего контроля знаний – посещение лекционных занятий, работа студента на практических занятиях, подготовка реферативных докладов. Итоговая форма контроля знаний по дисциплине – зачет.

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 информационных технологий.

- Используются электронные презентации при проведении лекционных и практических занятий
- Проверка домашних заданий и консультирование может осуществляться посредством электронной почты

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

- Microsoft Office

8.3 Перечень информационных справочных систем:

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
2.	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью, персональными компьютерами с доступом к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета